



Provincia di Torino

# Uno sguardo all'aria

2000



PROVINCIA DI TORINO



# Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria

Anno 2000



**Provincia di Torino - Area Ambiente - Servizio Qualità dell'Aria - Inquinamento  
Atmosferico Acustico ed Elettromagnetico:**

F. Pavone, A. Bertello, S. Cuffini, M. Diciolla, R. Gonnet, G. Arcis, S. De Nigris.

**ARPA Dipartimento Subprovinciale di Torino**

M. Grosa, M. Bondì, N. Giordano, C. Albanese, G.P. Colombo, M. Di Martino, P. Fin, N. Martire, S. Raimondo, G. Lisi.

**ARPA Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco**

F. Lollobrigida, M. Clemente, R. De Maria, G. Castrogiovanni, P. Fornetti, F. Ghione, G. Sanvido, A. Scibelli

**Elaborazioni cartografiche a cura del C.S.I. Piemonte**

# INDICE

<b>PRESENTAZIONE</b> .....	<b>7</b>
<b>PREFAZIONE</b> .....	<b>8</b>
<b>LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO</b> .....	<b>9</b>
<b>LA NORMATIVA IN MATERIA DI CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA</b> .....	<b>13</b>
<b>LA NORMATIVA EUROPEA IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA</b> .....	<b>18</b>
<b>ANALISI DEI DATI RACCOLTI DALLE STAZIONI FISSE DOTATE DI ANALIZZATORI IN CONTINUO E NELLE STAZIONI DI RACCOLTA DEL PARTICOLATO</b> .....	<b>23</b>
<b>MONOSSIDO DI CARBONIO</b> .....	<b>24</b>
DESCRIZIONE .....	24
DANNI CAUSATI .....	24
METODO DI MISURA .....	24
ESAME DEI DATI.....	24
<b>BIOSSIDO D'AZOTO</b> .....	<b>30</b>
DESCRIZIONE .....	30
DANNI CAUSATI .....	30
METODO DI MISURA .....	30
ESAME DEI DATI.....	30
<b>BIOSSIDO DI ZOLFO</b> .....	<b>36</b>
DESCRIZIONE .....	36
DANNI CAUSATI .....	36
METODI DI MISURA .....	36
ESAME DEI DATI.....	37
<b>OZONO</b> .....	<b>41</b>
DESCRIZIONE .....	41
DANNI CAUSATI .....	41
METODO DI MISURA .....	41
ESAME DEI DATI.....	41
<b>METALLI</b> .....	<b>47</b>
DESCRIZIONE .....	47
DANNI CAUSATI .....	47
METODO DI MISURA .....	47
ESAME DEI DATI.....	47
<b>BENZENE</b> .....	<b>50</b>
DESCRIZIONE .....	50
DANNI CAUSATI .....	50
METODO DI MISURA .....	50
ESAME DEI DATI.....	50
<b>PARTICOLATO SOSPESO</b> .....	<b>51</b>
DESCRIZIONE .....	51
DANNI CAUSATI .....	52
METODO DI MISURA .....	52

ESAME DEI DATI.....	52
Frazione PM10.....	52
Particelle sospese totali .....	52
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI .....</b>	<b>57</b>
DESCRIZIONE .....	57
DANNI CAUSATI .....	57
METODO DI MISURA .....	57
ESAME DEI DATI.....	57
<b>ANALISI DELLE SERIE STORICHE .....</b>	<b>61</b>
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) .....	61
BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) .....	62
PARTICOLATO TOTALE SOSPESO (PTS) .....	62
OZONO ( O <sub>3</sub> ) .....	63
PIOMBO.....	64
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> ) .....	64
<b>LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....</b>	<b>65</b>
ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI.....	75
PREMESSA .....	75
L'INFLUENZA DELL' ARCO ALPINO, DELLA COLLINA TORINESE E DEGLI INSEDIAMENTI URBANI SUI FENOMENI METEOROLOGICI.....	76
PARAMETRI MONITORATI ED ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI .....	77
Velocità e direzione del vento .....	77
Pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni .....	86
Radiazione solare globale e netta .....	96
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL' ANNO 2000 .....	101
<b>APPLICAZIONE MODELLISTICA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DI FUTURA INSTALLAZIONE DEL CENTRO AGRO ALIMENTARE TORINESE .....</b>	<b>106</b>
INTRODUZIONE .....	106
DOMINIO DI CALCOLO E METEOROLOGIA .....	106
Area di simulazione e topografia .....	106
Definizione dei periodi di simulazione .....	107
Ricostruzione dei campi di vento tramite il codice Minerve .....	108
Ricostruzione della turbolenza tramite il codice Turkey .....	111
IMPATTO DELL'INSEDIAMENTO DEL CAAT.....	112
Ricostruzione dei flussi veicolari sulla rete stradale.....	112
Stima delle emissioni dovute al traffico veicolare.....	115
SIMULAZIONE ED ANALISI DEI CAMPI DI CONCENTRAZIONE DEL CAAT .....	118
Il codice a particelle Spray .....	118
Descrizione ed analisi delle simulazioni .....	118
EMISSIONI INDUSTRIALI .....	129
Stima delle emissioni .....	129
Simulazione di dispersione .....	130
Analisi dei risultati .....	137
CONCLUSIONI .....	139
BIBLIOGRAFIA .....	139
<b>L'UTILIZZO DELL'ENERGIA NELLA PROVINCIA DI TORINO .....</b>	<b>140</b>
CONSUMI ENERGETICI COMPLESSIVI PRO CAPITE .....	141

Con la pubblicazione “Uno sguardo all’aria 2000” la Provincia di Torino, per il terzo anno consecutivo, presenta i dati di qualità dell’aria rilevati dalla rete di monitoraggio operante sul proprio territorio.

La proficua collaborazione tra il Servizio Qualità dell’Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia ed i subdipartimenti ARPA di Torino e di Grugliasco ha reso possibile la produzione della presente relazione che rappresenta, da alcuni anni, un punto fermo sia per la comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico che insistono sul nostro territorio sia per la programmazione di interventi finalizzati alla loro riduzione.

Il punto di partenza per la rappresentazione degli andamenti dell’inquinamento della nostra Provincia è stato l’analisi dei dati relativi agli ultimi tre anni e dove possibile, di quelli relativi agli ultimi dieci anni.

L’osservazione delle serie storiche così come ottenute ci consente, infatti, di valutare l’efficacia o l’inefficacia delle azioni e dei provvedimenti messi in atto, di individuare la principali criticità e di seguire e prevedere il loro evolversi nel tempo.

Alla luce di queste considerazioni sono stati inoltre confrontati i valori rilevati nel corso dell’anno 2000 con i nuovi valori limite per i principali inquinanti atmosferici, individuati dalla recente normativa europea (direttive 99/30/CE e 2000/69/CE), al fine di verificare il rispetto di tali limiti e di quantificarne l’eventuale mancato raggiungimento.

Nasce dunque uno strumento che, partendo dall’analisi dei dati storici, permette di individuare i percorsi necessari per garantire l’osservanza dei limiti fissati e per assicurare ai cittadini una buona qualità dell’aria.

I percorsi delineati sono agevoli nel caso di alcuni inquinanti, i cui valori misurati sono assolutamente soddisfacenti, ma sono impegnativi nel caso del biossido di azoto e del PM10 per i quali sarà indispensabile un grosso sforzo per raggiungere gli obiettivi fissati in sede europea.

La Provincia di Torino intende rinnovare con maggiore forza il suo impegno per la tutela della qualità dell’aria investendo sulle attività di monitoraggio, di diffusione delle informazioni e di coordinamento degli Enti Locali, confermando la totale adesione agli impegni sanciti dal protocollo di Kyoto.

Siamo certi che la conoscenza dei fenomeni di inquinamento e la consapevolezza dei rischi ad essi legati, consentirà di dare la dovuta importanza alle problematiche ambientali nella progettazione e nello sviluppo degli interventi da parte degli Enti istituzionali, nelle attività svolte dalle imprese e nelle azioni quotidiane di tutti i cittadini.

La tutela dell’ambiente non deve essere quindi solo un obiettivo da raggiungere con azioni dedicate alla soluzione dei singoli problemi, ma deve essere soprattutto un impegno da tenere in considerazione nella programmazione e pianificazione di tutte le nostre attività.

Ottobre 2000

**L’Assessore alle Risorse Idriche e Atmosferiche**  
Elena Ferro

**La Presidente della Provincia di Torino**  
Mercedes Bresso

La tutela della qualità dell'aria da fenomeni di inquinamento atmosferico rappresenta uno dei fondamentali ambiti di attività nei quali è impegnata istituzionalmente la Provincia di Torino.

La realizzazione della relazione "Uno sguardo all'aria" rappresenta il momento consuntivo delle attività svolte durante l'anno e costituisce il documento fondamentale per la programmazione delle attività future. La struttura della relazione è stata pensata per fornire, ad un livello fondamentalmente divulgativo, un quadro preciso della situazione della qualità dell'aria nella Provincia di Torino e degli strumenti attualmente in possesso dell'amministrazione per garantire un costante monitoraggio della stessa.

Oltre ad una breve descrizione del sistema di monitoraggio e della normativa di settore sono state preparate, per ogni parametro previsto dalla normativa, elaborazioni che consentono di quantificare l'entità dei fenomeni di inquinamento, come tali fenomeni sono distribuiti sul nostro territorio e tramite un'analisi delle serie storiche il loro andamento nel corso degli ultimi anni.

Le elaborazioni prevedono anche un confronto fra i dati rilevati e fra i valori limite e obiettivo che la recente normativa europea (Dir. 1996/62/CE, Dir. 1999/30/CE, Dir. 2000/69/CE) ha definito per i prossimi 10 anni.

Complessivamente le principali criticità sono legate alle concentrazioni di biossido di azoto, PM10 e ozono, tali parametri infatti non rispettano i valori limite definiti dalla normativa italiana e in prospettiva neanche i limiti che sono stati individuati dalla normativa europea. Inoltre, analizzando le serie storiche relative agli ultimi 10 anni, non si riscontra un significativo trend in diminuzione che invece caratterizza gli andamenti di altri parametri come il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, il benzene e il piombo.

Per una maggiore comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico ed in particolare per definire la loro dipendenza dai fenomeni meteorologici è stato sviluppato un capitolo nel quale si fornisce una caratterizzazione meteorologica dell'anno 2000. L'analisi di tali fenomeni permette di evidenziare il periodo più critico per il ristagno degli inquinanti atmosferici che è coinciso con i primi due mesi dell'anno.

Gennaio e febbraio sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche particolarmente stabili che hanno favorito l'accumulo degli inquinanti in atmosfera. Tali condizioni, unite alla fisiologica criticità del periodo invernale, causata dall'aggravio emissivo legato al funzionamento degli impianti per il riscaldamento degli ambienti, hanno fatto sì che in tali mesi si siano verificate le più elevate concentrazioni di fenomeni acuti di inquinamento, caratterizzati da concentrazioni di biossido di azoto e monossido di carbonio superiori ai valori di attenzione e di PM10 superiori alla media.

Grande attenzione è stata posta dall'Area Ambiente della Provincia di Torino nei confronti dell'utilizzo e dello sviluppo di nuove tecniche quali la modellistica ambientale per lo studio dei fenomeni di dispersione degli inquinanti generati da attività antropiche. La modellistica ambientale risulta, fra le tecniche disponibili, sicuramente uno strumento di grande potenzialità in quanto consente di valutare, in modo previsionale, l'impatto sull'ambiente atmosferico di nuovi insediamenti previsti sul territorio.

All'interno della relazione viene presentato uno studio di modellistica finalizzato alla valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria legato all'insediamento del Centro Agro Alimentare Torinese (CAAT) nella zona ovest dell'area urbana di Torino.

Lo studio ha presupposto una caratterizzazione dello stato attuale dell'area, nella quale sono state individuate e quantificate le principali fonti emissive sia di origine veicolare che industriale, e una previsione della situazione emissiva che sarà imputabile alle attività del Centro Agro Alimentare Torinese.

Lo studio ha permesso di ottenere importanti informazioni sulla situazione emissiva e dispersiva attuale della zona e di individuare le principali criticità emissive legate principalmente al trasporto e alla movimentazione delle merci.

Infine si è provveduto a fornire alcune informazioni sulla produzione e sull'utilizzo dell'energia nella Provincia di Torino; l'analisi degli andamenti dei consumi energetici, in considerazione dello stretto rapporto di dipendenza esistente fra la produzione di energia e l'inquinamento atmosferico, rappresenta un elemento di fondamentale importanza per la valutazione del carico emissivo insistente sul nostro territorio.

Si ritiene in conclusione di fornire con la presente relazione un accurato strumento conoscitivo dello stato della qualità dell'aria nella Provincia di Torino con l'obiettivo che la sua lettura sia da spunto per l'apertura, a vari livelli istituzionali, di riflessioni finalizzate alla tutela e al miglioramento dell'ambiente atmosferico.

**Il Direttore dell'Area Ambiente,  
Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna  
Dr. Francesco Pavone**

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria operante sul territorio della Provincia di Torino è composta da 32 postazioni fisse e da un mezzo mobile per il monitoraggio in continuo di parametri chimici e meteorologici. Delle 32 postazioni fisse 27 sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate permettendo un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria e 4 sono stazioni di campionamento di particolato atmosferico che permettono di misurare con sistema gravimetrico i parametri PM10 e polveri totali. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in tabella 1.

Si riporta in figura 2 la dislocazione dei punti di misura sul territorio provinciale e in figura 1 i grafici dei rendimenti strumentali ottenuti nell'anno 2000 suddivisi per i 4 principali parametri monitorati in continuo.

Possiamo osservare che nel corso dell'anno 2000 si è raggiunto un rendimento complessivo medio pari all' 80% (percentuale di dati considerati validi calcolata sulla base dei teoricamente monitorabili) che rappresenta un risultato accettabile e significativo e che sicuramente si ha intenzione di migliorare nei prossimi anni.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi di tutti i siti di tipologia analoga a quella individuata per il posizionamento. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, inoltre, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

Indicazioni sulla configurazione delle reti di monitoraggio sono state fornite dal D.M.A. del 20/05/91. Tale decreto riporta indicazioni precise sulla struttura dei sistemi di monitoraggio in funzione delle dimensioni delle aree urbane in cui sono collocati e sulla progettazione delle singole postazioni di rilevamento, definendone la collocazione sul territorio e la tipologia di parametri che dovrebbero essere misurati. Più in particolare il decreto prevede che una rete di monitoraggio della qualità dell'aria debba essere dotata delle seguenti tipologie di stazioni, poste in siti rappresentativi.

- TIPO A: stazioni di riferimento posizionate in luoghi lontani dalle fonti di inquinamento di natura antropogenica per la misura delle concentrazioni degli inquinanti naturalmente presenti sul territorio in esame (punti di bianco).
- TIPO B: stazioni collocate in zone ad elevata densità abitativa o in prossimità di grossi insediamenti produttivi per la misura di inquinanti primari e secondari (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>);
- TIPO C: stazioni posizionate in vicinanza di strade con elevato traffico veicolare, direttamente interessate dall'emissione degli inquinanti provenienti dagli autoveicoli (CO);
- TIPO D: stazioni collocate in luoghi di periferia o in aree suburbane per la misura degli inquinanti fotochimici (O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>).

La rete di monitoraggio operante in provincia di Torino attende a quanto viene previsto dalla legge; inoltre alcune postazioni, in particolare quelle ubicate nelle aree a prevalente carattere urbano, sono state nel corso degli anni completate con nuovi analizzatori diventando così stazioni multiparametro che permettono di incrementare le informazioni ottenute e che attualmente possono essere classificate come categoria B-C.

Un ulteriore strumento in dotazione alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria è costituito dal mezzo mobile. La sua peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocato ovunque si renda necessario effettuare brevi campagne di monitoraggio, con particolare attenzione al traffico, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa.



Il mezzo mobile fornisce un valido supporto nella valutazione di eventuali situazioni di inquinamento atmosferico che possono essere causate dalla costruzione di nuovi insediamenti produttivi o da modifiche nella rete viaria offrendo significativi elementi per un corretta pianificazione delle opere strutturali o per lo studio di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento atmosferico. Alla luce di quanto detto si può affermare con ragionevole certezza che la rete operante nella provincia di Torino è uno strumento adeguato per effettuare un corretto monitoraggio della qualità dell'aria.

Particolare attenzione è posta sia dalla Provincia di Torino sia dall'ARPA nello sviluppo di progetti che portino alla formazione di un polo per la modellistica ambientale. L'utilizzo di modelli matematici per simulare la dispersione e la diffusione degli inquinanti in atmosfera è un interessante sviluppo sul fronte dello studio dei fenomeni di inquinamento atmosferico.

L'utilizzo dei modelli matematici di dispersione rappresenta quindi l'evoluzione di un sistema di monitoraggio completo ed efficiente.

RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA  
PERCENTUALI DI DATI VALIDATI (2000)

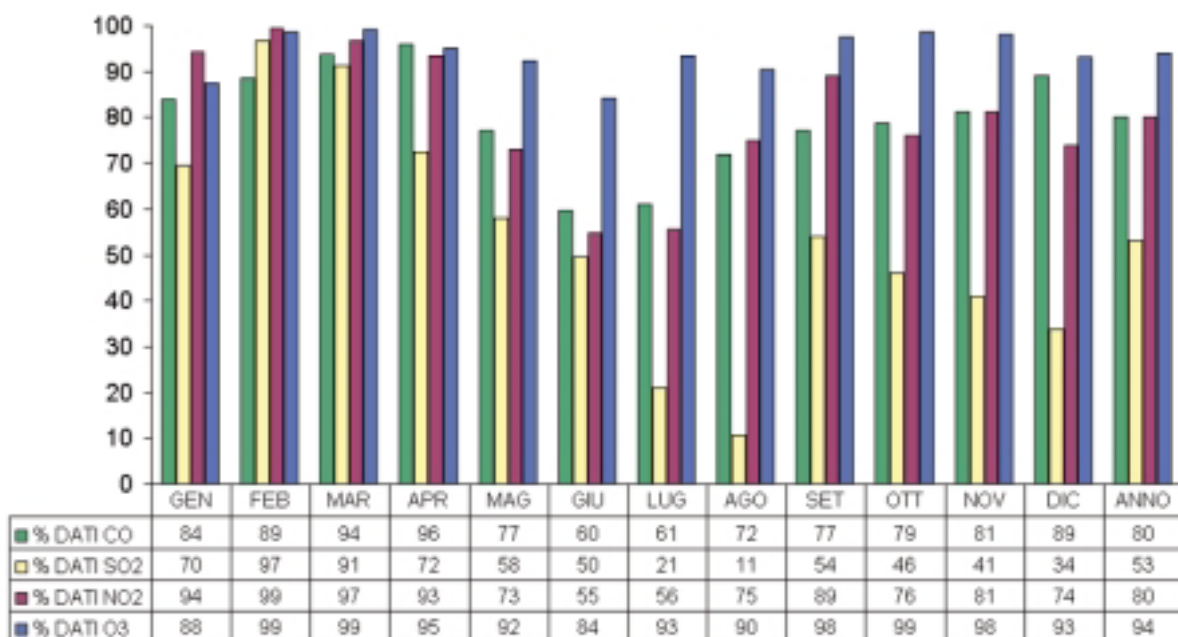


FIGURA 1: rendimento strumentale della rete di monitoraggio nell'anno 2000.

NOME	INDIRIZZO	TIPO	PARAMETRI
Alpignano	Via F. Baracca, 12 - Alpignano	D	O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , RDN
Beinasco	Via S. Pellico, 5 - Beinasco	B	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VV-DV
Borgaro	Via Italia - Borgaro	B-D	O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> ,
Chieri	C.so Buoizzi, 1 - Chieri	B-C	NO <sub>x</sub> , CO, VV-DV
Chivasso	Via Torino, 1 - Chivasso	C	CO
Ciriè	Via Teneschie, 2 - Ciriè	B	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ,
Druento	Cascina Peppinella	A	O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , VV-DV, RDN, RDT, UMID, TEMP, PV, P
Grugliasco	Via Roma, 15 - Grugliasco	B	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VV-DV
Ivrea	P.zza Freguglia - Ivrea	B-C	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO
M. Mobile			O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , PTS, VV-DV, RDT, UMID, TEMP, PV, P
Nichelino	Via XXV Aprile, 111 - Nichelino	B-C	CO, NO <sub>x</sub>
Orbassano	Via Gozzano - Orbassano	B-D	O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VV-DV, RDN, RDT
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 - Pinerolo	C	CO, VV-DV
Rivoli	P.zza Togliatti, 1 - Rivoli	C	CO
Settimo	Via Milano, 31 - Settimo	B-C	CO, NO <sub>x</sub> , VV-DV
Susa	P.zza della Repubblica - Susa	C	CO
Venaria	C.so Garibaldi - Venaria	C	CO
Vinovo	Via Garibaldi, 3 - Vinovo	D	O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , RDN, RDT
Buttiglieria	Buttiglieria		CPA, PM10
Carmagnola	Carmagnola		CPA, PM10
Castagneto Po	Castagneto		CPA, PM10
TO-Consolata	Via Consolata, 10 - Torino	B-C	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , PM10, PTS, BTX RDT, VV-DV, UMID, TEMP, PV, P
TO-Cristina	Via M. Cristina, 129 - Torino	B-C	CO, NO <sub>x</sub> ,
TO-Gaidano	V. Gaidano - Torino	B	CO, NO <sub>x</sub> , BTX
TO-Lingotto	V. A. Monti, 21 - Torino	A	O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , VV-DV, CPA
TO-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	B-C	CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CPA
TO-Rivoli	P.zza Rivoli, 4 - Torino	B-C	CO, NO <sub>x</sub> , VV-DV, CPA
Pino Torinese	Oss. Astronomico - Pino T.se	D	O <sub>3</sub> , P, UMID, TEMP
I.T.I. Grassi	V. P. Veronese	CPA	
Alenia	C.so Marche, 41 - Torino		VV-DV, TEMP, UMID, RDT
Cnr	Str. delle Cacce, 73 - Torino		RDN, VV-DV, UMID, TEMP, PV, DOAS-OPSIS
Cselt	V. Reiss Romoli, 274 - Torino		VV-DV, UMID, TEMP, PV
La Stampa	V. Marengo, 32 - Torino		VV-DV

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
<i>BTX</i>	Benzene, toluene, xilene
<i>CO</i>	Monossido di carbonio
<i>NO<sub>x</sub></i>	Ossidi di azoto
<i>O<sub>3</sub></i>	Ozono
<i>P</i>	Pressione atmosferica
<i>PV</i>	Quantità di pioggia
<i>RDN</i>	Radiazione solare netta
<i>RDT</i>	Radiazione solare totale
<i>SO<sub>2</sub></i>	Biossido di zolfo
<i>TEMP</i>	Temperatura
<i>CPA</i>	Campionatore particolato atmosferico
<i>PM10</i>	Particolato sospeso < 10 µm
<i>PTS</i>	Polveri totali sospese
<i>UMID</i>	Umidità
<i>VV-DV</i>	Velocità e direzione del vento

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

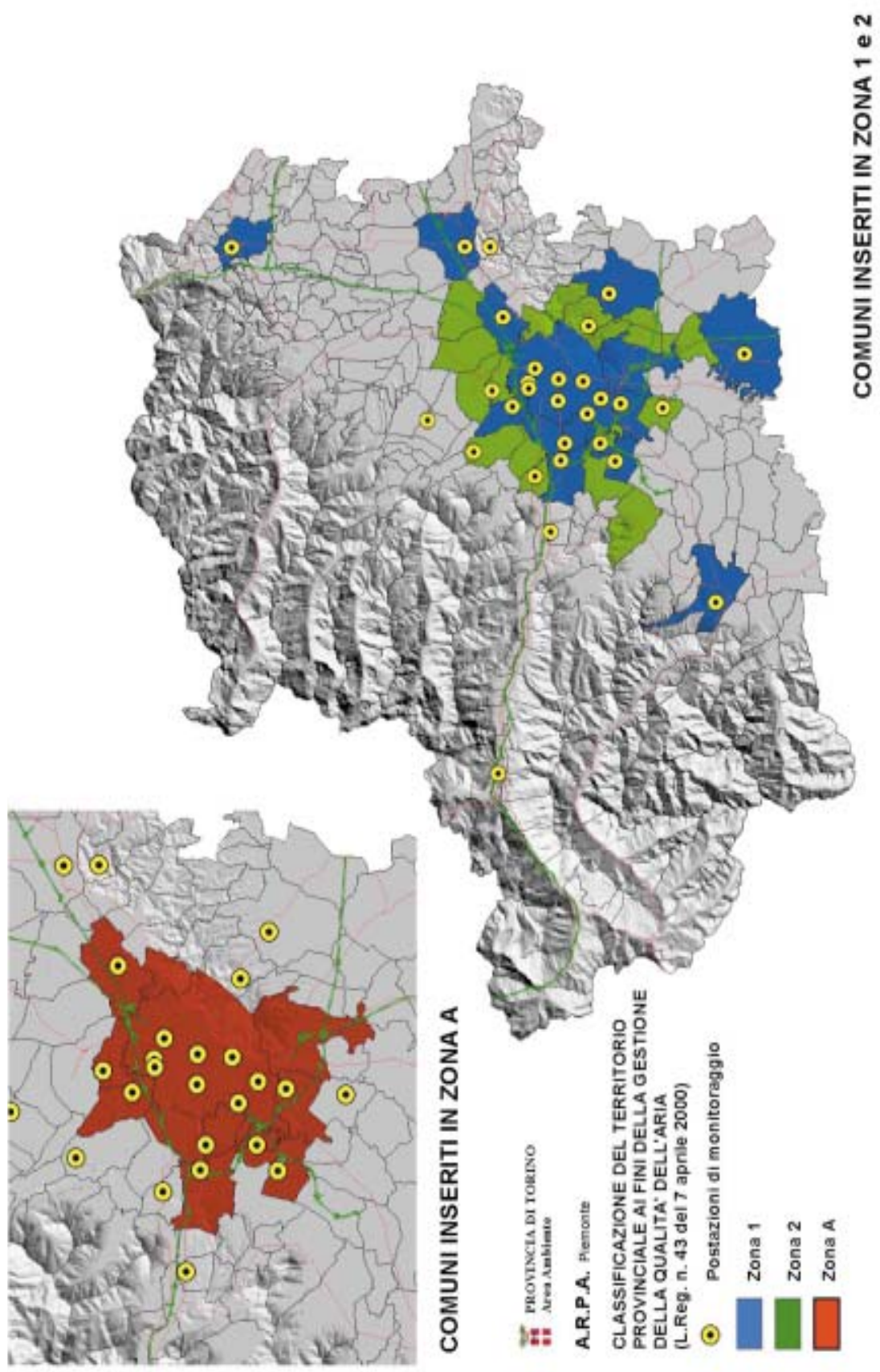


FIGURA 2: zonizzazione del territorio della provincia di Torino e disposizione dei punti di misura.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- **D.P.C.M. 28/03/1983**  
Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.
- **D.P.R. 24/5/1988 n° 203**  
Attuazione delle direttive C.E.E. n° 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernente norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16/4/1987, n° 183.
- **D.P.C.M. 21/7/1989**  
Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni, ai sensi dell'art.9 della L. 8 Luglio 1986, n.349, per l'attuazione e l'interpretazione del D.P.R. 24 maggio 1988 n.203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali.
- **Legge 8/6/1990 n° 142**  
Ordinamento delle autonomie locali.
- **D.M. 12/7/1990**  
Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.
- **D.M. 20/5/1991**  
Criteri per la raccolta di dati inerenti la qualità dell'aria. Decreto che definisce le competenze della provincia in materia di rilevamento dati relativi all'inquinamento atmosferico.
- **D.M. 20/5/1991**  
Criteri per l'elaborazione dei piani regionali di risanamento della qualità dell'aria.
- **D.M. 28/12/1991**  
Recepimento delle Direttiva 91/441/CEE in materia di emissioni di autoveicoli.
- **D.M. 12/11/1992**  
Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria.
- **D.P.R. 16/12/1992, n° 495**  
Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada.
- **D.P.R. 26/8/1993, n° 412**  
Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.
- **D.M. 15/4/1994**  
Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane.
- **D.M. 25/11/1994 n°159**  
Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. del 15/4/1994.
- **Legge 12/4/1995 n° 146**  
Ratifica ed esecuzione del protocollo alla convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza concernente la lotta contro le emissioni di composti organici volatili o i loro flussi transfrontalieri.

- **D.M. 4/9/1995**  
Attuazione della direttiva 93/59/CEE del Consiglio del 28 giugno 1993 che modifica la direttiva 70/220/CEE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alle misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico da emissioni di veicoli a motore.
- **D.P.C.M. 2/10/1995**  
Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.
- **D.P.C.M. 14/11/1995**  
Recepimento della direttiva 93/12/CEE relativa al tenore di zolfo di taluni combustibili liquidi.
- **D.M. 5/2/1996**  
Prescrizioni per la verifica delle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli in circolazione ai sensi della direttiva del Consiglio delle Comunità europee n° 92/55/CEE.
- **D.M. 16/5/1996**  
Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono.
- **D.M. 16/5/1996**  
Requisiti tecnici di omologazione e installazione e procedure di controllo dei sistemi di recupero dei vapori di benzina prodotti durante le operazioni di rifornimento degli autoveicoli presso gli impianti di distribuzione carburanti.
- **Legge 4/11/1997 n° 413**  
Misure urgenti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene.
- **D.M. 19/11/1997 n° 503**  
Regolamento recante norme per l'attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari.
- **D. Lgs. 31/3/1998**  
Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15/3/1997 n° 59.
- **D.M. 27/3/1998**  
Mobilità sostenibile nelle aree urbane. Direttiva 7.7.98 del Ministero dei lavori pubblici. Direttiva sul controllo dei gas di scarico dei veicoli (bollino blu) ai sensi dell'art. 7 del nuovo codice della strada.
- **D.M. 21/4/1999 n° 163**  
Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione.
- **Direttiva 30/CE del 22/04/1999**  
Concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo.
- **D. Lgs. 4/8/1999 n° 351**  
Qualità dell'aria verso standard europei: nuovi valori per misurare l'inquinamento.
- **D.Lgs. 4/8/1999 n° 372**  
Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento. Nasce l'autorizzazione integrata ambientale per le imprese a rischio inquinamento.



- **D.M. 10/2/2000 n° 47**  
Metodiche per il controllo del tenore di benzene e di idrocarburi aromatici totali nelle benzine.
- **D.M. 25/2/2000 n° 124**  
Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 18, comma 2, lettera a) del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22.
- **Regione Piemonte - L.R. 7/4/2000 n°43**  
Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria.
- **D.M. 25/08/2000**  
Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinamenti, ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203.
- **Direttiva 69/CE del 16/11/2000**  
Concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente.

L'elenco di normativa riportata rappresenta un riepilogo delle norme che in qualche modo concorrono alla tutela e al miglioramento della qualità dell'aria. In particolare analizzando le norme che direttamente definiscono i valori di riferimento per le concentrazioni di inquinanti in ambiente esterno si osserva che i limiti definiti sono essenzialmente di due tipi:

- il primo tipo di limite (**valore limite, valore guida, obiettivo di qualità**) fa riferimento alla prevenzione a lungo termine e richiede misure di lungo periodo (usualmente un anno);
- il secondo tipo di limite (**livelli di attenzione ed allarme**) fa riferimento alla prevenzione a breve termine, in presenza di fenomeni acuti di inquinamento.

In particolare, in base alle definizioni normative, il livello di attenzione è la concentrazione di inquinante che, se superata in maniera persistente nel tempo, può portare ad una situazione di rischio ambientale e sanitario, mentre il livello di allarme corrisponde alla concentrazione di inquinante il cui superamento indica già di per sé una situazione di rischio ambientale e sanitario.

Nella tabella che segue (tabella 3) sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa vigente per gli inquinanti in ambienti esterni.

INQUINANTE NORMATIVO	RIFERIMENTO DI CONTROLLO	PARAMETRO DI OSSERVAZIONE	PERIODO DI RIFERIMENTO	VALORE
Biossido di zolfo espresso come SO <sub>2</sub>	VALORE LIMITE (D.P.R. 203/88)	mediana delle concentrazioni medie giornaliere	anno (1 aprile - 31 marzo)	80 µg/m <sup>3</sup>
		98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere (1)	anno (1 aprile - 31 marzo)	250 µg/m <sup>3</sup>
		mediana delle concentrazioni medie giornaliere	inverno (1 ottobre - 31 marzo)	130 µg/m <sup>3</sup>
	VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88)	media delle concentrazioni medie giornaliere	anno (1 aprile - 31 marzo)	40 - 60 µg/m <sup>3</sup>
		media giornaliera	ogni giorno	100 - 150 µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M.25/11/94)	media giornaliera	ogni giorno	125 µg/m <sup>3</sup>
LIVELLO DI ALLARME (D.M. 25/11/94)	media giornaliera (2)	ogni giorno	250 µg/m <sup>3</sup>	
Biossido di azoto espresso come NO <sub>2</sub>	VALORE LIMITE (D.P.R. 203/88)	98° percentile delle concentrazioni medie orarie	anno (1 gennaio - 31 dicembre)	200 µg/m <sup>3</sup>
	VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88)	50° percentile delle concentrazioni medie orarie	anno (1 gennaio - 31 dicembre)	50 µg/m <sup>3</sup>
		98° percentile delle concentrazioni medie orarie	anno (1 gennaio - 31 dicembre)	135 µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 e 25/11/94)	media oraria	ogni giorno	200 µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94 e 25/11/94)	media oraria	ogni giorno	400 µg/m <sup>3</sup>
Particelle sospese totali esprese come PTS	STANDARD DI QUALITÀ (D.P.C.M. 28/3/83)	media delle concentrazioni medie giornaliere (3)	anno (1 aprile - 31 marzo)	150 µg/m <sup>3</sup>
		95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere (3)	anno (1 aprile - 31 marzo)	300 µg/m <sup>3</sup>
	VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88)	media delle concentrazioni medie giornaliere (4)	anno (1 aprile - 31 marzo)	40 - 60 µg/m <sup>3</sup>
		media giornaliera (4)	ogni giorno	100 - 150 µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 25/11/94)	media giornaliera (3)	ogni giorno	150 µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 25/11/94)	media giornaliera (3)	ogni giorno	300 µg/m <sup>3</sup>
Monossido di carbonio espresso come CO	STANDARD DI QUALITÀ (D.P.C.M. 28/3/83)	media di 8 ore (5)	8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>
		media oraria	1 ora	40 mg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 e 25/11/94))	media oraria	1 ora	15 mg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94 e 25/11/94)	media oraria	1 ora	30 mg/m <sup>3</sup>
Ozono espresso come O <sub>3</sub>	STANDARD DI QUALITÀ (D.P.C.M. 28/3/83)	media oraria (6)	1 mese	200 µg/m <sup>3</sup>
	LIV. PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (D.M. 16/5/96)	media (mobile trascinata) su 8 ore (7)	8 ore	110 µg/m <sup>3</sup>
	LIV. PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (D.M. 16/5/96)	media oraria	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>
		media giornaliera	ogni giorno	65µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e D.M. 16/5/96)	media oraria	1 ora	180 µg/m <sup>3</sup>
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e D.M. 16/5/96)	media oraria	1 ora	360 µg/m <sup>3</sup>
Piombo espresso come Pb	STANDARD DI QUALITÀ (D.P.C.M. 28/3/83)	media delle concentrazioni medie di 24 ore	anno (1 aprile - 31 marzo)	2 µg/m <sup>3</sup>
Particolato sospeso espresso come PM10	OBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (8)	anno (1 gennaio - 31 dicembre)	40 µg/m <sup>3</sup>
Benzene	OBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (8)	anno (1 gennaio - 31 dicembre)	10 µg/m <sup>3</sup>
Benzo(A)pirene	OBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (9)	anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m <sup>3</sup>

TABELLA 3: valori di riferimento previsti dalla normativa vigente per gli inquinanti

- (1): Ai sensi del D.P.R. 203/88 il limite non può essere superato per più del 2% delle misure valide su base annua e si devono prendere tutti i provvedimenti atti ad evitare il superamento di questo valore per più di 3 giorni consecutivi.
- (2): Si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di 3 giorni consecutivi.
- (3): Misurate con il metodo gravimetrico.
- (4): Misurate con il metodo dei fumi neri.
- (5): La media di 8 ore deve essere effettuata nelle seguenti fasce orarie: 0:00÷8:00, 8:00÷16:00, 16:00÷24:00 (ISTISAN 87/5).
- (6): La concentrazione di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non deve essere raggiunta più di una volta al mese.
- (7): La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli  $h \div (h-7)$ ; deve essere assicurato al minimo il calcolo di medie mobili, con parziale sovrapposizione, calcolate 4 volte al giorno sulla base degli 8 valori orari relativi agli intervalli: 0:00÷8:00, 8:00÷16:00, 12:00÷20:00, 16:00÷24:00 (ore solari).
- (8): Le misure devono essere effettuate, in modo discontinuo, per almeno 15 giorni al mese.
- (9): La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni  $z$  giorni, ove  $3 \leq z \leq 6$ ;  $z$  può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso  $z$  deve essere pari a 7.



La Comunità Europea negli ultimi cinque anni con l'emanazione di tre direttive concernenti il tema dell'inquinamento atmosferico ha provveduto a modificare l'assetto normativo relativamente agli aspetti legati alla tutela e alla gestione della qualità dell'aria. Le direttive in oggetto sono le seguenti:

- Dir. 1996/62/CE del 27 settembre 1996 del Parlamento Europeo e del Consiglio in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente;
- Dir. 1999/30/CE del 22 aprile 1999 del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo;
- Dir. 2000/69/CE del 16 novembre 2000 del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente.

La direttiva quadro 1996/62/CE del 27 settembre 1996 recepita con il D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351 definisce i principi base della strategia per il miglioramento della qualità dell'aria. Tali principi prevedono la fissazione dei valori limite e delle soglie di allarme per la protezione della salute umana e dell'ambiente, del valore obiettivo per l'ozono e la definizione di metodi di valutazione della qualità dell'aria costituiti sulla base di criteri comuni che permettano l'individuazione di zone ove sia necessario il miglioramento o il mantenimento della qualità dell'aria.

La direttiva quadro definisce il contesto generale e individua un elenco di inquinanti sui quali intervenire in via prioritaria (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10, Pb, O<sub>3</sub>, CO, Benzene, PHA, Hg, Cd, As, Ni).

Tale norma rinvia a specifiche direttive (Dir 1999/30/CE del 22 aprile 1999, Dir. 2000/69/CE del 16 novembre 2000) la disciplina e la definizione dei seguenti aspetti tecnico-operativi:

- obiettivi di qualità dell'aria (valore limite, eventuale soglia di allarme e margine di tolleranza in relazione sia alla protezione della salute sia alla protezione della vegetazione);
- requisiti di monitoraggio (ubicazione dei punti di campionamento, numero minimo degli stessi, tecniche di misurazione e campionamento);
- requisiti per le tecniche di valutazione (risoluzione spaziale e tecniche di riferimento per la modellizzazione);
- requisiti di informazione al pubblico.

Vengono individuati inoltre, tra i fattori da tenere in considerazione per fissare valori limite, soglie di allarme e valori obiettivo più restrittivi di quelli individuati, non solo il grado di esposizione delle popolazioni ma anche la vulnerabilità della flora, della fauna e dei loro habitat, nonché il patrimonio storico esposto agli inquinanti.

Le direttive figlie, emanate Dir. 1999/30/CE del 22 aprile 1999 e Dir. 2000/69/CE del 16 novembre 2000, definiscono i valori limite, i margini di superamento e talvolta le soglie di allarme per i seguenti inquinanti: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10, Pb, CO, Benzene. Tali valori sono riassunti nelle tabelle riportate di seguito (tabelle, 4 - 9).

Da una prima analisi dei valori limite individuati appare evidente come l'intento del legislatore europeo sia fortemente volto al contenimento e alla riduzione dei fenomeni cronici di inquinamento atmosferico pur senza trascurare la prevenzione e la gestione degli episodi acuti.

Vengono definiti per il biossido di azoto, il PM10, il piombo ed il benzene, inquinanti che ad eccezione del piombo rappresentano le maggiori criticità ambientali attualmente esistenti sul nostro territorio, valori limite annuali per la protezione della salute umana da calcolarsi come media delle medie orarie. L'introduzione di questa nuova classe di limiti è finalizzata all'adozione di interventi che siano volti ad una reale diminuzione dell'emissione di questi inquinanti piuttosto che ad una distribuzione dell'emissione nel corso del tempo. Tale distribuzione temporale produceva infatti un abbattimento delle situazioni di picco ma sulle medie calcolate sul lungo periodo non produceva sensibili miglioramenti.

Per il raggiungimento dei limiti annuali viene scandito il percorso da compiere nel corso dei prossimi anni attraverso la definizione di margini di tolleranza che si riducono progressivamente nel tempo per portare al graduale raggiungimento del rispetto del limite.

Le direttive europee definiscono inoltre valori limite per la protezione della salute umana su base gior-

naliera o oraria per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, il PM10 e il monossido di carbonio.

La configurazione proposta per i limiti short-term è volta al contenimento degli episodi acuti di inquinamento e anche in questo caso assume connotazioni che spingono le autorità competenti alla definizione di strategie efficaci e di interventi strutturali per garantire il rispetto di tali limiti. Al valore limite viene infatti associato sia un numero massimo di superamenti da registrare nel corso dell'anno sia un margine di tolleranza che anche in questo caso, decresce gradualmente fino al raggiungimento del valore fissato.

Per garantire il rispetto combinato di queste nuove tipologie di limite si dovrà necessariamente provvedere alla definizione di interventi di riduzione del carico emissivo, interventi indispensabili per il conseguimento dell'obiettivo a lungo termine (valore limite annuale) e, qualora tali azioni non siano sufficienti per tutelare la popolazione da episodi acuti di inquinamento atmosferico, occorrerà definire interventi che ne riducano la frequenza di accadimento.

L'ultimo commento in relazione ai disposti delle normative europee riguarda l'individuazione delle soglie di allarme per il biossido di zolfo e per il biossido di azoto. I valori individuati relativamente a questi due parametri rappresentano le soglie, raggiunte le quali, è necessario provvedere alla messa in atto di misure immediate che portino ad una riduzione delle concentrazioni di inquinante che ha causato il superamento della soglia di allarme.

Alla luce della definizione di questi nuovi limiti, che in virtù del prossimo recepimento rappresenteranno i termini di riferimento per la tutela della qualità dell'aria per tutta l'Unione Europea, si è provveduto, nel seguito della relazione, a confrontare i livelli di inquinamento che insistono sul territorio della provincia di Torino con i nuovi valori limite. Tale raffronto consentirà di individuare le criticità esistenti e le linee di azione da perseguire in via prioritaria per il miglioramento della qualità dell'aria. Per una migliore comprensione delle tabelle sottostanti si riportano le definizioni che le normative europee attribuiscono ai concetti di valore limite, soglia di allarme e margine di tolleranza:

- **VALORE LIMITE**, livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, che dovrà essere raggiunto entro un dato termine e che non dovrà essere superato;
- **SOGLIA DI ALLARME**, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale gli stati membri devono immediatamente intervenire secondo quanto disposto dalla direttiva 96/62/CE;
- **MARGINE DI SUPERAMENTO**, la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dalla direttiva 96/62/CE.

## BIOSSIDO DI ZOLFO

### VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato												
1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile	150 µg/m <sup>3</sup> (43%) all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">500 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">470 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">440 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">410 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">380 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">01/01/2005⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">350 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	500 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2001 - 31/12/2001	470 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2002 - 31/12/2002	440 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2003 - 31/12/2003	410 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2004 - 31/12/2004	380 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2005⇒⇒⇒	350 µg/m <sup>3</sup>
←←← 31/12/2000	500 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2001 - 31/12/2001	470 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2002 - 31/12/2002	440 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2003 - 31/12/2003	410 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2004 - 31/12/2004	380 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2005⇒⇒⇒	350 µg/m <sup>3</sup>														

### VALORE LIMITE GIORNALIERO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile	nessuno	1 gennaio 2005

### VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo)	20 µg/m <sup>3</sup>	nessuno	19 luglio 2001

### SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO

500 µg/m<sup>3</sup> (293°K e 101.3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km<sup>2</sup> oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi

TABELLA 4: Dir 1999/30/CE, valori limite per il biossido di zolfo.

## OSSIDI DI AZOTO

### VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010

Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:

←←← 31/12/2000	300 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2001 - 31/12/2001	290 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2002 - 31/12/2002	280 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2003 - 31/12/2003	270 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2004 - 31/12/2004	260 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2005 - 31/12/2005	250 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2006 - 31/12/2006	240 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2007 - 31/12/2007	230 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2008 - 31/12/2008	220 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2009 - 31/12/2009	210 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2010 ⇒⇒⇒	200 µg/m <sup>3</sup>

### VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> NO	50% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010

Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:

←←← 31/12/2000	60 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2001 - 31/12/2001	58 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2002 - 31/12/2002	56 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2003 - 31/12/2003	54 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2004 - 31/12/2004	52 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2005 - 31/12/2005	50 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2006 - 31/12/2006	48 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2007 - 31/12/2007	46 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2008 - 31/12/2008	44 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2009 - 31/12/2009	42 µg/m <sup>3</sup>
01/01/2010 ⇒⇒⇒	40 µg/m <sup>3</sup>

### VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub>	nessuno	19 luglio 2001

### SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI AZOTO

400 µg/m<sup>3</sup> (293°K e 101.3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km<sup>2</sup> oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.

TABELLA 5: Dir 1999/30/CE, valori limite per gli ossidi di azoto.

## PARTICELLE PM-10

### VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato												
24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> da non superare più di 35 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">75 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">70 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">65 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">60 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">55 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2005⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">50 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	75 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2001 - 31/12/2001	70 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2002 - 31/12/2002	65 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2003 - 31/12/2003	60 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2004 - 31/12/2004	55 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2005⇒⇒⇒	50 µg/m <sup>3</sup>
←←← 31/12/2000	75 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2001 - 31/12/2001	70 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2002 - 31/12/2002	65 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2003 - 31/12/2003	60 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2004 - 31/12/2004	55 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2005⇒⇒⇒	50 µg/m <sup>3</sup>														

### VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato												
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	20% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">48 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">46,4 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">44,8 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">43,2 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">41,6 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2005⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">40 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	48 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2001 - 31/12/2001	46,4 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2002 - 31/12/2002	44,8 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2003 - 31/12/2003	43,2 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2004 - 31/12/2004	41,6 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2005⇒⇒⇒	40 µg/m <sup>3</sup>
←←← 31/12/2000	48 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2001 - 31/12/2001	46,4 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2002 - 31/12/2002	44,8 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2003 - 31/12/2003	43,2 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2004 - 31/12/2004	41,6 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2005⇒⇒⇒	40 µg/m <sup>3</sup>														

TABELLA 6: Dir 1999/30/CE, valori limite per il PM10.

## PIOMBO

### VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato												
24 ore	0,5 µg/m <sup>3</sup>	100% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">1 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">0,9 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">0,8 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">0,7 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">0,6 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>01/01/2005⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">0,5 µg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	1 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2001 - 31/12/2001	0,9 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2002 - 31/12/2002	0,8 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2003 - 31/12/2003	0,7 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2004 - 31/12/2004	0,6 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2005⇒⇒⇒	0,5 µg/m <sup>3</sup>
←←← 31/12/2000	1 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2001 - 31/12/2001	0,9 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2002 - 31/12/2002	0,8 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2003 - 31/12/2003	0,7 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2004 - 31/12/2004	0,6 µg/m <sup>3</sup>														
01/01/2005⇒⇒⇒	0,5 µg/m <sup>3</sup>														

TABELLA 7: Dir 1999/30/CE, valori limite per il piombo.



## BENZENE

### VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	100% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2006, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:			
	←←← 31/12/2005		10 µg/m <sup>3</sup>
	01/01/2006 - 31/12/2006		9 µg/m <sup>3</sup>
	01/01/2007 - 31/12/2007		8 µg/m <sup>3</sup>
	01/01/2008 - 31/12/2008		7 µg/m <sup>3</sup>
	01/01/2009 - 31/12/2009		6 µg/m <sup>3</sup>
	01/01/2010⇒⇒⇒		5 µg/m <sup>3</sup>

TABELLA 8: Dir 2000/69/CE, valori limite per il benzene.

## MONOSSIDO DI CARBONIO

### VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	60% del valore limite all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2003, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:			
	←←← 31/12/2002		16 mg/m <sup>3</sup>
	01/01/2003 - 31/12/2003		14 mg/m <sup>3</sup>
	01/01/2004 - 31/12/2004		12 mg/m <sup>3</sup>
	01/01/2005⇒⇒⇒		10 mg/m <sup>3</sup>

TABELLA 9: Dir 2000/69/CE, valori limite per il monossido di carbonio.

## ANALISI DEI DATI RACCOLTI DALLE STAZIONI FISSE DOTATE DI ANALIZZATORI IN CONTINUO E NELLE STAZIONI DI RACCOLTA DEL PARTICOLATO

Nelle pagine seguenti sono riportati per ogni inquinante:

- una breve descrizione delle caratteristiche chimico-fisiche e dei danni causati alla salute umana e all'ecosistema nel suo complesso;
- la descrizione del metodo di misura utilizzato;
- un sintetico esame dei dati raccolti;
- la tabella riassuntiva dei superamenti dei valori di riferimento previsti dalla normativa, suddivisi per stazione;
- una cartografia tematica riportante il valore delle medie annuali misurate nel 2000 confrontate con quelle rilevate nel 1998 e nel 1999 per ogni stazione relativamente ai parametri analizzati in continuo;
- i grafici che riportano la distribuzione spaziale e temporale del numero di superamenti e dell'indice di criticità, definito come il valore percentuale dei superamenti del livello di attenzione calcolato sul totale dei dati validi. Tale indice permette una normalizzazione dei risultati in funzione del numero di dati validi, consentendo una corretta comparazione fra punti di misura che per inconvenienti tecnici presentano diversi rendimenti strumentali. Anche in questi grafici vengono confrontati i rilevamenti degli ultimi tre anni. Si desidera inoltre precisare che i rilevamenti delle concentrazioni degli inquinanti seguono sempre l'ora solare, anche nel periodo estivo, di conseguenza nella lettura delle elaborazioni è necessario tenerne conto.

### Descrizione

Il carbonio, che costituisce lo 0.08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare sia combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite, nei carboni fossili, ecc.

Il carbonio è in grado di legarsi chimicamente con l'ossigeno formando due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico la cui concentrazione venga espressa in milligrammi al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>).

È un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa il 80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina.

La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore; si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato ed in fase di decelerazione.

### Danni causati

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue, impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Il CO ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno ed il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti.

### Metodo di misura

L'ossido di carbonio è analizzato mediante assorbimento di radiazioni infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR con conseguente variazione della loro intensità, proporzionale alla concentrazione dell'ossido di carbonio. Un sensore misura la variazione della radiazione luminosa e converte questo valore fornendo la concentrazione di CO presente nell'aria.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di monossido di carbonio è milligrammi al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>).

### Esame dei dati

Nel corso dell'anno 2000, come si osserva nel riepilogo statistico riportato in tabella 10, non si sono verificati superamenti del livello di allarme. I superamenti dei livelli di attenzione si sono rivelati in numero inferiore rispetto agli anni passati e solo su 4 stazioni delle 16 nelle quali viene misurato il parametro in oggetto. Tre delle stazioni interessate dai superamenti dei livelli di attenzione sono site nel comune di Torino in Via della Consolata, in Piazza Rebaudengo e in Piazza Rivoli. Quest'ultima rappresenta anche nel corso dell'anno 2000 il sito più critico. L'unica stazione che presenta superamenti del livello di attenzione al di fuori del capoluogo è collocata nel comune di Nichelino in Via XXV Aprile. La stazione di Nichelino presenta una particolarità nei confronti degli andamenti misurati negli ultimi tre anni nel complesso della rete. Si nota infatti un leggero trend in aumento motivabile dalla recente modificazione della viabilità avvenuta nella zona oggetto del monitoraggio. L'apertura di un nuovo ponte sul fiume Sangone e le relative modifiche viarie hanno portato ad un sensibile incremento dei flussi veicolari nella zona oggetto del monitoraggio. A seguito di tali osservazioni è pertanto giustificato il leggero incremento dei valori misurati.

Complessivamente, nel territorio della provincia di Torino, negli ultimi 3 anni si sono osservate costanti diminuzioni delle concentrazioni di monossido di carbonio, sia come frequenza dei supera-

menti dei vari livelli di riferimento sia come entità dei valori misurati, come si può osservare nella tabella 11 nella quale sono riportati i valori massimi di monossido di carbonio misurati dall'intera rete di monitoraggio negli anni 1998-2000.

Per quanto riguarda la distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto, tutti i superamenti del livello di attenzione, verificatisi nell'insieme delle stazioni, si sono sostanzialmente concentrati nei mesi invernali ed in particolare in quello di gennaio. È importante notare che nonostante i mesi di gennaio e febbraio 2000 siano stati caratterizzati dal punto di vista meteorologico da un lungo periodo siccitoso con presenza costante di alta pressione (condizioni di stabilità atmosferica particolarmente sfavorevoli alla dispersione e all'abbattimento delle sostanze inquinanti) non si sia verificato un incremento del numero dei superamenti del livello di attenzione in tale periodo.

Anche per quanto riguarda la distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto si osserva nel corso degli ultimi anni sia una costante diminuzione dei siti che presentano superamenti del livello di attenzione sia una minore frequenza dei superamenti stessi.

Si è provveduto a confrontare i valori misurati nel corso dell'anno 2000 con i valori limite per la protezione della salute definiti dalla recente direttiva della Comunità Europea 2000/69/CE. Tale normativa prevede che la media massima giornaliera calcolata per ogni ora del giorno sulle 8 ore precedenti (es. la media delle ore 17:00 corrisponderà alla media dei valori misurati fra le ore 10:00 e le ore 17:00) sia inferiore ad un valore limite la cui entità è variabile e definita in misura decrescente per i prossimi 5 anni. Il dettaglio sui limiti in vigore per i prossimi anni e sul numero di giorni di possibile superamento del valore limite è riportato nella tabella 12.

Si osserva che i limiti identificati dalla direttiva 2000/69/CE fino all'anno 2004 sono sostanzialmente rispettati fin da ora su tutto il territorio. L'unica postazione in cui i limiti non vengono rispettati è la stazione posizionata in Piazza Rivoli che rappresenta sicuramente una zona sotto certi aspetti atipica e di particolare criticità nell'area della provincia di Torino.

Se confrontiamo i dati rilevati nell'anno 2000 con il limite che sarà in vigore nell'anno 2005 si osservano alcune giornate di superamento su tre postazioni collocate nel comune di Torino.

L'entità minima dei superamenti (solo alcune giornate all'anno), il numero limitato di postazioni interessate dagli stessi, e il trend in costante diminuzione delle concentrazioni dell'inquinante in questione consentono valutazioni sostanzialmente ottimistiche sull'evolversi dei fenomeni di inquinamento causati dal monossido di carbonio.

Il progressivo diffondersi del parco auto catalizzato, essendo il monossido di carbonio principalmente prodotto dal traffico veicolare, è stato fondamentale per la riduzione delle concentrazioni di CO presenti in atmosfera e tale innovazione tecnologica, che ha consentito una forte riduzione delle concentrazioni di inquinante presenti nelle emissioni veicolari, è stata in grado di contrastare il fenomeno contrario legato all'aumento del numero di autoveicoli circolanti e quindi all'aumento delle fonti emissive. Risulta lecito, pertanto, prevedere che con la totale catalizzazione del parco circolante, le concentrazioni di monossido di carbonio in atmosfera non rappresenteranno più una criticità ambientale.

Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 3 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 1998, 1999 e 2000.



STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali (mg/m <sup>3</sup> )			Numero superamenti livello di attenzione (D.P.C.M. 25/11/94) indice: conc. media di 1h ogni giorno valore di riferimento: 15 (mg/m <sup>3</sup> )			Numero superamenti livello di allarme (D.P.C.M. 25/11/94) indice: conc. media di 1h ogni giorno valore di riferimento: 30 (mg/m <sup>3</sup> )			Valore limite (D.P.C.M. 28/3/83) indice: conc. media oraria periodo di osservazione: 40 (mg/m <sup>3</sup> )			Valore limite (D.P.C.M. 28/3/83) indice: conc. media di 8 h periodo di osservazione: 8 h valore di riferimento: 10 (mg/m <sup>3</sup> )		
			1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Chieri	C.so Buozzi, 1	B-C	1,7	1,2	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chivasso	Via Torino, 1	C	1,2	0,9	1,0	3	12	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
Druento	Cascina Peppinella	A	0,5	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ivrea	P.zza Freguglia	B-C	1,8	1,3	1,2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
Nichelino	Via XXV Aprile, 111	B-C	1,6	1,7	1,9	19	3	5	0	0	0	0	0	0	4	1	
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1	C	0,9	0,7	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rivoli	Via Togliatti, 1	C	1,1	1,2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Settimo	Via Milano, 31	B-C	2,4	1,7	1,4	27	1	0	0	0	0	0	0	0	16	0	
Susa	P.zza della Repubblica	C	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TO Consolata	Via Consolata, 10	B-C	2,9	2,6	2,1	23	0	1	0	0	0	0	0	0	10	1	
TO Cristina	Via M.Cristina	B-C	2,5	2,3	1,8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	1,3	1,1	1,0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TO Gaidano	Via Gaidano	B-C	2,2	2,1	1,8	19	3	0	0	0	0	0	0	0	7	0	
TO Rebaudengo	P.zza Rebaudengo	B-C	3,5	3,2	2,6	23	6	4	0	0	0	0	0	0	9	1	
TO Rivoli	P.zza Rivoli	B-C	3,7	3,4	2,9	78	34	20	4	0	0	0	1	0	23	13	
Venaria	C.so Garibaldi	C	1,0	0,8	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

TABELLA 10: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

STAZIONE	VALORI MASSIMI DATATI (mg/m <sup>3</sup> )					
	1998		1999		2000	
	Chieri	<b>15</b>	30 marzo h 08:00	<b>10</b>	24 novembre h 09:00	<b>11</b>
Chivasso	<b>23</b>	12 febbraio h 19:00	<b>17</b>	11 febbraio h 19:00	<b>12</b>	31 gennaio h 19:00
Druento	<b>1,9</b>	16 dicembre h 20:00	<b>3,3</b>	3 marzo h 15:00	<b>1,9</b>	11 gennaio h 15:00
Ivrea	<b>18</b>	18 dicembre h 18:00	<b>13</b>	25 gennaio h 20:00	<b>10</b>	15 gennaio h 20:00
Nichelino	<b>26</b>	14 dicembre h 21:00	<b>19</b>	1 dicembre h 09:00	<b>18</b>	31 gennaio h 09:00
Pinerolo	<b>8,1</b>	14 dicembre h 09:00	<b>10</b>	20 gennaio h 11:00	<b>11</b>	18 gennaio h 14:00
Rivoli	<b>13</b>	13 febbraio h 09:00	<b>14</b>	21 gennaio h 10:00	<b>10</b>	3 gennaio h 20:00
Settimo	<b>22</b>	14 gennaio h 21:00	<b>17</b>	21 gennaio h 19:00	<b>12</b>	31 gennaio h 18:00
Susa	<b>4,3</b>	16 dicembre h 09:00	<b>5,0</b>	10 dicembre h 19:00	<b>4,5</b>	7 marzo h 17:00
TO Consolata	<b>28</b>	13 febbraio h 20:00	<b>15</b>	6 gennaio h 20:00	<b>18</b>	18 gennaio h 20:00
TO Cristina	<b>14</b>	13 febbraio h 20:00	<b>16</b>	29 gennaio h 09:00	<b>14</b>	18 gennaio h 20:00
TO Lingotto	<b>16</b>	12 febbraio h 20:00	<b>10</b>	4 febbraio 21:00	<b>9,0</b>	7 gennaio h 21:00
TO Gaidano	<b>21</b>	18 dicembre h 09:00	<b>19</b>	7 gennaio h 19:00	<b>15</b>	10 gennaio h 09:00
TO Rebaudengo	<b>27</b>	13 febbraio h 19:00	<b>19</b>	20 gennaio h 19:00	<b>20</b>	18 gennaio h 18:00
TO Rivoli	<b>44</b>	13 febbraio h 19:00	<b>27</b>	21 gennaio h 09:00	<b>24</b>	30 gennaio h 19:00
Venaria	<b>8,9</b>	10 marzo h 02:00	<b>8,9</b>	6 gennaio h 19:00	<b>5,2</b>	31 gennaio h 18:00

TABELLA 11: monossido di carbonio, valori massimi datati.

STAZIONE	Numero di superamenti del valore limite (media massima giornaliera su 8 ore) per la protezione della salute <b>16 mg/m<sup>3</sup></b> (valore in vigore per l'anno 2000)		Numero di superamenti del valore limite (media massima giornaliera su 8 ore) per la protezione della salute <b>14 mg/m<sup>3</sup></b> (valore in vigore per l'anno 2003)		Numero di superamenti del valore limite (media massima giornaliera su 8 ore) per la protezione della salute <b>12 mg/m<sup>3</sup></b> (valore in vigore per l'anno 2004)		Numero di superamenti del valore limite (media massima giornaliera su 8 ore) per la protezione della salute <b>10 mg/m<sup>3</sup></b> (valore in vigore per l'anno 2005)	
	n. sup	Risp.lim	n. sup	Risp.lim	n. sup	Risp.lim	n. sup	Risp.lim
Chieri	0	si	0	si	0	si	0	si
Chivasso	0	si	0	si	0	si	0	si
Druento	0	si	0	si	0	si	0	si
Ivrea	0	si	0	si	0	si	0	si
Nichelino	0	si	0	si	0	si	0	si
Pinerolo	0	si	0	si	0	si	0	si
Rivoli	0	si	0	si	0	si	0	si
Settimo	0	si	0	si	0	si	0	si
Susa	0	si	0	si	0	si	0	si
TO Consolata	0	si	0	si	0	si	4	no
TO Cristina	0	si	0	si	0	si	0	si
TO Lingotto	0	si	0	si	0	si	0	si
TO Gaidano	0	si	0	si	0	si	0	si
TO Rebaudengo	0	si	0	si	0	si	2	no
TO Rivoli	1	no	2	no	6	no	10	no
Venaria	0	si	0	si	0	si	0	si

TABELLA 12: monossido di carbonio, confronto con la normativa europea 2000/69/CE.

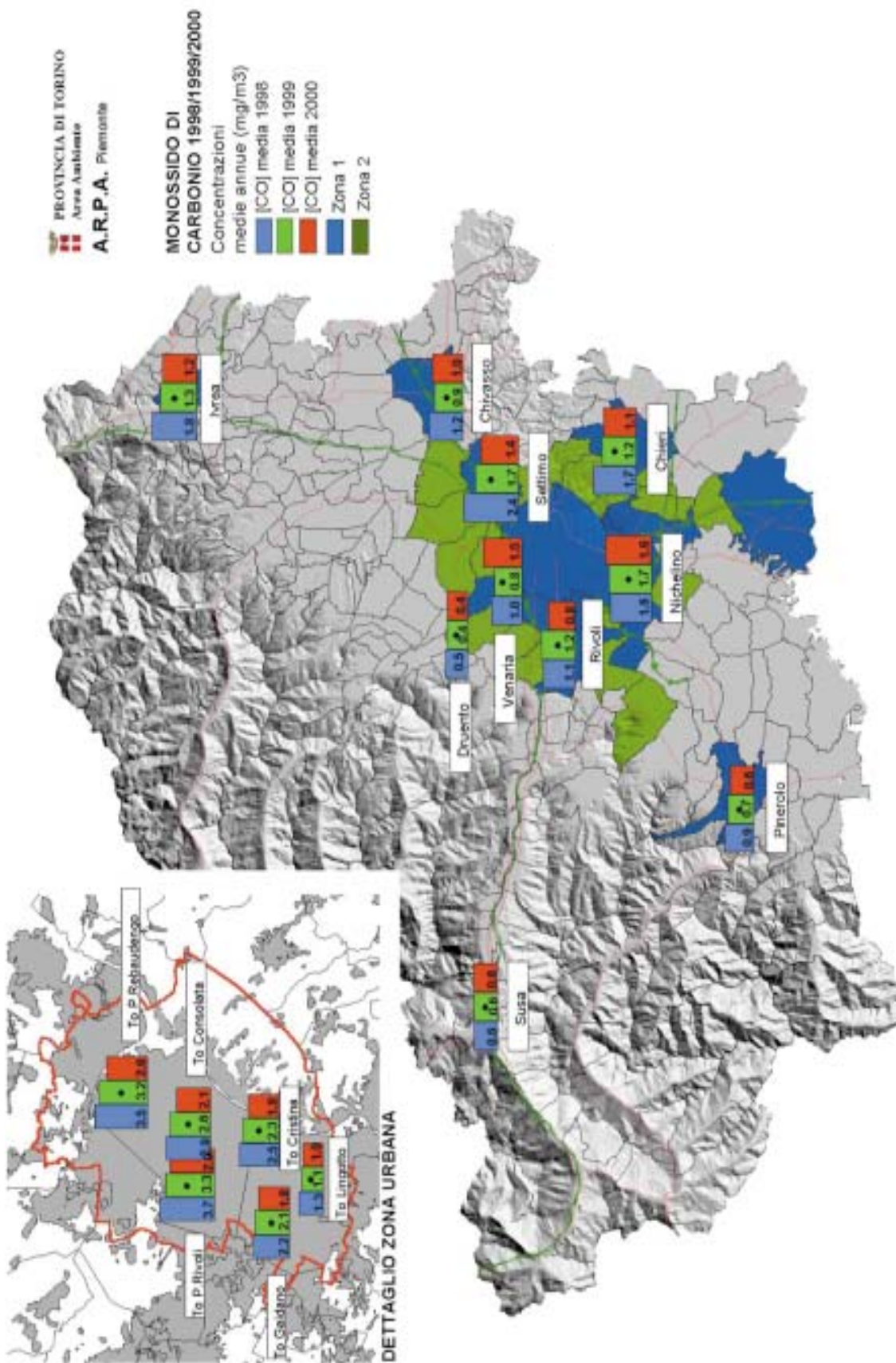


FIGURA 3: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 1998, 1999 e 2000.

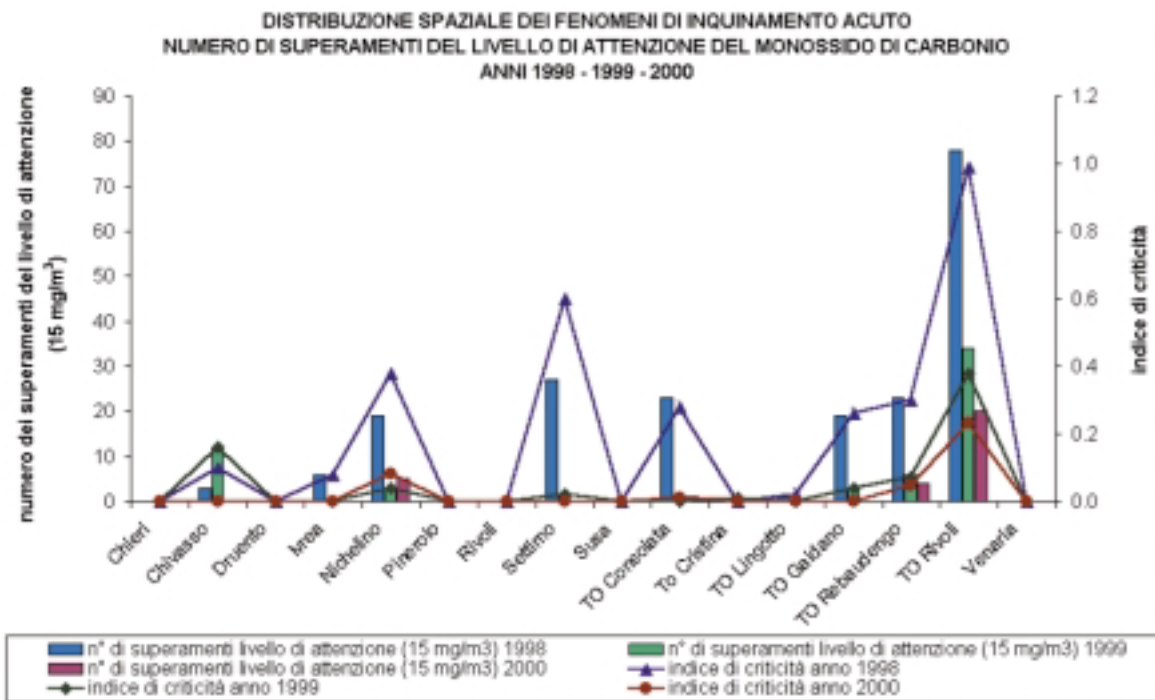


FIGURA 4: monossido di carbonio, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

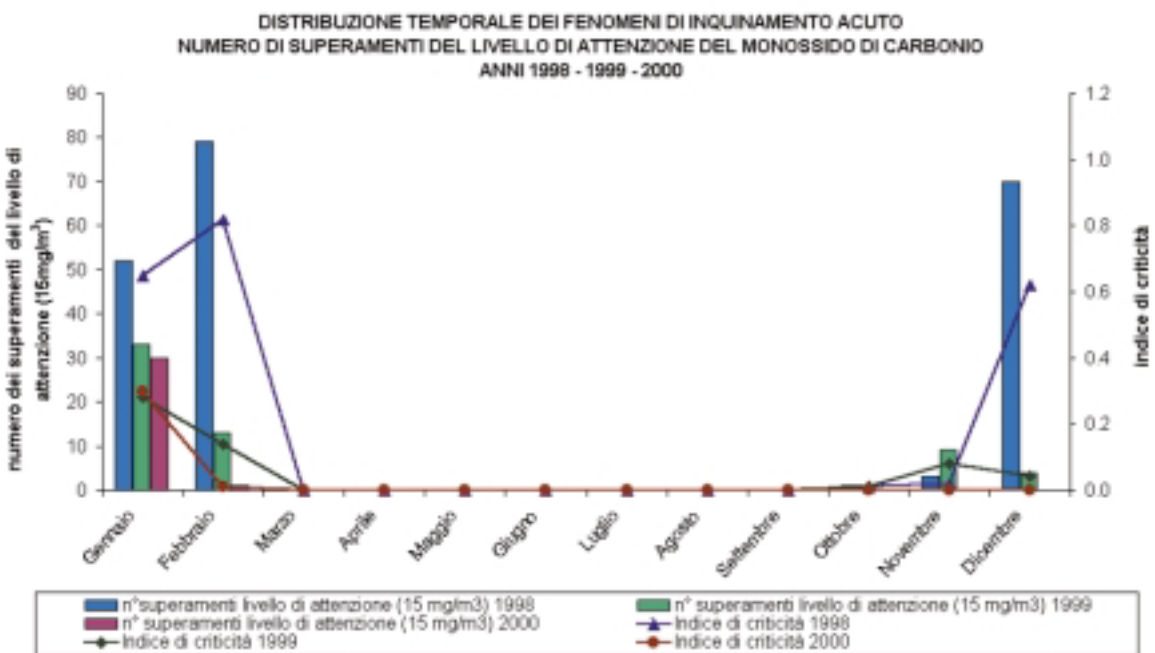


FIGURA 5: monossido di carbonio, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.



### DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub> ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile utilizzato.

Il biossido di azoto si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro di odore forte e pungente. Il biossido di azoto in particolare 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 costituzione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è apportato, nelle città, dai fumi di scarico degli autoveicoli. L'entità delle emissioni può, in questo caso, variare anche in funzione delle caratteristiche, dello stato del motore e delle modalità di utilizzo dello stesso (valore della velocità, accelerazione ecc.).

In generale l'emissione di ossidi di azoto è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade ecc.).

### DANNI CAUSATI

Il biossido di azoto è un gas tossico irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzione delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati al suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

### METODO DI MISURA

Gli ossidi di azoto vengono analizzati con metodo a chemiluminescenza. Il metodo si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono, capace di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO.

Un apposito rivelatore permette di misurare la radiazione luminosa prodotta. La reazione è specifica per il monossido di azoto; per misurare il biossido, invece, bisogna ridurlo a monossido, attraverso un convertitore al molibdeno. Gli analizzatori sono automaticamente predisposti per rilevare sia il monossido di azoto che il biossido di azoto.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di biossido di azoto è microgrammi al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### ESAME DEI DATI

Nel corso dell'anno 2000, come si osserva nel riepilogo statistico riportato in tabella 13, non si sono verificati superamenti dei valori di allarme in nessuna delle stazioni nelle quali era presente l'analizzatore del biossido di azoto, così come accaduto nei due anni precedenti.

Per quanto riguarda gli indici di esposizione della popolazione sul breve periodo in 17 siti su 18 vi è stato nel corso dell'anno almeno un superamento del livello di attenzione e si nota un incremento del numero di stazioni interessate da tale fenomeno sia in relazione al 1998 che al 1999.

Analizzando la distribuzione spaziale e temporale dei fenomeni di inquinamento acuto (figure 7 e 8) si osserva che la maggior parte dei superamenti del livello di attenzione si sono verificati nelle stazioni ubicate nel comune di Torino e nella prima cintura del capoluogo, ma è anche rilevante il fatto che si siano osservati superamenti del livello di attenzione in siti non appartenenti alla conurbazione torinese come Ivrea e Ciriè. Ciò sta a dimostrare che l'inquinamento da biossido di azoto è particolarmente diffuso sul territorio e non è esclusiva prerogativa dei grandi centri urbani.

La distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto identifica i primi due mesi dell'anno 2000 come il periodo più critico. In particolare nei mesi di gennaio e di febbraio si sono rilevati rispettivamente il 70% e il 12% dei superamenti complessivi misurati nel corso dell'intero anno. Tale situazione, come già precedentemente discusso per il monossido di carbonio, si è verificata a causa delle condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinan-

ti che hanno insistito sul territorio della provincia di Torino.

Per quanto riguarda l'esposizione della popolazione sul lungo periodo 8 siti su 18 superano il valore guida di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (espresso come 50° percentile); 5 di questi siti sono nel comune di Torino e 3 nella prima cintura (Beinasco, Grugliasco e Nichelino).

Per quanto concerne il confronto dei dati relativi alle concentrazioni di biossido di azoto rilevate nell'anno 2000 con i valori definiti dalla normativa europea 99/30/CE, in tabella 15 si sono confrontati i dati rilevati nel corso dell'anno 2000 sia con i limiti che la normativa europea individua per l'anno 2000 sia con i limiti fissati per l'anno 2010, anno che rappresenta il termine ultimo del percorso di riduzione previsto.

Nelle prime due colonne è stato riportato per ogni stazione il numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute e l'indicazione in merito al rispetto del limite, si osserva che il limite in vigore nell'anno 2000 ( $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è rispettato su tutti i siti oggetto di monitoraggio, per quanto riguarda invece il confronto con il limite in vigore nell'anno 2010 si osserva che nelle stazioni di tipologia strettamente urbana il limite non viene rispettato.

Nella terza e quarta colonna sono riportati i confronti con il valore limite annuale per la protezione della salute previsto per l'anno 2000 ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e per l'anno 2010 ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per una facile comprensione del rispetto del limite è stata definita la percentuale di scostamento calcolata nel modo seguente:

$S_{\%} = \frac{V_m - V_l}{V_l} \times 100$	<p>S%: scostamento percentuale  V<sub>m</sub>: valore medio annuale misurato in ogni stazione  V<sub>l</sub>: valore limite definito dalla normativa</p>
---	--

Conseguentemente una percentuale di scostamento negativa indica il rispetto del limite, un valore positivo al contrario ne indica il mancato rispetto, inoltre il valore della percentuale fornisce indicazioni sull'entità del rispetto o del superamento.

Si osserva che nei confronti del valore limite annuale per la protezione della salute la situazione esistente sul territorio della provincia di Torino è particolarmente critica. In particolare solo 2 siti su 18 rispettano attualmente il valore imposto per l'anno 2010 e si tratta di siti di carattere fortemente extraurbano e remoto.

In area urbana le misurazioni superano notevolmente il valore limite annuale per la protezione della salute e le concentrazioni misurate si scostano dal valore limite con percentuali variabili fra il 50 e il 100%. Il biossido di azoto rappresenta dunque una forte criticità ambientale sia per le elevate concentrazioni attualmente insistenti sul nostro territorio, sia in relazione agli obiettivi futuri al confronto dei quali le concentrazioni attualmente misurate non risultano assolutamente in linea con i limiti previsti. Tale criticità è accentuata dal fatto che il biossido di azoto non ha presentato negli ultimi anni una significativa tendenza alla diminuzione il che deve allertare sulla difficoltà di raggiungere i valori previsti per l'anno 2010 e di conseguenza spingere le amministrazioni a prendere in seria considerazione l'adozione di provvedimenti finalizzati alla riduzione delle emissioni di ossidi di azoto.

Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 6 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> misurate negli anni 1998 -2000.

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Valore limite (D.P.R. 203/88) indice: 98° percentile delle conc. medie orarie periodo di osservazione: dal 1 gennaio al 31 dicembre valori di riferimento: 200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Valori guida (D.P.R. 203/88) indice: 50° percentile delle conc. medie orarie periodo di osservazione: dal 1 gennaio al 31 dicembre valori di riferimento: 50 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 25/11/94) indice: media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento 200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di allarme (D.M. 25/11/94) indice: media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento 400 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
			1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Alpignano	Via F.Baracca, 12	D	36	38	44	114	103	110	25	33	41	8	0	1	0	0	
Beinasco	Via S.Pellico,5	B	31	42	54	116	121	125	24	38	51	3	1	4	0	0	
Borgaro	Via Italia	B-D	25	41	46	78	112	120	16	35	40	0	13	8	0	0	
Chieri	C.so Buozzi, 1	B-C	39	34	51	127	102	120	34	29	47	4	0	1	0	0	
Ciriè	Via Teneschie, 2	B	36	32	36	119	105	115	30	23	25	2	2	5	0	0	
Druento	Cascina Peppinella	A	30	26	28	73	71	93	24	22	22	0	0	2	0	0	
Grugliasco	Via Roma, 15	B	53	52	59	156	126	154	52	48	56	17	2	16	0	0	
Ivrea	Pizza Freguglia	B-C	51	49	51	109	104	121	49	47	48	1	0	8	0	0	
Nichelino	Via XXV Aprile, 111	B-C	52	58	75	146	140	176	46	52	69	21	0	53	0	0	
Orbassano	Via Gozzano	B-D	41	49	52	120	111	135	36	47	45	0	0	1	0	0	
Settimo	Via Milano, 31	B-C	66	52	53	176	137	133	61	47	47	71	9	6	0	0	
Vinovo	Via Garibaldi, 3	D	37	36	42	109	88	102	35	33	38	5	0	0	0	0	
TO Consolata	Via Consolata, 10	B-C	77	77	69	159	154	152	74	74	65	25	20	27	0	0	
TO Cristina	Via M.Cristina	B-C	67	75	64	136	133	129	65	73	61	5	1	2	0	0	
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	47	50	50	124	125	128	44	46	47	23	4	2	0	0	
TO Gaidano	Via Gaidano	B	67	65	67	146	152	144	60	60	63	30	30	31	0	0	
TO Rebaudengo	Pizza Rebaudengo	B-C	90	82	83	188	163	167	82	77	78	121	45	47	0	0	
TO Rivoli	Pizza Rivoli	B-C	82	78	87	169	164	198	75	73	79	50	41	150	0	0	

TABELLA 13: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

STAZIONE	VALORI MASSIMI DATATI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	1998		1999		2000	
	Alpignano	<b>252</b>	17 dicembre h 17:00	<b>160</b>	3 marzo h 19:00	<b>235</b>
Beinasco	<b>219</b>	18 marzo h 22:00	<b>201</b>	6 novembre h 14:00	<b>233</b>	31 ottobre h 13:00
Borgaro	<b>141</b>	23 luglio h 10:00	<b>270</b>	9 novembre h 15:00	<b>276</b>	5 gennaio h 15:00
Chieri	<b>262</b>	17 dicembre h 13:00	<b>172</b>	9 dicembre h 11:00	<b>206</b>	04 gennaio h 11:00
Ciriè	<b>214</b>	16 dicembre h 20:00	<b>207</b>	1 dicembre h 17:00	<b>252</b>	22 novembre h 13:00
Druento	<b>114</b>	22 ottobre h 13:00	<b>164</b>	22 gennaio h 16:00	<b>234</b>	21 gennaio h 17:00
Grugliasco	<b>283</b>	17 dicembre h 18:00	<b>210</b>	29 settembre h 12:00	<b>274</b>	04 gennaio h 11:00
Ivrea	<b>219</b>	18 dicembre h 18:00	<b>158</b>	13 marzo h 20:00	<b>259</b>	13 settembre h 19:00
Nichelino	<b>272</b>	22 aprile h 07:00	<b>196</b>	1 dicembre h 20:00	<b>267</b>	13 settembre h 19:00
Orbassano	<b>197</b>	6 dicembre h 22:00	<b>156</b>	2 marzo h 19:00	<b>207</b>	31 gennaio h 12:00
Settimo	<b>364</b>	7 gennaio h 13:00	<b>251</b>	2 dicembre h 16:00	<b>236</b>	18 gennaio h 12:00
Vinovo	<b>259</b>	5 dicembre h 17:00	<b>152</b>	1 marzo h 21:00	<b>183</b>	04 maggio h 22:00
TO Consolata	<b>247</b>	4 febbraio h 13:00	<b>241</b>	2 marzo h 14:00	<b>346</b>	04 gennaio h 13:00
To Cristina	<b>211</b>	4 febbraio h 13:00	<b>203</b>	3 febbraio h 14:00	<b>210</b>	31 gennaio h 13:00
TO Lingotto	<b>292</b>	5 dicembre h 21:00	<b>234</b>	4 febbraio h 21:00	<b>246</b>	31 gennaio h 12:00
TO Gaidano	<b>324</b>	8 dicembre h 12:0	<b>395</b>	26 novembre h 13:00	<b>333</b>	04 gennaio h 12:00
TO Rebaudengo	<b>360</b>	4 dicembre h 15:00	<b>334</b>	20 gennaio h 15:00	<b>287</b>	18 gennaio h 18:00
TO Rivoli	<b>322</b>	7 dicembre h 13:00	<b>280</b>	2 dicembre h 13:00	<b>322</b>	31 gennaio h 13:00

TABELLA 14: biossido di azoto, valori massimi datati.

STAZIONE	Numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte nell'anno civile (valore in vigore per l'anno 2000)		Numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte nell'anno civile (valore in vigore per l'anno 2010)		Percentuale di scostamento dal valore limite annuale per la protezione della salute $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore in vigore per l'anno 2000)		Percentuale di scostamento dal valore limite annuale per la protezione della salute $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore in vigore per l'anno 2010)		Numero di superamenti della soglia di allarme $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	n. sup	Risp.lim	n. sup	Risp.lim	S%	Risp.lim	S%	Risp.lim	
Alpignano	0	si	1	si	-27	si	10	no	0
Beinasco	0	si	4	si	-10	si	36	no	0
Borgaro	0	si	8	si	-23	si	16	no	0
Chieri	0	si	1	si	-16	si	27	no	0
Ciriè	0	si	5	si	-40	si	-10	si	0
Druento	0	si	2	si	-53	si	-29	si	0
Grugliasco	0	si	16	si	-1	si	48	no	0
Ivrea	0	si	8	si	-15	si	28	no	0
Nichelino	0	si	53	no	25	no	87	no	0
Orbassano	0	si	1	si	-14	si	29	no	0
Settimo	0	si	6	si	-12	si	32	no	0
Vinovo	0	si	0	si	-31	si	4	no	0
TO Consolata	1	si	27	no	15	no	72	no	0
TO Cristina	0	si	2	si	7	no	60	no	0
TO Lingotto	0	si	2	si	-16	si	26	no	0
TO Gaidano	2	si	31	no	12	no	69	no	0
TO Rebaudengo	0	si	47	no	38	no	106	no	0
TO Rivoli	3	si	150	no	45	no	117	no	0

TABELLA 15: biossido di azoto, confronto con la normativa europea 99/30/CE.



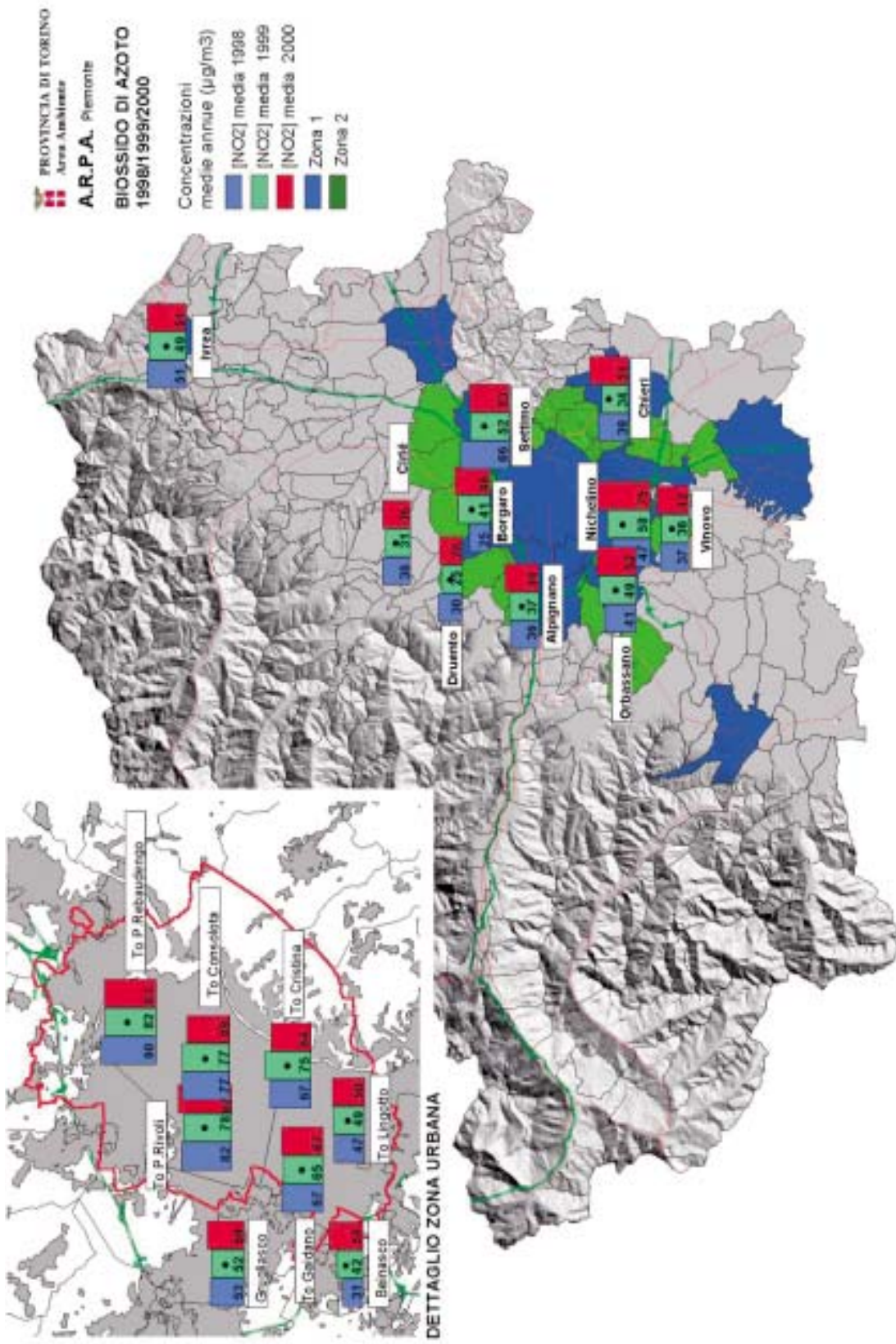


FIGURA 6: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> misurate negli anni 1998, 1999 e 2000.

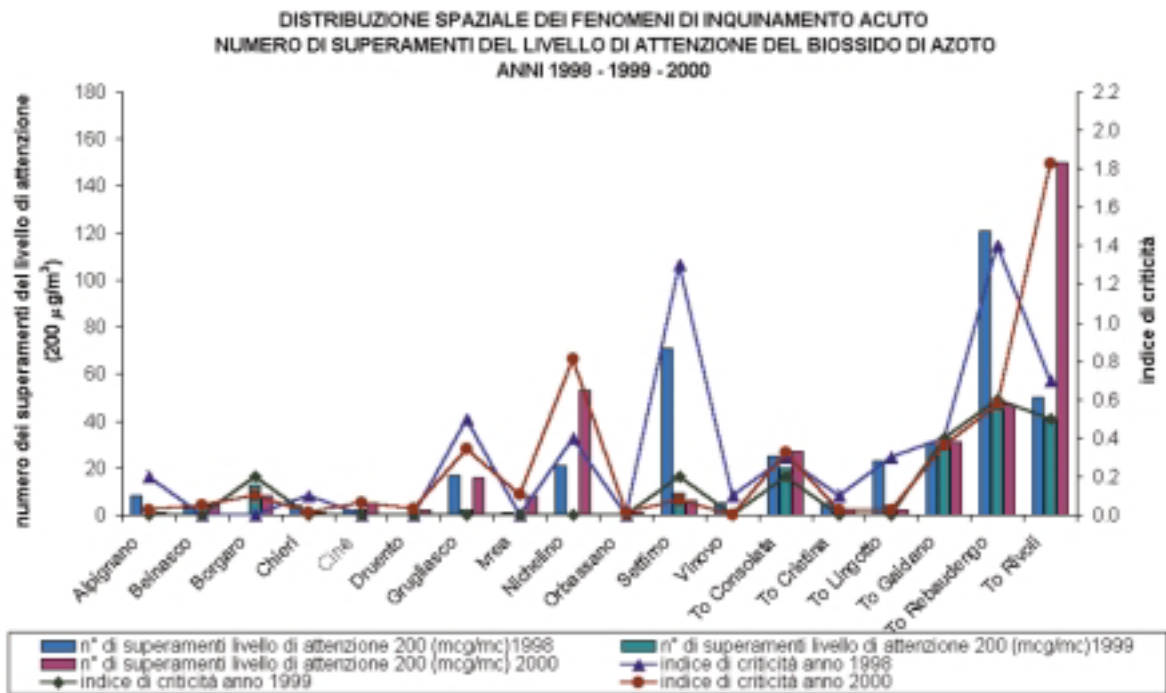


FIGURA 7: biossido di azoto, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

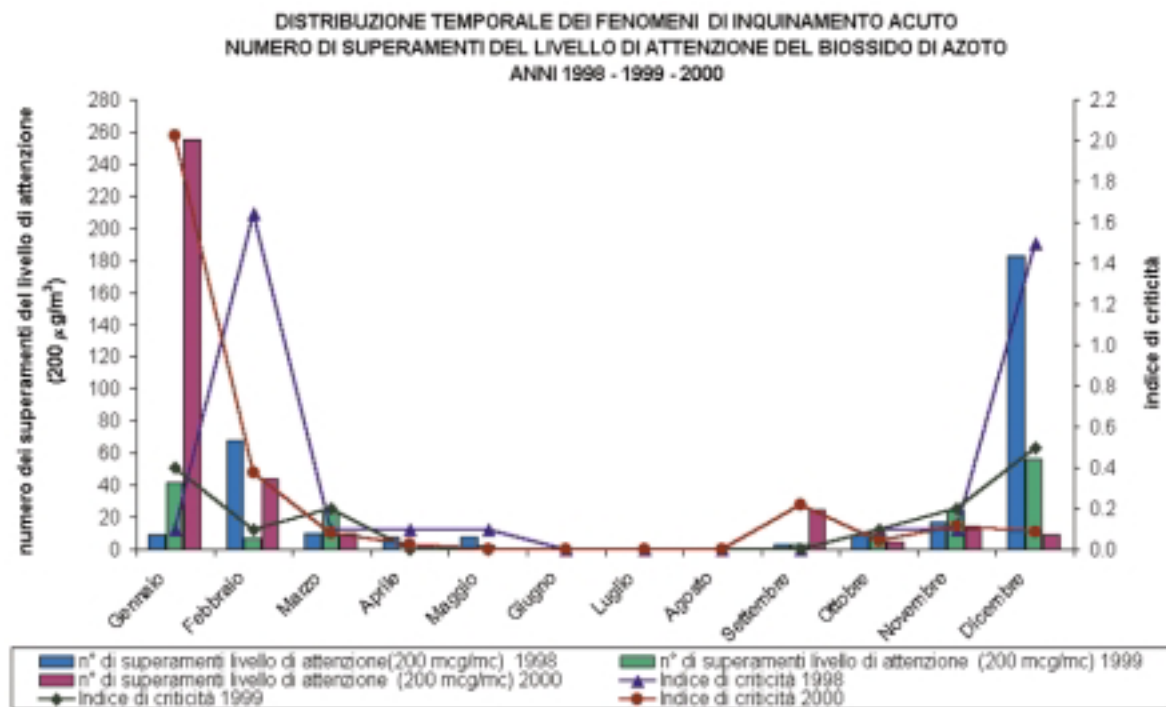
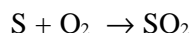


FIGURA 8: biossido di azoto, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.

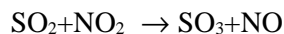
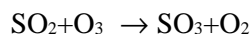
### DESCRIZIONE

È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:

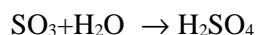


È un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di biossido di zolfo nell'aria (6-7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici. Nell'atmosfera l'anidride solforosa ( $\text{SO}_2$ ) è ossidata ad anidride solforica ( $\text{SO}_3$ ). L'ossidazione può avvenire direttamente dall'ossigeno atmosferico o da parte di altri inquinanti, secondo le reazioni:



L'anidride solforica successivamente, in presenza di umidità, è convertita in acido solforico secondo la reazione:



Il biossido di zolfo era ritenuto fino a pochi anni fa il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Tuttavia, oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, imposto dal D.P.C.M. del 14 novembre 1995) insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di  $\text{SO}_2$  nell'aria.

### DANNI CAUSATI

Il biossido di zolfo è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. In atmosfera, attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua, contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti fitotossici sui vegetali e di acidificazione dei corpi idrici, in particolare a debole ricambio, con conseguente compromissione della vita acquatica.

Le precipitazioni acide possono avere effetti corrosivi anche sui materiali da costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli.

### METODI DI MISURA

Il biossido di zolfo è analizzato con metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale vengono emesse radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di anidride solforosa presenti, che stabilizzandosi emettono delle radiazioni nello spettro del visibile, misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di anidride solforosa presente nell'aria.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di biossido di zolfo è microgrammi al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## ESAME DEI DATI

Come si osserva nel riepilogo statistico riportato in tabella 16 la situazione è del tutto analoga a quella rilevata nel corso del 1998 e del 1999. Tutti i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati in tutti i siti. Le differenze rispetto ai valori riscontrati nel 1998 sono assolutamente minime e rientrano nella fluttuazione statistica del dato.

In generale i valori più elevati si riscontrano nel capoluogo, ma si tratta comunque di concentrazioni inferiori di circa dieci volte al valore guida su base annuale previsto dal D.P.R. 203/88, a tutt'oggi il limite più restrittivo previsto dalla normativa in relazione all'esposizione della popolazione sul lungo periodo. È importante notare il fatto che i valori massimi misurati siano in costante diminuzione, come si può osservare in tabella 17, e che tali valori non superino mai i  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Un ulteriore dato positivo emerge dal confronto, riportato in tabella 18 con i limiti stabiliti dalla Direttiva 1999/30/CE. Si osserva infatti che tutti i limiti sono rispettati compreso il limite orario per la protezione della salute che sarà in vigore nel 2005 ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In conclusione il parametro  $\text{SO}_2$  non rappresenta più una criticità per il territorio della provincia di Torino, occorrerà comunque nel corso dei prossimi anni continuare il monitoraggio di questo parametro in alcuni siti strategici al fine di controllare il mantenimento del risultato raggiunto.

Per una visualizzazione più immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 9 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di  $\text{SO}_2$  misurate negli anni 1998, 1999 e 2000.

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 25/11/94) indice: media delle conc. Medie di 24 h periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 125( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Numero superamenti livello di allarme (D.M. 25/11/94) indice: media delle conc. Medie di 24 h periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 250( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite (D.P.R. 203/88) indice: mediana delle conc. medie di 24 h periodo di osservazione: * valore di riferimento: 80( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Numero superamenti valori guida (D.P.R. 203/88) indice: valore medio delle 24 h periodo di osservazione: giorno valore di riferimento: 100-150 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valori guida (D.P.R. 203/88) indice: media aritmetica delle conc. Medie di 24 h periodo di osservazione: * valore di riferimento: 40-60( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite (D.P.R. 203/88) indice: 98° percentile periodo di osservazione: * valore di riferimento: 250( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								
			1998	1999	2000							1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999
Beinasco	Via S.Pellico,5	B	3,1	6,7	6,4	0	0	0	0,3	2,7	5,8	0	0	2,5	6,6	6,4	15,2	42	23
Ciriè	Via Teneschie, 2	B	6,8	5,7	6,3	0	0	0	5,5	3,1	5,3	0	0	7,3	4,5	7,0	25,6	25	24
Druento	Cascina Peppinella	A	6,8	4,9	6,8	0	0	0	8,3	4,4	7,8	0	0	6,9	4,4	7,8	16,2	18	22
Grugliasco	Via Roma, 15	B	7,4	5,4	8,6	0	0	0	6,3	4,0	8,9	0	0	8,1	6,0	8,7	28,5	24	25
Ivrea	Pizza Freguglia	B-C	7,9	6,4	6,6	0	0	0	9,4	4,5	5,2	0	0	9,4	5,7	6,8	19	26	24
TO Consolata	Via Consolata, 10	B-C	15	9,7	7,7	0	0	0	12,1	6,8	7,0	0	0	16,1	9,1	7,6	45,1	37	26
TO Rebaudengo	Pizza Rebaudengo	B-C	20	7,9	6,8	0	0	0	15,3	5,2	6,6	0	0	19,2	9,1	7,5	53,5	39	28

**TABELLA 16: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.**

\* Il D.P.R. 203 prevede che il periodo di osservazione considerato sia compreso fra il 1 Aprile e il 31 Marzo dell'anno successivo, i valori presentati si riferiscono al periodo compreso fra il 1 Gennaio e il 31 Dicembre.



STAZIONE	VALORI MASSIMI DATATI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	1998		1999		2000	
	Beinasco	<b>92</b>	31 marzo h 12:00	<b>117</b>	29 dicembre h 13:00	<b>44</b>
Ciriè	<b>146</b>	18 dicembre h 16:00	<b>120</b>	10 febbraio h 12:00	<b>57</b>	6 gennaio h 13:00
Druento	<b>63</b>	18 dicembre h 14:00	<b>43</b>	25 dicembre h 12:00	<b>40</b>	16 febbraio h 11:00
Grugliasco	<b>175</b>	15 dicembre h 16:00	<b>76</b>	25 dicembre h 12:00	<b>50</b>	23 febbraio h 14:00
Ivrea	<b>49</b>	7 dicembre h 08:00	<b>59</b>	1 dicembre h 11:00	<b>55</b>	3 marzo h 20:00
TO Consolata	<b>210</b>	17 dicembre h 16:00	<b>94</b>	29 gennaio h 08:00	<b>63</b>	20 gennaio h 14:00
TO Rebaudengo	<b>231</b>	31 marzo 11:00	<b>114</b>	4 gennaio h 12:00	<b>76</b>	24 gennaio h 13:00

TABELLA 17: biossido di zolfo, valori massimi datati.

STAZIONE	Numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute <b>500 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> da non superare più di 24 volte nell'anno civile (valore in vigore per l'anno 2000)		Numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute <b>350 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> da non superare più di 24 volte nell'anno civile (valore in vigore per l'anno 2005)		Numero di superamenti del valore limite giornaliero (media giornaliera delle 24 ore) per la protezione della salute <b>125 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> da non superare più di 3 volte nell'anno civile (valore in vigore per l'anno 2005)		Confronto con il valore limite per la protezione degli ecosistemi <b>20 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> (periodo di riferimento 1/1/00 - 31/3/00 e 1/10/00 - 31/12/00)		Numero di superamenti della soglia di allarme <b>500 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
	n. sup	Risp.lim	n. sup	Risp.lim	n. sup	Risp.lim	valore	Risp.lim	n. sup
Beinasco	0	si	0	si	0	si	7,0	si	0
Ciriè	0	si	0	si	0	si	10,3	si	0
Druento	0	si	0	si	0	si	8,3	si	0
Grugliasco	0	si	0	si	0	si	8,9	si	0
Ivrea	0	si	0	si	0	si	9,1	si	0
TO Consolata	0	si	0	si	0	si	10,7	si	0
TO Rebaudengo	0	si	0	si	0	si	9,5	si	0

TABELLA 18: biossido di zolfo, confronto con la normativa europea 99/30/CE.

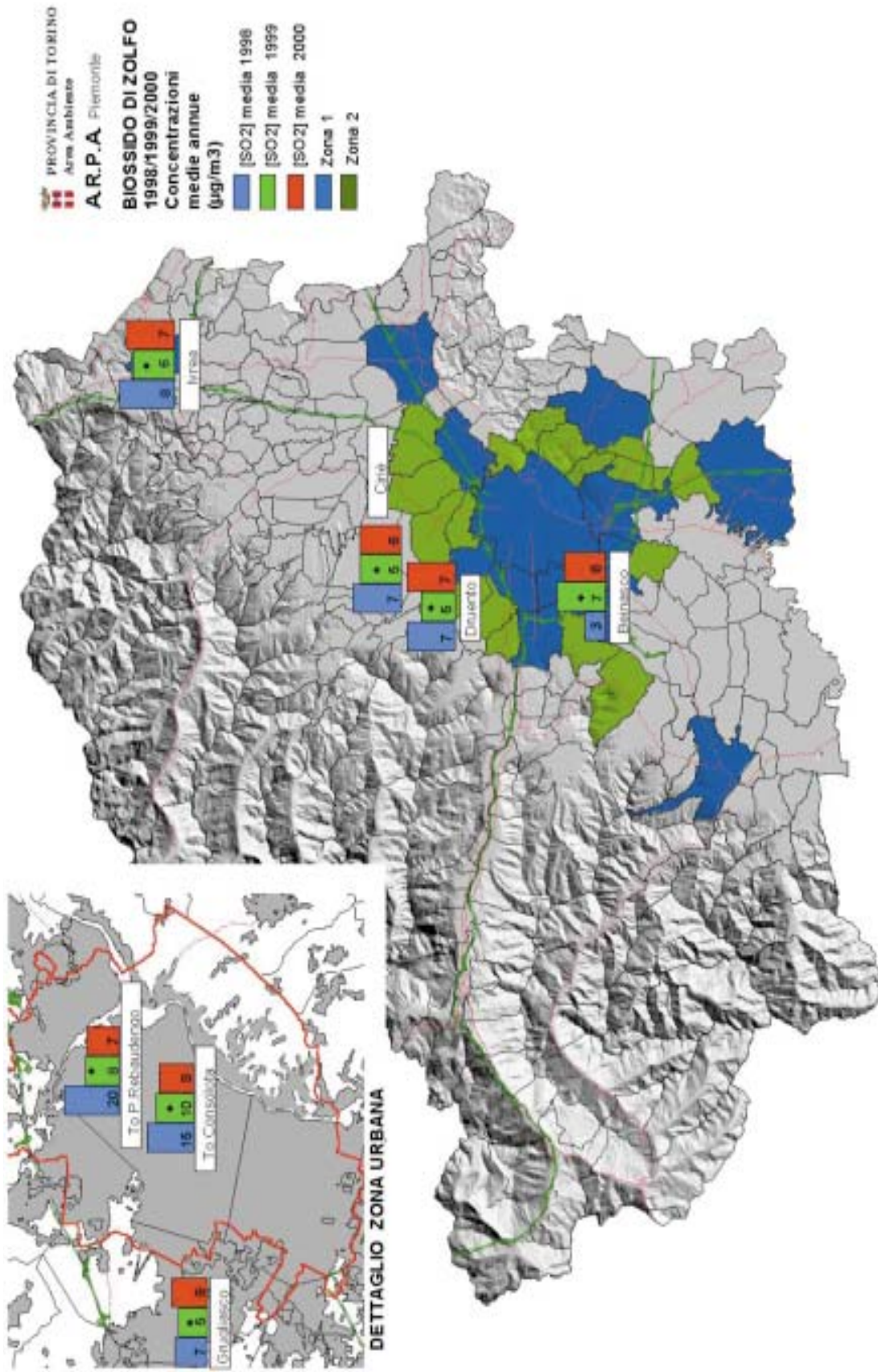


FIGURA 9: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> misurate negli anni 1998, 1999 e 2000.

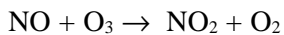
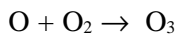
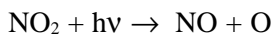
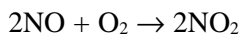
## DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu, dotato di un elevato potere ossidante.

L'ozono si concentra nella stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 chilometri dal suolo e la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole e dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono".

L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di una elevata temperatura.

L'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto e che sono così riassumibili in forma semplificata:



Inoltre la presenza di composti organici volatili sposta gli equilibri delle reazioni precedenti producendo elevate quantità di ozono. Nel corso di queste reazioni i composti organici si trasformano in aldeidi, perossidi, chetoni, acidi organici, perossiacilnitrati, nitrati alchilici ecc.

Tutte le sostanze coinvolte in questa complessa serie di reazioni costituiscono nel loro insieme il cosiddetto smog fotochimico.

## DANNI CAUSATI

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie.

L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane (alcune specie vegetali, particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della formazione di smog fotochimico).

## METODO DI MISURA

L'ozono è analizzato per assorbimento di radiazioni ultraviolette (UV). Il metodo si basa sull'assorbimento caratteristico di radiazioni UV ad una lunghezza d'onda di 254 nm, da parte delle molecole di ozono. La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di ozono ed è misurata da un apposito rivelatore.

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

## ESAME DEI DATI

Nel corso dell'anno 2000, così come nei due anni precedenti, non si sono verificati superamenti del livello di allarme in nessuno dei siti monitorati mentre il livello di attenzione è stato frequentemente superato in tutti i siti oggetto del rilevamento.

Oltre al livello di attenzione sono stati superati i valori di riferimento relativi alla protezione della salute e della vegetazione previsti dal D.M.16/5/96.

Particolare rilievo assume l'elevato numero dei superamenti del livello di protezione della salute ( $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verificato esaminando la media consecutiva su 8 ore, calcolata sulla base dei dati orari



ed aggiornata ogni ora). In relazione a tale livello, che rappresenta un indice di esposizione sul medio periodo, è di particolare interesse il sito di Pino Torinese presenta un'occorrenza tripla di superamenti rispetto agli altri siti di pianura.

Un discorso simile può essere fatto per i superamenti del livello di protezione della vegetazione, che evidenziano situazioni di rischio per la flora.

Presso tutte le postazioni equipaggiate per la misura dell'ozono si osservano andamenti sostanzialmente simili, infatti, i valori relativi alle medie su lungo periodo, il numero dei superamenti dei valori di riferimento definiti dalla normativa in vigore e i valori massimi rilevati sono assolutamente paragonabili.

Le uniche stazioni che presentano valori e andamenti diversi sono le stazioni di Torino Lingotto e di Pino T.se. La prima, fra tutti i siti monitorati, rappresenta sicuramente il sito meno critico, tale caratteristica deriva dalla collocazione spiccatamente urbana della stazione. È infatti noto che in un contesto urbano la formazione di ozono sia favorita dalla presenza di composti organici volatili che ne sono precursori, tali sostanze però, in virtù della loro tendenza all'ossidazione, ne provocano contestualmente un parziale consumo, i due processi così combinati impediscono il verificarsi di fenomeni di accumulo e la conseguente formazione di elevate concentrazioni di ozono.

La criticità del sito di Pino Torinese, caratterizzato da una elevatissima persistenza notturna di valori elevati e comunque sempre più elevati di quelli misurati a bassa quota presso le altre stazioni, è verosimilmente legata a fenomeni di trasporto verticale sia dell'ozono formatosi al suolo sia dei precursori emessi dal tessuto urbano.

La distribuzione spaziale dei dati presentata in figura 12 dimostra che, con le eccezioni legate ai fenomeni appena discussi, l'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e a differenza di quanto avviene per gli altri inquinanti come il biossido di zolfo, il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto, la situazione esterna al comune di Torino è in generale più critica di quanto sia quella in Torino. Queste considerazioni sono inoltre confermate dai risultati dalle campagne di monitoraggio effettuate nel territorio provinciale con l'ausilio del mezzo mobile.

Tale situazione è legata all'origine secondaria dell'inquinante, l'ozono infatti non viene emesso direttamente da fonti antropiche ma viene sintetizzato nell'atmosfera all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto e i composti organici volatili (COV). La presenza di ozono in una determinata zona del territorio è quindi funzione di una nutrita serie di parametri che ne regolano la sintesi, il trasporto e la distribuzione sia in senso spaziale che temporale.

Per quanto riguarda la distribuzione temporale dei dati, presentata in figura 13, si osserva che l'inquinamento da ozono è caratteristico dei mesi caldi ed in particolare del trimestre estivo (giugno, luglio e agosto). Tutto questo è legato alla reattività dell'inquinante che aumenta di concerto con la temperatura e l'irraggiamento solare.

L'analisi dei rilevamenti effettuati negli ultimi 3 anni indica che il 2000 è stato un anno particolarmente critico per quanto riguarda gli episodi acuti di inquinamento da ozono. È stato infatti calcolato un indice di criticità complessivo sull'anno (percentuale di rilevamenti superiori al livello di attenzione calcolata sul totale dei dati validi) di 1,54 e di 3,70 nel periodo maggio-settembre. Tali valori sono paragonabili a quanto rilevato nel corso del 1998 (anno che ha presentato un indice di criticità annuale di 1,34 e estivo di 3,15) e sicuramente peggiori rispetto al 1999 che è stato un anno parzialmente risparmiato da fenomeni di inquinamento da ozono (indice di criticità annuale di 0,84 e estivo di 2,00). Tali differenze sono sicuramente dipendenti dalle diverse condizioni meteorologiche che si sono verificate nel corso degli ultimi tre anni.

Analizzando il grafico in figura 10, nel quale sono riportati gli andamenti della piovosità media e della media delle temperature massime relative al periodo estivo degli anni 1998, 1999 e 2000 si può osservare che gli anni 1998 e 2000 presentano complessivamente delle temperature maggiori e una piovosità inferiore rispetto all'anno 1999.

Tali osservazioni giustificano e spiegano gli andamenti rilevati nelle concentrazioni di ozono negli ultimi tre anni.

Per quanto riguarda l'inquinante in oggetto non è possibile individuare un trend in diminuzione delle concentrazioni nell'ultimo periodo. Tale tendenza alla stazionarietà è dovuta principalmente alla stabilità delle concentrazioni degli ossidi di azoto presenti in atmosfera che rappresentano il precursore principale dell'ozono e che come precedentemente evidenziato nell'ultimo periodo non hanno mostrato significative diminuzioni.

Le oscillazioni delle concentrazioni di ozono sono pertanto legate alla variabilità delle condizioni meteo e alla loro imprevedibilità.

È necessario dunque affrontare il "problema" ozono alla radice cercando di sviluppare azioni e interventi strutturali che abbiano come obiettivo la riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto e che, nel breve periodo, siano mirate ad informare la popolazione sui rischi legati all'inquinamento da ozono e a promuovere comportamenti che ne limitino gli effetti.

In figura 11 è rappresentata una cartina riportante i valori delle medie delle concentrazioni di O<sub>3</sub> rilevate nei mesi estivi misurate negli anni 1998 - 2000.

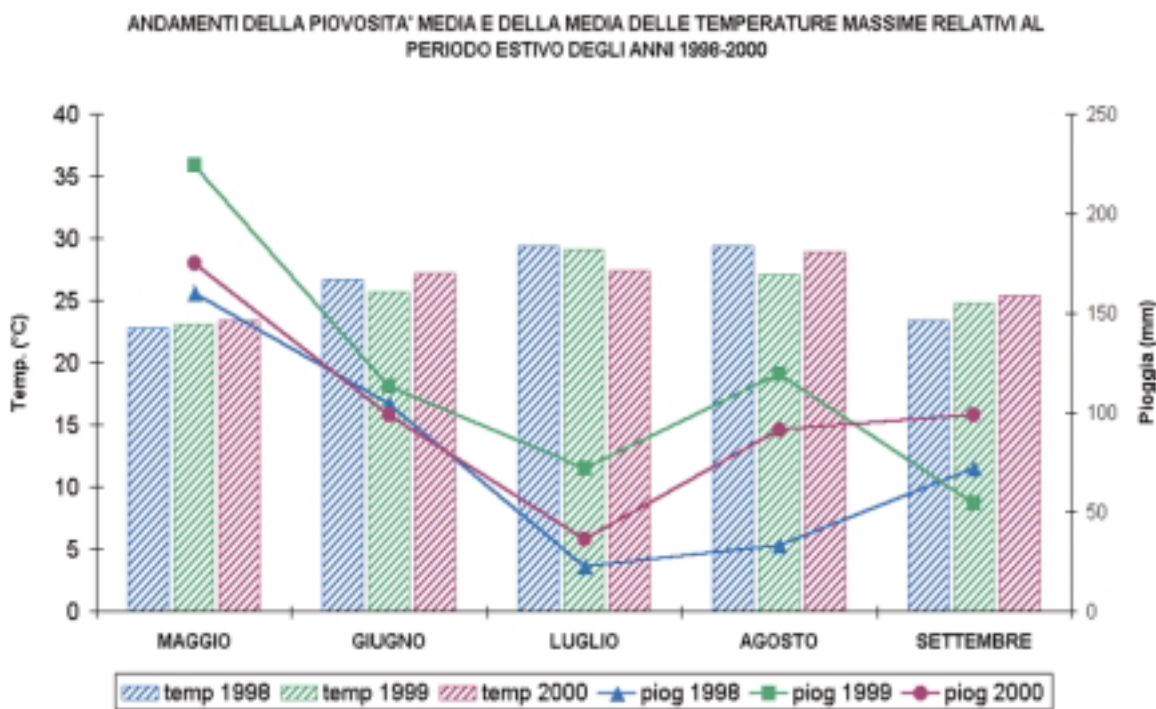


FIGURA 10: andamenti della piovosità media e della media delle temperature massime relative al periodo estivo degli anni 1998 - 2000.

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 25/11/94) indice: conc. media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 180 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di allarme (D.M. 25/11/94) indice: conc. media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 360 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di protezione della salute (D.M. 16/05/96) indice: media (mobile trascinata) di 8 ore periodo di osservazione: un mese valore di riferimento: 110 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di protezione vegetazione (D.M. 16/05/96) indice: media oraria periodo di osservazione: un'ora valore di riferimento: 200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Numero superamenti livello di protezione vegetazione (D.M. 16/05/96) indice: media giornaliera periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 65 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
			1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Alpignano	Via F.Baracca, 12	D	49	53	47	85	98	32	0	0	0	516	648	246	40	15	103	115	52	
Borgaro	Via Italia	B-D	43	53	52	11	88	150	0	0	0	210	629	942	2	27	48	103	131	
Druento	Cascina Peppinella	A	48	39	52	62	18	156	0	0	0	365	153	847	27	9	62	41	130	
Orbassano	Via Gozzano	B-D	55	47	50	184	78	138	0	0	0	768	535	969	72	35	65	82	127	
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	48	43	42	44	20	46	0	0	0	424	573	580	8	0	80	103	92	
Pino Torinese	Oss. Astronomico	D	94	90	86	167	102	130	0	0	0	1979	2635	2409	31	18	207	261	244	
Vinovo	Via Garibaldi, 3	D	44	49	45	95	10	104	0	0	0	576	631	844	31	0	87	94	112	

TABELLA 19: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

STAZIONE	VALORI MASSIMI DATATI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
	1998			1999			2000	
Alpignano	258	20 giugno h 15:00	246	20 luglio h 15:00	245	3 giugno h 13:00		
Borgaro	227	8 agosto h 13:00	235	9 settembre h 14:00	251	19 giugno h 14:00		
Druento	267	8 agosto h 17:00	236	14 settembre h 15:00	285	19 giugno h 15:00		
Orbassano	305	24 luglio h 15:00	268	2 luglio h 13:00	289	20 giugno h 13:00		
TO Lingotto	243	12 agosto h 14:00	200	27 luglio h 15:00	225	20 giugno h 13:00		
Pino Torinese	240	12 luglio h 17:00	233	2 luglio h 22:00	220	12 settembre h 16:00		
Vinovo	239	25 luglio h 17:00	193	9 giugno h 17:00	240	20 giugno h 12:00		

TABELLA 20: ozono, valori massimi datati.

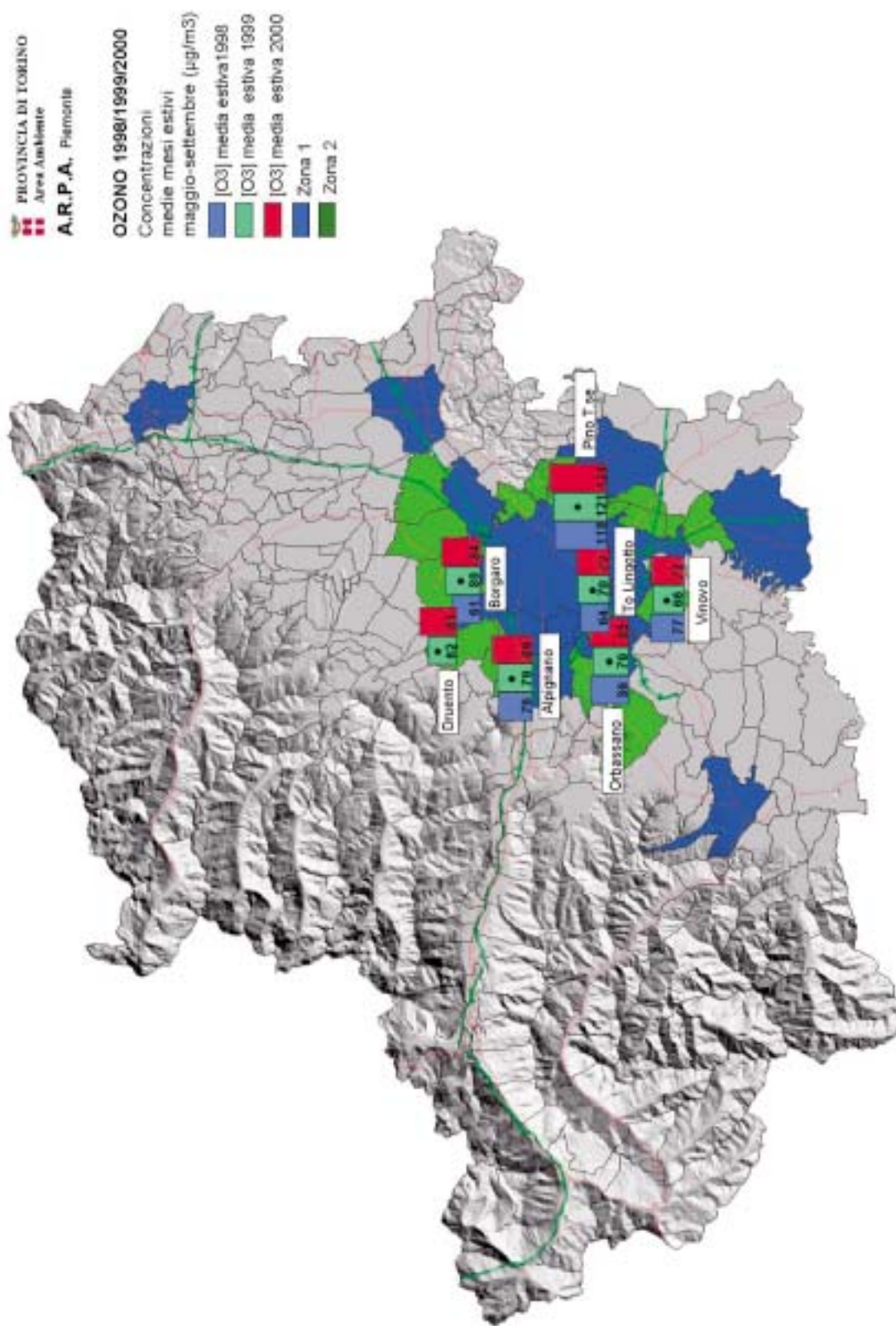


FIGURA 11: carta riportante il valore medio delle concentrazioni medie di O<sub>3</sub> misurate nei mesi estivi (maggio-settembre) negli anni 1998, 1999 e 2000.



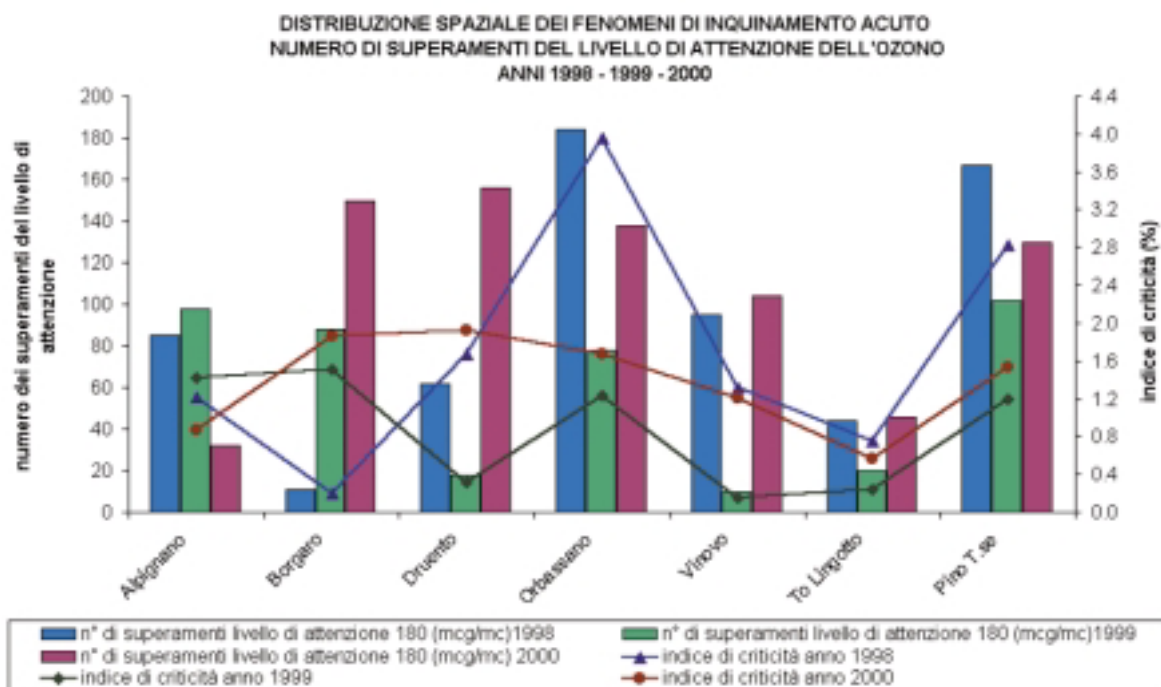


FIGURA12: ozono, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

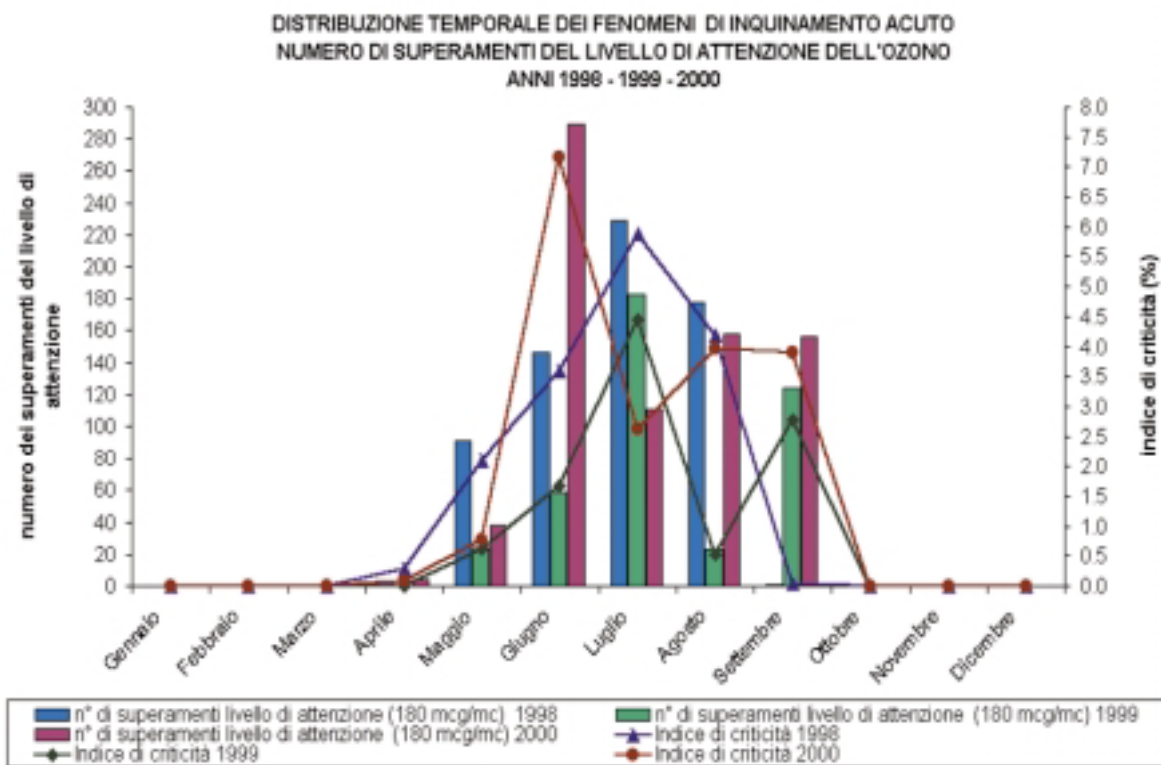


FIGURA 13: ozono, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto  
N.B.: per la stazione di Alpiignano le elaborazioni si riferiscono ai primi 6 mesi dell'anno 2000.



## DESCRIZIONE

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio e lo zinco sono in generale originati prevalentemente da fonti industriali, il rame e il nichel dai processi di combustione, il piombo dalle emissioni autoveicolari. Il ferro proviene dall'erosione dei suoli, dall'utilizzo di combustibili fossili e dalla produzione di leghe ferrose.

## DANNI CAUSATI

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

Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

## METODO DI MISURA

Il particolato sospeso presente in un volume noto di aria viene raccolto su filtri in fibra di vetro o di quarzo, i quali sono sottoposti a mineralizzazione mediante acido nitrico. Sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante spettrofotometria di assorbimento atomico.

## ESAME DEI DATI

Nell'anno 2000 sono stati effettuati complessivamente 317 prelievi in quattro differenti siti.

Nel comune di Torino sono stati individuati due punti di campionamento: uno presso l'I.T.I. Grassi ubicato in una zona ad elevato traffico veicolare prossima ad insediamenti industriali, l'altro in via della Consolata in una zona tipicamente urbana.

Per la caratterizzazione delle aree extra-urbane sono stati esaminati i comuni di Carmagnola e Buttigliera.

Per un'analisi corretta dei dati occorre considerare che:

- nel calcolo delle medie i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati posti pari al limite stesso;
- presso la stazione di Carmagnola a causa di problemi tecnici strumentali, i dati sono stati misurati solo a partire dal mese di aprile. Pertanto sono assenti i valori relativi ai primi tre mesi dell'anno, critici dal punto di vista meteorologico. Ciò comporta una sottostima della concentrazione media annuale dei metalli;
- le concentrazioni annuali dello zinco misurate presso le due stazioni di Torino potrebbero essere sottostimate in quanto mancano i valori dei primi tre mesi dell'anno.

I dati rilevati, calcolati sulla base di prelievi di 24 ore, sono riportati nelle tabelle 21 - 24.

STAZIONE DI TORINO ( I.T.I. Grassi)	Cadmio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
ANNO 2000	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc
n° prelievi	84	84	84	84	84
valore minimo	0.001	0.02	0.06	0.04	0.07
valore medio	0.003	0.03	0.10	0.07	0.10
valore massimo	0.020	0.10	0.20	0.10	0.20

TABELLA 21: concentrazioni dei metalli campionati nel particolato atmosferico presso la stazione di Torino - I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto - Anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (via della Consolata)	Cadmio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
ANNO 2000	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc
n° prelievi	84	84	84	84	84
valore minimo	0.0004	0.01	0.03	0.03	0.06
valore medio	0.0009	0.02	0.07	0.06	0.10
valore massimo	0.0020	0.05	0.10	0.09	0.20

TABELLA 22: concentrazioni dei metalli campionati nel particolato atmosferico presso la stazione di Torino - Consolata , via della Consolata - Anno 2000.

STAZIONE DI CARMAGNOLA	Cadmio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
ANNO 2000	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc
n° prelievi	63	63	63	63	63
valore minimo	0.0004	0.004	0.01	0.05	0.06
valore medio	0.0004	0.005	0.02	0.05	0.30
valore massimo	0.0006	0.008	0.04	0.06	0.70

TABELLA 23: concentrazioni dei metalli campionati nel particolato atmosferico presso la stazione di Carmagnola - Anno 2000.

STAZIONE DI BUTTIGLIERA	Cadmio	Ferro	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
ANNO 2000	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc
n° prelievi	86	86	86	86	86	86
valore minimo	0.0004	0.2	0.0004	0.01	0.01	0.02
valore medio	0.0006	1.0	0.0100	0.06	0.03	0.20
valore massimo	0.0010	4.0	0.0500	0.30	0.20	0.60

TABELLA 24: concentrazioni dei metalli campionati nel particolato atmosferico presso la stazione di Buttigliera - Anno 2000.

L'unico metallo per il quale esiste un riferimento nella normativa italiana è il piombo, per il quale è previsto un valore limite come media annuale di  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il valore medio annuo più alto rilevato nell'anno 2000 è stato rilevato presso la stazione I.T.I. Grassi ed è pari a  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore di un ordine di grandezza rispetto al valore limite. La situazione decisamente positiva per quanto riguarda l'esposizione della popolazione al piombo aerodisperso è confermata dal fatto che anche il valore mensile più elevato rilevato durante l'anno,  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella stazione I.T.I. Grassi nel mese di gennaio, è significativamente inferiore al valore limite di  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  previsto dalla Direttiva 1999/30/CE.

Significativi per quanto riguarda l'andamento stagionale, sono i dati contenuti nel grafico rappresentato in figura 14, relativi alla concentrazione media mensile del piombo campionato presso la stazione di Consolata. Risulta evidente che la concentrazione di piombo dipende in modo rilevante dalle condizioni meteorologiche presenti nel corso dell'anno.

Per quanto riguarda il cadmio i valori rilevati nei siti di via della Consolata, Carmagnola e Buttigliera si collocano, in base ai dati forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, ai limiti più bassi dell'intervallo di concentrazioni rilevati nelle aree urbane europee, mentre il valore rilevato presso la stazione I.T.I. Grassi risulta essere sensibilmente più elevato ma comunque compreso nell'intervallo di concentrazione tipico delle aree urbane.

I valori di nichel sono quelli tipici di un'area urbana per tutti e quattro i siti.

I valori di rame, zinco e ferro, quest'ultimo rilevato solo nel comune di Buttigliera, sono superiori a quelli rilevabili in un sito remoto, e ciò indica un contributo legato alle attività umane, ma le concentrazioni non sono di particolare rilievo per l'impatto sulla salute umana.

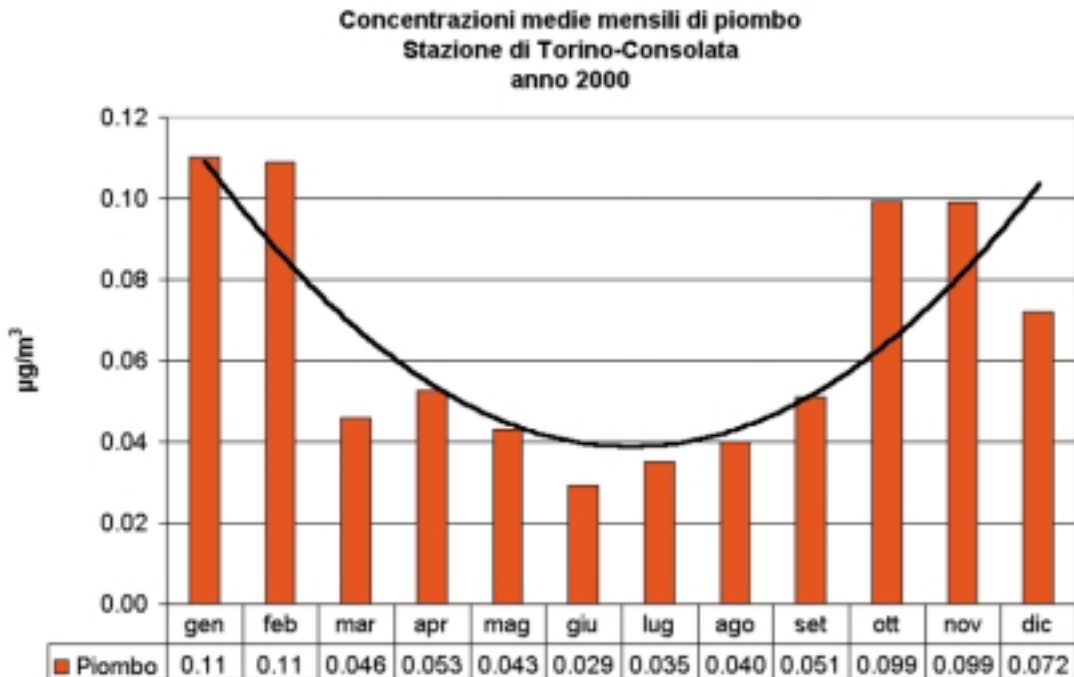


FIGURA 14: andamento stagionale della concentrazione dei metalli.

### DESCRIZIONE

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.

### DANNI CAUSATI

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.

### METODO DI MISURA

Le misure nella stazione posta nella città di Torino sono state effettuate mediante un sistema gascromatografico in continuo dotato di rivelatore a ionizzazione di fiamma.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di benzene è microgrammi 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  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### ESAME DEI DATI

L'analisi del benzene è stata compiuta storicamente con prelievi discontinui tramite fiale di carbone attivo e a partire dal 1995, a Torino, anche con procedure automatiche. Per quanto riguarda la stazione di via Consolata le concentrazioni misurate nel 2000 sono ulteriormente calate (figura15), fino ad ottenere un valore medio annuo di  $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre nell'anno precedente il valore era di  $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e nel 1998 di  $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La continua diminuzione delle concentrazioni è stata causata sia dall'introduzione del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine, introdotto nel mese di luglio 1998, sia dall'aumento nel tempo della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Il dato dell'anno 2000 è sottostimato in quanto nei mesi di novembre e dicembre lo strumento ha sofferto malfunzionamenti. Operando una estrapolazione basata sui rimanenti mesi si ottiene un valore medio annuo di  $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore che si colloca al di sotto del limite di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dall'esame dei dati misurati in questa stazione si può osservare che i valori di concentrazione di altri idrocarburi aromatici che non sono oggetto di normative specifiche, indicano un'analogia di comportamento col benzene e che tali concentrazioni, per i soli idrocarburi toluene e o,m,p-xilene, giungono a valori di 4-6 volte superiori a quelli del benzene.

Concentrazioni medie annue di benzene  
stazione di Torino- Consolata  
(1998 - 2000)

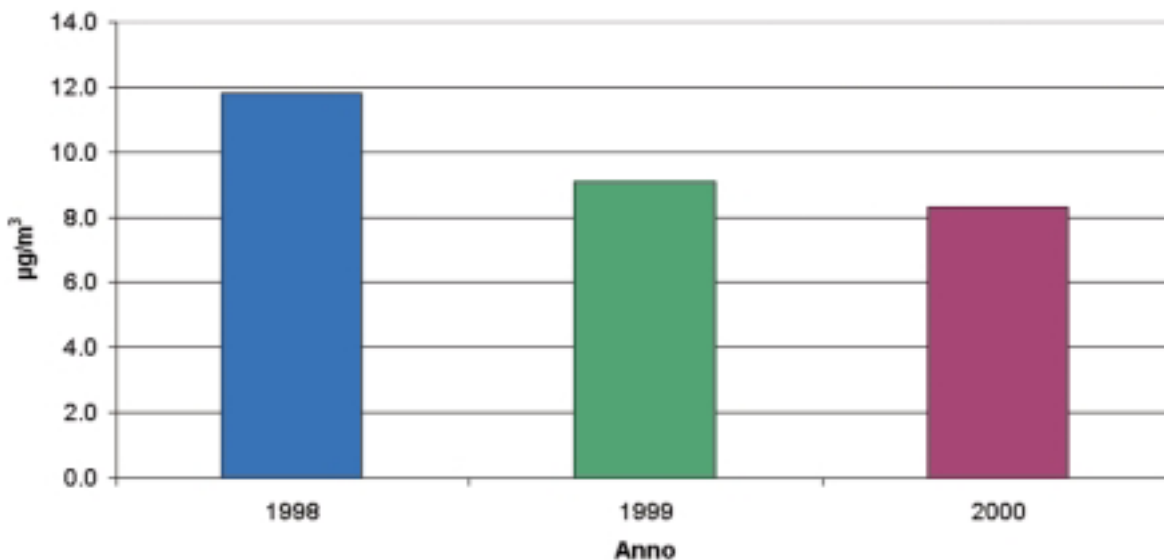


FIGURA 15: concentrazioni medie annue di benzene rilevate presso la stazione di Torino-Consolata nel triennio 1998-2000.

## PARTICOLATO SOSPESO

### DESCRIZIONE

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 (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana) ecc.. Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il traffico autoveicolare urbano contribuisce in misura considerevole all'inquinamento da particolato sospeso con l'emissione in atmosfera di fuliggine, cenere e particelle incombuste di varia natura. Tale particolato, inoltre, costituisce il principale veicolo di diffusione di altre sostanze nocive.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio.

In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

Per queste ragioni il Decreto Ministeriale 25/11/94 ha affiancato alla tradizionale misura del particolato sospeso quella del particolato PM10, cioè della frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, e la direttiva europea 30/1999/CE prevede dei limiti esclusivamente per la frazione PM10.



## DANNI CAUSATI

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti, enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici.

## METODO DI MISURA

Sia il particolato totale sia la frazione PM10 vengono misurati mediante raccolta su filtro in condizioni standardizzate e determinazione gravimetrica (pesata) delle polveri filtrate. Nel caso della frazione PM10 la testa dell'apparecchiatura di prelievo ha una particolare geometria definita in modo tale che sul filtro siano trattenute solo le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

## ESAME DEI DATI

### Frazione PM10

In quattro siti su cinque viene nettamente superato l'obiettivo di qualità su base annuale pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Il valore che rispetta tale obiettivo è relativo al sito di Castagneto Po, in cui la media annuale è pari a 27 µg/m<sup>3</sup> (tabelle 25, 27, 29, 31, 33). In relazione a tale sito va inoltre rilevato che, in base alle indagini sulla composizione del particolato effettuate negli anni precedenti e alle caratteristiche stesse del sito, il particolato risulta in massima parte di origine naturale.

Nelle tabelle 26, 28, 30, 32, 34 è riportato il confronto, oltre che con la normativa italiana vigente, anche con quanto previsto dalla Direttiva 1999/30/CE.

L'allegato III di tale Direttiva prevede un numero massimo di 35 giorni/anno (circa il 9,5 % del totale, cioè circa un prelievo ogni dieci) di superamento del valore di 50 µg/m<sup>3</sup>, da raggiungere entro il 1 gennaio 2005, ed un valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale da raggiungere entro la stessa data. Entro il 2010 è previsto inoltre che il valore di 50 µg/m<sup>3</sup> non venga superato più di sette volte l'anno e che la media annuale non superi il valore di 20 µg/m<sup>3</sup>.

Nelle tabelle è stato inoltre riportato per confronto il numero di giorni di superamento della soglia di 75 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera, in quanto la medesima direttiva indica un margine di tolleranza iniziale del 50% del valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup>.

Tutte le stazioni presentano, anche considerando il margine di tolleranza, una percentuale di superamenti compresa tra pochi punti percentuali e il 45% circa del totale dei giorni monitorati e quindi superiore a quanto previsto dalla Direttiva.

La situazione generale conferma che il PM10 risulta uno degli inquinanti a maggiore criticità, specialmente nel contesto urbano anche in considerazione della difficoltà di attuare politiche di risanamento, e della necessità di un approfondimento della conoscenza del contributo delle varie fonti.

Nel breve termine un contributo efficace al risanamento è costituito, specie in ambito urbano, da tutte quelle misure atte a tenere sotto controllo le emissioni dei veicoli con motore diesel, come quelle contenute nella Legge Regionale n. 43 del 7 aprile 2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" che prevede il controllo periodico obbligatorio a partire dal 1.7.2001 delle emissioni degli autoveicoli su tutto il territorio regionale ("bollino blu").

### Particelle sospese totali

A livello di distribuzione spaziale, il limite di attenzione (150 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera) è stato superato in tutte le stazioni urbane in cui sono posizionate stazioni fisse, mentre il livello di allarme (300 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera) è stato superato solo nelle stazioni di Piazza Rivoli e Str. Aeroporto. In una stazione si è avuto un solo superamento, Piazza Rivoli, mentre nell'altro si sono registrati oltre dieci superamenti (tabelle 35 - 39).

Nel complesso la situazione appare leggermente peggiorata rispetto al 1999 a causa delle sfavorevoli condizioni meteorologiche dell'anno 2000; sulla rete fissa i superamenti totali del limite di attenzione

sono globalmente saliti da 279 a 362 (nel 1998 erano 413, con un'aumento del 30%) mentre i superamenti totali del limite di allarme sono raddoppiati, passando da 6 a 12.

In nessuna delle stazioni fisse è stato però superato il valore limite riferito all'esposizione a lungo termine ( $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come 95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore), tale situazione è analoga a quella verificatasi lo scorso anno.

A livello di distribuzione temporale dei dati, i 12 superamenti totali del livello di allarme sono tutti concentrati nei mesi invernali, mentre quelli del livello di attenzione coprono un arco temporale più ampio che va da ottobre a marzo, con sporadici superamenti, in alcune stazioni, anche nei mesi primaverili e estivi.

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) STAZIONE DI BUTTIGLIERA			
	1998	1999	2000
n° prelievi	26	49	44
valore minimo	13	11	8
valore medio	60	53	44
valore massimo	154	154	192

TABELLA 25 : stazione di Buttigliera Alta - parametro PM10 - valutazione statistica

STAZIONE DI BUTTIGLIERA	Confronto anno 2000 con valori indicati dalla direttiva 1999/30/CE	
	NUMERO	%
prelievi con conc.> $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11	25
prelievi con conc.> $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	11

TABELLA 26: stazione di Buttigliera Alta - parametro PM10 - confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) STAZIONE DI CARMAGNOLA			
	1998	1999	2000
n° prelievi	31	54	93
valore minimo	20	13	12
valore medio	91	71	46
valore massimo	223	188	111

TABELLA 27: stazione di Carmagnola - parametro PM10 - valutazione statistica.

STAZIONE DI CARMAGNOLA	Confronto anno 2000 con valori indicati dalla direttiva 1999/30/CE	
	NUMERO	%
prelievi con conc.> $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	34	37
prelievi con conc.> $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	8	9

TABELLA 28: stazione di Carmagnola - parametro PM10 - confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) STAZIONE DI CASTAGNETO PO		
	1999	2000
n° prelievi	45	43
valore minimo	4	5
valore medio	43	27
valore massimo	105	74

TABELLA 29: stazione di Castagneto Po - parametro PM10 - valutazione statistica.

STAZIONE DI CASTAGNETO PO Confronto anno 2000 con valori indicati dalla direttiva 1999/30/CE		
	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4	9
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0

TABELLA 30: stazione di Castagneto Po - parametro PM10 - confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.

STAZIONE DI TORINO (Via della Consolata) anno 2000													
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	356	28	29	29	30	31	30	31	31	29	28	29	31
valore minimo	8	32	16	11	17	26	26	18	8	21	20	22	41
valore medio	71	132	118	74	44	51	60	44	40	63	75	69	91
valore massimo	222	189	222	146	78	72	111	76	62	136	168	156	167
n° sup. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	214	27	25	20	9	16	18	9	7	20	15	19	29
n° sup. 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	117	26	20	13	1	0	6	1	0	7	12	11	20

TABELLA 31: stazione di Torino (Via della Consolata) - parametro PM10 - valutazione statistica anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (via della Consolata) Confronto anno 2000 con valori indicati dalla direttiva 1999/30/CE		
	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	214	60
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	117	33

TABELLA 32: stazione di Torino (Via della Consolata) - parametro PM10 - confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.

STAZIONE DI TORINO (I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto) anno 2000													
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	333	29	27	27	30	30	30	30	31	30	17	29	23
valore minimo	10	75	39	40	22	30	21	23	18	23	10	24	47
valore medio	82	130	133	93	63	65	73	58	43	75	59	91	103
valore massimo	222	193	222	162	121	111	128	92	71	156	114	177	177
n° sup. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	264	29	25	26	22	23	28	22	9	21	10	27	22
n° sup. 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	151	28	21	17	10	8	12	3	0	14	4	17	17

TABELLA 33: stazione di Torino (I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto) - parametro PM10 - valutazione statistica anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (I.T.I. Grassi) Confronto anno 2000 con valori indicati dalla direttiva 1999/30/CE		
	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	264	79
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	151	45

TABELLA 34: stazione di Torino (I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto) - parametro PM10 - confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.

Nota: per ragioni tecniche non è stato possibile effettuare prelievi nei siti di Buttigliera, Carmagnola e Castagneto Po nelle giornate domenicali, per cui le medie annuali risultano presumibilmente affette da una sovrastima

STAZIONE DI TORINO (Via della Consolata) anno 2000													
PT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	304	26	28	24	25	28	28	25	29	17	20	29	25
valore minimo	28	76	44	33	30	31	40	35	29	34	36	28	63
valore medio	104	155	172	112	81	80	88	76	66	86	124	94	109
valore massimo	268	250	268	207	119	135	163	137	129	148	254	205	187
n° sup. liv. attenzione	51	15	18	3	0	0	1	0	0	0	6	3	5
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	213												

TABELLA 35: stazione di Torino (Via della Consolata) - parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (Parco di Vittorio) anno 2000													
PT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	303	30	29	31	29	31	13	20	6	24	31	28	31
valore minimo	14	72	29	31	20	19	23	25	52	17	14	28	37
valore medio	86	145	136	101	50	58	77	62	59	69	77	77	89
valore massimo	244	224	244	175	86	95	154	159	70	141	176	201	168
n° sup. liv. attenzione	38	14	12	5	0	0	1	1	0	0	1	2	2
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	181												

TABELLA 36: stazione di Torino (Parco di Vittorio) - parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (Piazza Rebaudengo) anno 2000													
PT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	365	31	29	31	30	31	30	30	31	30	31	30	31
valore minimo	19	84	61	53	42	33	32	29	25	21	19	40	40
valore medio	103	171	168	126	79	76	82	66	53	88	108	103	117
valore massimo	264	253	264	262	135	125	138	118	80	195	236	218	192
n° sup. liv. attenzione	62	20	17	8	0	0	0	0	0	3	6	3	5
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	204												

TABELLA 37: stazione di Torino (Piazza Rebaudengo) - parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto) anno 2000													
PT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	358	31	29	31	27	31	30	31	30	29	30	29	30
valore minimo	24	103	45	24	40	39	29	37	35	37	32	45	50
valore medio	136	202	204	152	103	102	110	92	72	119	137	173	169
valore massimo	391	334	391	226	210	174	190	142	116	207	283	335	370
n° sup. liv. attenzione	124	26	22	17	4	1	4	0	0	7	12	15	16
n° sup. liv. allarme	11	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
95° percentile	278												

TABELLA 38: stazione di Torino (I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto) - parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 2000.

STAZIONE DI TORINO (Piazza Rivoli) anno 2000													
PT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Totali	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	297	31	29	28	0	30	20	22	28	30	25	24	30
valore minimo	22	118	60	58	0	49	29	36	25	30	22	34	40
valore medio	125	201	184	135	0	91	99	85	66	101	100	140	145
valore massimo	326	287	296	237	0	150	165	167	109	183	206	326	248
n° sup. liv. attenzione	87	27	18	10	0	0	3	1	0	3	5	8	12
n° sup. liv. allarme	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
95° percentile	246												

TABELLA 39: stazione di Torino (Piazza Rivoli) - parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 2000.



### DESCRIZIONE

Si ritrovano nell'atmosfera come residui di combustioni incomplete in impianti industriali, di riscaldamento e delle emissioni degli autoveicoli.

Dato il loro elevato punto di ebollizione (oltre 150°C) tali composti condensano rapidamente in aria e si ritrovano per la massima parte adsorbiti e veicolati da particelle carboniose (fuliggine) emesse dalle stesse fonti.

L'emissione di I.P.A. nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione.

La presenza di questi composti nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per pirosintesi ha origine durante il processo di combustione.

### DANNI CAUSATI

Un numero considerevole di idrocarburi policiclici aromatici presentano attività cancerogena. In particolare le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che nove persone su centomila esposte a una concentrazione di 1 ng/m<sup>3</sup> di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro.

### METODO DI MISURA

La frazione fine del particolato (PM10) contenuta in un volume noto di aria viene raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana viene sottoposta ad estrazione con cicloesano e analizzando l'estratto gli I.P.A. vengono quantificati mediante tecnica gascromatografica individuando i singoli componenti.

### ESAME DEI DATI

L'obiettivo di qualità dell'aria in vigore dal 1/1/99 per il benzo(a)pirene è pari a 1 ng/m<sup>3</sup> come media annuale. Per un esame corretto dei dati occorre considerare che:

- nel calcolo delle medie i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati posti pari al limite stesso.
- la stazione di Torino è situata in via della Consolata a circa 15 metri di altezza e quindi è rappresentativa di un fondo urbano.
- presso la stazione di Carmagnola, rappresentativa di una situazione extra-urbana, a causa di problemi tecnici strumentali, i dati sono stati misurati solo a partire dal mese di aprile. Pertanto sono assenti i valori relativi ai primi tre mesi dell'anno, ovvero ad uno dei due trimestri (il I ed il IV) più critici dal punto di vista meteorologico. Ciò comporta una sottostima della concentrazione media annuale relativa alla stazione di Carmagnola.

Volendo confrontare le concentrazioni medie annuali delle stazioni di via della Consolata e di Carmagnola, si può esaminare esclusivamente il periodo aprile-dicembre: dal confronto (0.7 ng/m<sup>3</sup> contro 0.4 ng/m<sup>3</sup>) si osserva comunque una concentrazione minore presso la stazione di Carmagnola rispetto a quella di via della Consolata.

L'obbiettivo di qualità è rispettato in entrambe le stazioni, come si può rilevare dalla tabelle 40 e 41, ma è ragionevole supporre che in siti caratterizzati da un elevato traffico veicolare questo non si verificerebbe.

Resta confermato quanto osservato negli anni precedenti, ovvero che le concentrazioni di benzo(a)pirene nei mesi freddi sono nettamente superiori a quelle relative ai mesi caldi, come riportato nella tabelle 40 e 41 (chiaramente per quanto riguarda la stazione di Carmagnola le considerazioni vanno riferite esclusivamente all'ultimo trimestre dell'anno) e che il loro andamento non è correlato a quello del PM10: se si calcolano i rapporti I.P.A./PM10 si osserva (tabella 42) che questi non sono costanti durante l'anno, ma aumentano nei mesi freddi.

Ciò indica che l'esposizione della popolazione varia nel corso dell'anno in maniera non trascurabile ed è funzione delle condizioni meteorologiche.

Per quanto riguarda l'andamento nel corso degli anni, si possono confrontare le medie annuali di benzo(a)pirene del triennio 1998-2000 presso le stazioni di Torino, Carmagnola e, ad ulteriore caratterizzazione della situazione extra-urbana, di Buttigliera (anche se la media annua è stata calcolata a meno del mese di gennaio, per il quale il dato non era disponibile a causa di problemi tecnici). Come si osserva in tabella 43 nel corso dell'ultimo anno la concentrazione di benzo(a)pirene è diminuita nella zona extra-urbana (pur considerando che i valori relativi alle stazioni di Buttigliera e Carmagnola sono sottostimati, come già illustrato), mentre ciò non è stato riscontrato presso la stazione urbana di via della Consolata. Non avendo a disposizione un'archivio storico sufficiente per poter considerare non accidentale tale andamento, restiamo in attesa di verificarlo con i dati relativi all'anno prossimo.

STAZIONE DI TORINO via della Consolata	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	MEDIA ANNUALE
	media di 12 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 11 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 10 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 7 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 11 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 9 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 7 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 9 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 8 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 8 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 9 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 7 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 108 campioni ng/m <sup>3</sup>
Benzo(b)fluorantrene	2	2	0.7	0.3	0.2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.6	0.9	1.6	0.7
Benzo(k)fluorantrene	2	1	0.5	0.2	0.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.4	0.5	0.9	0.4
<b>Benzo(a)pirene</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0.9</b>
Dibenzo(ah)antracene	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1
Benzo(ghi)perilene	4	2	2	0.8	0.4	0.1	0.06	0.06	0.06	0.9	1	2	1
Indeno(1,2,3-cd)pirene	3	2	0.8	0.4	0.2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.7	1	2	0.8

TABELLA 40: concentrazioni medie mensili ed annuale degli IPA presso la stazione di Torino (anno 2000).

STAZIONE DI CARMAGNOLA	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	MEDIA ANNUALE
				media di 8 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 10 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 12 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 10 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 11 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 11 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 8 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 10 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 9 campioni ng/m <sup>3</sup>	media di 89 campioni ng/m <sup>3</sup>
Benzo(b)fluorantrene				0.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.3	0.06	0.06	0.1
Benzo(k)fluorantrene				0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.2	0.5	0.9	0.2
<b>Benzo(a)pirene</b>				<b>0.2</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0.4</b>
Dibenzo(ah)antracene				0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Benzo(ghi)perilene				0.2	0.08	0.06	0.08	0.06	0.1	0.4	1	2	0.4
Indeno(1,2,3-cd)pirene				0.2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.3	0.9	1	0.4

TABELLA 41: concentrazioni medie mensili ed annuale degli IPA presso la stazione di Carmagnola (anno 2000).

MESE	RAPPORTO IPA totali/PM10 ng/μg	
	Stazione Torino V.della Consolata	Stazione di Carmagnola
Gennaio	0.1	
Febbraio	0.07	
Marzo	0.07	
Aprile	0.05	0.03
Maggio	0.02	0.01
Giugno	0.01	0.008
Luglio		0.01
Agosto		0.008
Settembre		0.008
Ottobre	0.07	0.03
Novembre	0.09	0.07
Dicembre	0.1	0.1

TABELLA 42: rapporto fra le concentrazioni medie mensili di IPA totali e di PM10 presso le stazioni di Torino e Carmagnola.

STAZIONE	1998 ng/m <sup>3</sup>	1999 ng/m <sup>3</sup>	2000 ng/m <sup>3</sup>
STAZIONE DI TORINO (V.della Consolata)		0.9	0.9
STAZIONE DI CARMAGNOLA	0.9	0.7	0.4
STAZIONE DI BUTTIGLIERA	1	0.9	0.3

TABELLA 43: confronto fra la concentrazione media annuale di benzo(a)pirene nel triennio 1998-2000.

Al fine di rendersi conto dell'evoluzione delle concentrazioni di alcuni inquinanti negli ultimi lustri, e quindi comprendere se vi è stata una tendenza positiva o negativa, è indispensabile analizzare le serie storiche.

Fra tutte le località poste nella provincia di Torino è la città capoluogo quella che possiede le serie storiche più estese e complete, che analizzeremo brevemente nelle prossime righe.

**MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)**

Il monossido di carbonio, caratteristico inquinante primario, ha evidenziato nell'ultimo ventennio un nettissimo calo delle concentrazioni dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e, a partire dai primi anni 90, del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici a tre vie.

Come si può notare (figura 16) la diminuzione della concentrazione annuale presso la stazione di monitoraggio posta in p.zza Rebaudengo, caratterizzata da elevati flussi veicolari, è di un fattore 4. Ulteriori miglioramenti saranno possibili fino alla completa sostituzione delle auto a benzina non catalizzate con veicoli dotati di marmitta catalica.

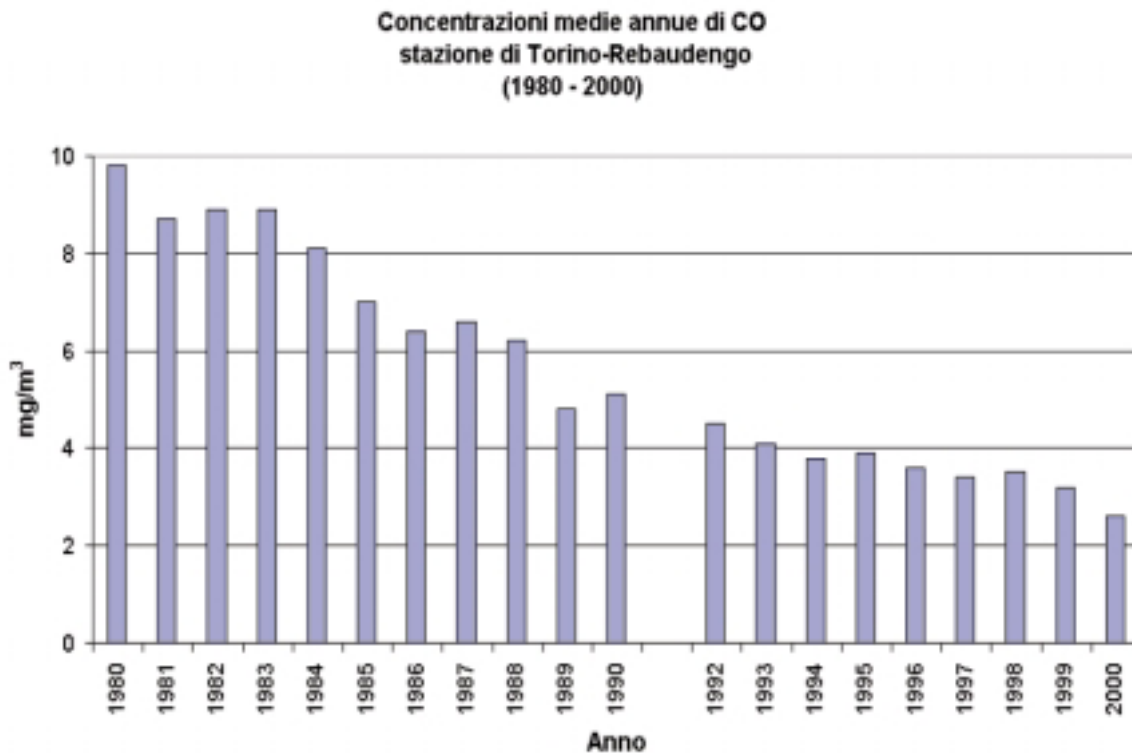


FIGURA16: CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo nell'ultimo ventennio.



## BIOSSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)

Il biossido di azoto, inquinante prodotto dalle combustioni, non ha mostrato, nell'ultimo decennio, una netta diminuzione delle sue concentrazioni (figura 17).

L'introduzione delle marmitte catalitiche a tre vie per le auto a ciclo a Otto, promuoventi la trasformazione degli ossidi di azoto in azoto, non ha influenzato le immissioni di tale inquinante con l'incisività che ha dimostrato con il monossido di carbonio.

La presenza di altre sorgenti, veicoli a ciclo Diesel e impianti per la produzione di energia, nonché la partecipazione degli ossidi di azoto a reazioni fotochimiche sono verosimilmente le cause per il non ancora soddisfacente calo delle concentrazioni di questo inquinante nell'atmosfera.

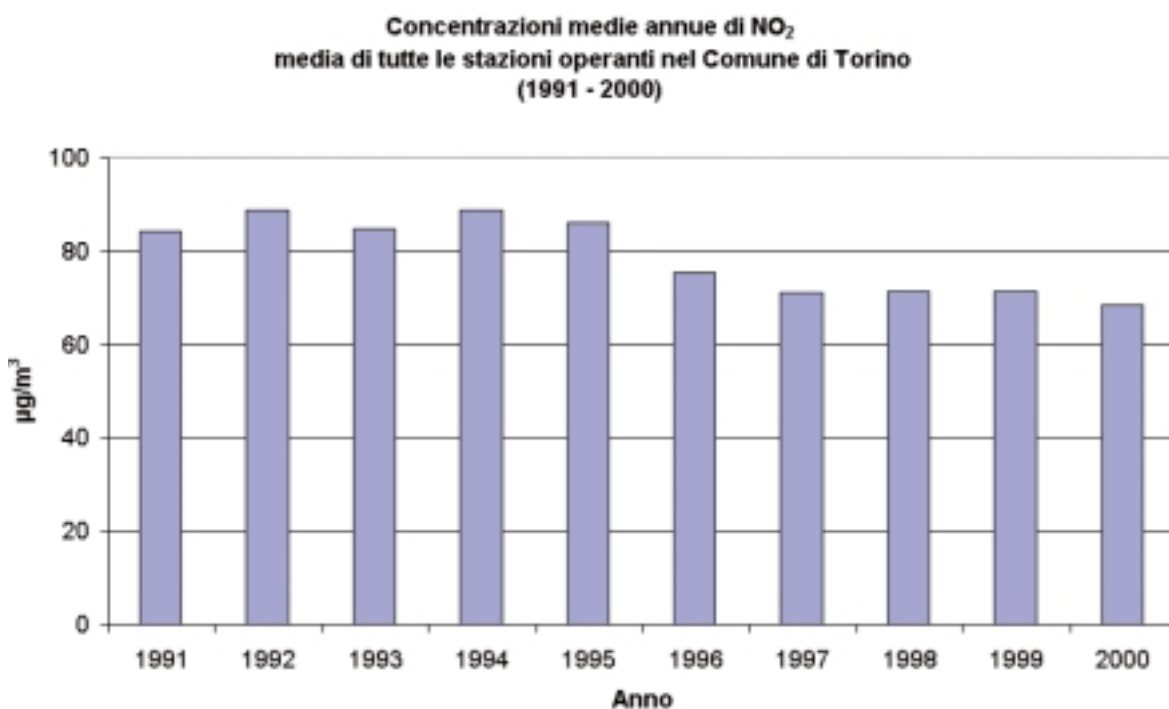


FIGURA17 : parametro NO<sub>2</sub>, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino nell'ultimo decennio.

## PARTICOLATO TOTALE SOSPESO (PTS)

Negli ultimi venti anni si è assistito ad un calo generalizzato delle PTS sul territorio cittadino, tale diminuzione delle concentrazioni è più evidente nelle zone che partivano da situazioni più penalizzate dal punto di vista ambientale.

Nella figura 18 si nota come nella stazione "I.T.I. Grassi", caratterizzata dalla presenza di elevati flussi di mezzi di trasporto e da numerosi impianti produttivi, la diminuzione delle concentrazioni di particolato totale sospeso è più marcata rispetto a quella ottenuta nella stazione "Consolata", rappresentativa della realtà urbano/commerciale del centro città.

La progressiva scomparsa delle industrie a maggiore impatto sull'ambiente, ad es. impianti siderurgici, il miglioramento di quelle ancora presenti e la diminuzione delle emissioni di particolato da parte degli autoveicoli da trasporto sono i motivi principali per il drastico decremento del particolato totale sospeso.

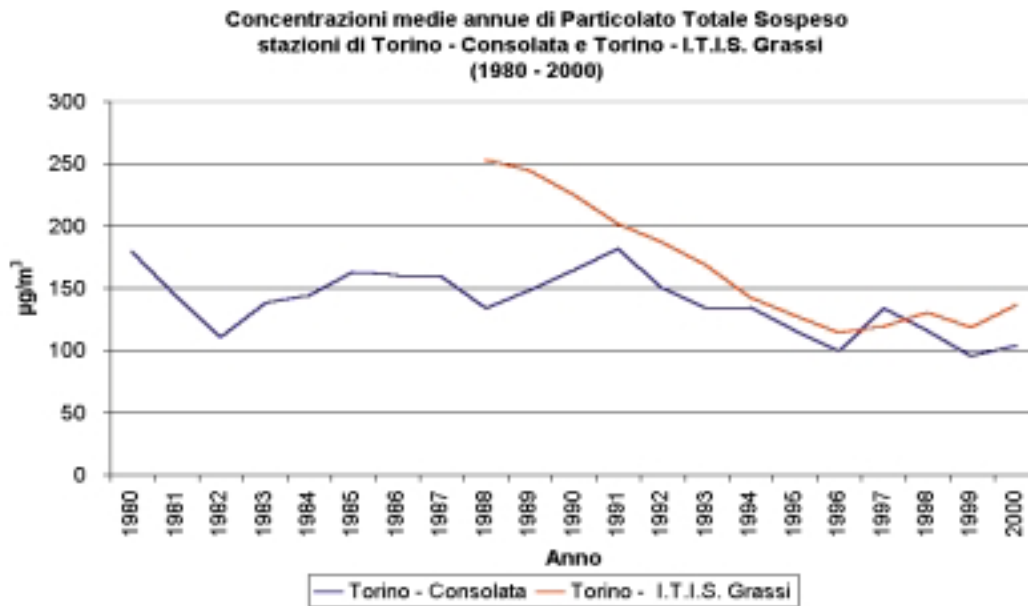


FIGURA18: parametro PTS, medie annuali misurate in due stazioni di Torino nell'ultimo ventennio.

### OZONO ( O<sub>3</sub> )

L'ozono, caratteristico inquinante secondario, ha evidenziato negli ultimi otto anni una sostanziale costanza di comportamento.

Nella figura 19, ove sono riportati i valori medi di concentrazione del periodo maggio-settembre di ogni anno, non si nota una tendenza evidente sia nella stazione urbana di Torino-Lingotto sia nella stazione in quota di Pino Torinese.

È verosimile che per ottenere dei risultati significativi nella diminuzione della concentrazione di ozono si debba incidere ancora più marcatamente sulla riduzione dei precursori come già evidenziato nel capitolo dedicato a tale inquinante.

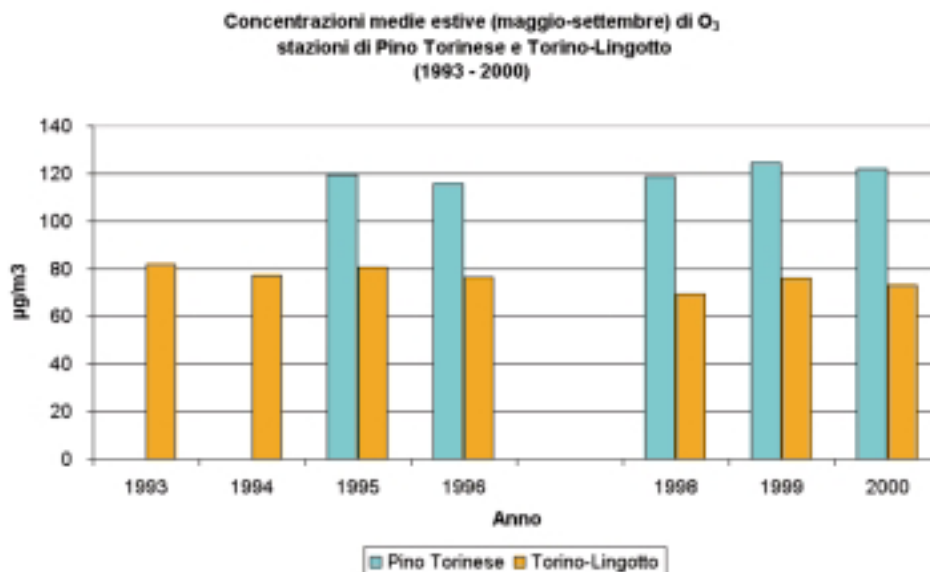


FIGURA 19: medie di medie giornaliere dell'ozono misurate nei periodi maggio-settembre dell'ultimo decennio.

## PIOMBO

Il piombo, misurato nel particolato sospeso, deriva principalmente dalla benzina super nella quale è presente come additivo; con la riduzione nel tempo della concentrazione di questo metallo nella benzina super e la successiva introduzione sul mercato di quella “verde”, la presenza di tale inquinante si è ridotta in modo proporzionale (figura 20).

Il piombo non rappresenta più una preoccupazione essendo nettamente inferiore anche al limite definito dalla recente normativa comunitaria.

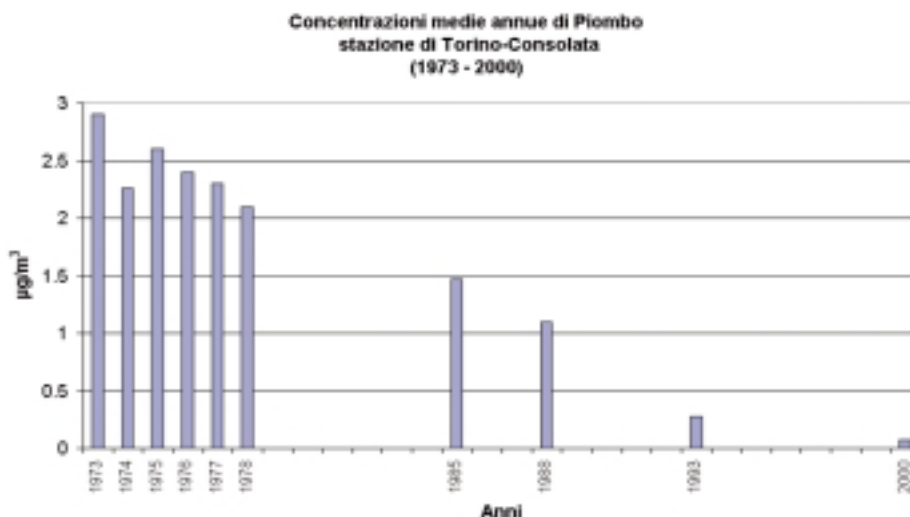


FIGURA 20: medie annuali dei valori gioralieri del piombo misurato presso la stazione di Torino-Consolata nell'ultimo trentennio.

## BIOSSIDO DI ZOLFO (SO<sub>2</sub>)

La diminuzione del tenore di zolfo nei combustibili liquidi o solidi e l'introduzione sul mercato energetico del metano hanno determinato la notevolissima riduzione delle concentrazioni del biossido di zolfo evidenziata nella figura 21.

La situazione si manterrà in queste condizioni se la qualità dei combustili non peggiorerà rispetto a quella odierna.

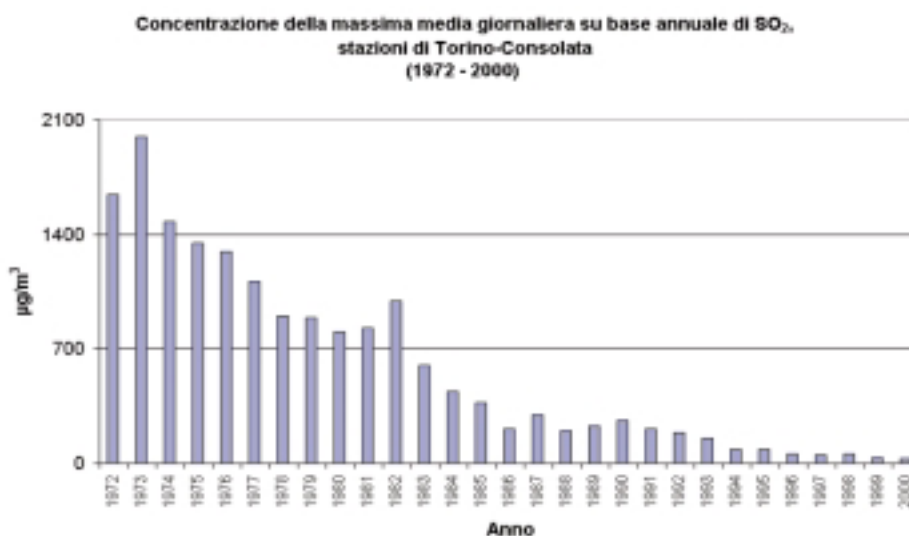


FIGURA 21: SO<sub>2</sub>, media giornaliera massima su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino-Consolata.

La stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria opera ad integrazione della rete di stazioni fisse sull'intero territorio della provincia di Torino. La scelta dei siti di monitoraggio avviene sulla base delle richieste provenienti dalle amministrazioni comunali e di specifici obiettivi individuati dagli organismi di coordinamento ARPA-Provincia.

La stazione mobile è dotata di sensori in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, ozono, polveri totali sospese e dei principali parametri meteorologici. Per garantire la rappresentatività temporale delle misure, in ogni sito vengono di norma effettuate campagne in due periodi dell'anno caratterizzati da condizioni meteorologiche diverse.

Alle misure meteochimiche in continuo vengono affiancati prelievi finalizzati alla determinazione dei C.O.V. (Composti Organici Volatili) ed in particolare del benzene, degli idrocarburi policiclici aromatici e dei metalli tossici adsorbiti sul particolato atmosferico, allo scopo di ottenere una rappresentazione più approfondita possibile della qualità dell'aria nel sito in esame.

Nell'anno 2000 sono state eseguite campagne di rilevamento della qualità dell'aria in 8 diversi Comuni, come indicato in figura 22.

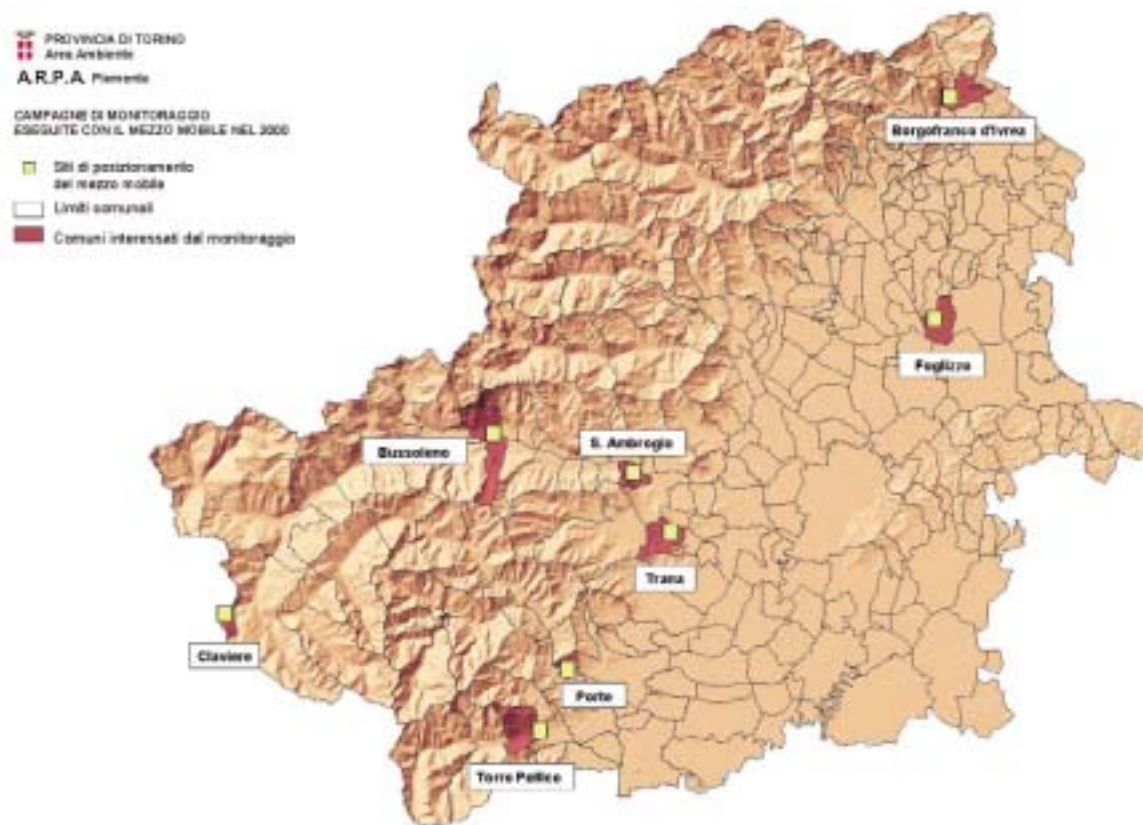


FIGURA 22: campagne di monitoraggio con il mezzo mobile nell'anno 2000.

Tutti i siti monitorati sono stati oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento A.R.P.A. di Grugliasco; copia delle relazioni è disponibile sia presso il Dipartimento A.R.P.A. di Grugliasco che presso l'Area Ambiente della provincia di Torino. Per ogni campagna di monitoraggio eseguita con il mezzo mobile viene riportata nel presente capitolo una breve scheda riassuntiva. Particolare rilevanza hanno avuto le due campagne effettuate nella frazione Baio Dora del comune di Borgofranco d'Ivrea e nel comune di Fogliizzo, nell'ambito di un'indagine complessiva, relativa all'area del raccordo autostradale Ivrea-Santhià, che ha previsto anche misure di inquinamento acustico e attività sperimentali di biomonitoraggio dell'ozono. L'inquinamento da ozono risulta in effet-

ti particolarmente critico in entrambi i siti, anche sulla base delle misure fornite dalla stazione mobile. Va comunque sottolineato il carattere sostanzialmente ubiquitario di questo inquinante; questo fa sì, come evidenziato dai dati acquisiti dalla rete di monitoraggio provinciale e dalle numerose campagne effettuate con la stazione mobile, che la sua presenza interessi tutto il territorio provinciale, indipendentemente dal grado di industrializzazione ed urbanizzazione.

Anche nella campagna estiva effettuata nel comune di Claviere, anch'essa facente parte di un'indagine ambientale complessiva, si sono rilevate concentrazioni di ozono assai significative, con numerosi superamenti dei valori di riferimento previsti dalla normativa. L'andamento giornaliero delle concentrazioni di ozono rilevate nel sito sottolinea un'ulteriore componente dell'inquinamento da ozono: la presenza di fenomeni di accumulo in quota, già rilevata in altre campagne di monitoraggio effettuate nella Valle di Susa. A titolo esemplificativo, nella figura 23 viene riportato l'andamento del giorno medio estivo presso:

- il sito di Claviere (campagna effettuata mediante la stazione mobile nel luglio 2000);
- la stazione della rete di monitoraggio provinciale di Torino-Lingotto (dati relativi al mese di luglio 2000);
- il sito di Susa (campagna effettuata mediante la stazione mobile nell'agosto 1998);
- il sito di Moncenisio - frazione Ferrera Cenisio (campagna effettuata mediante la stazione mobile nell'agosto 1995).

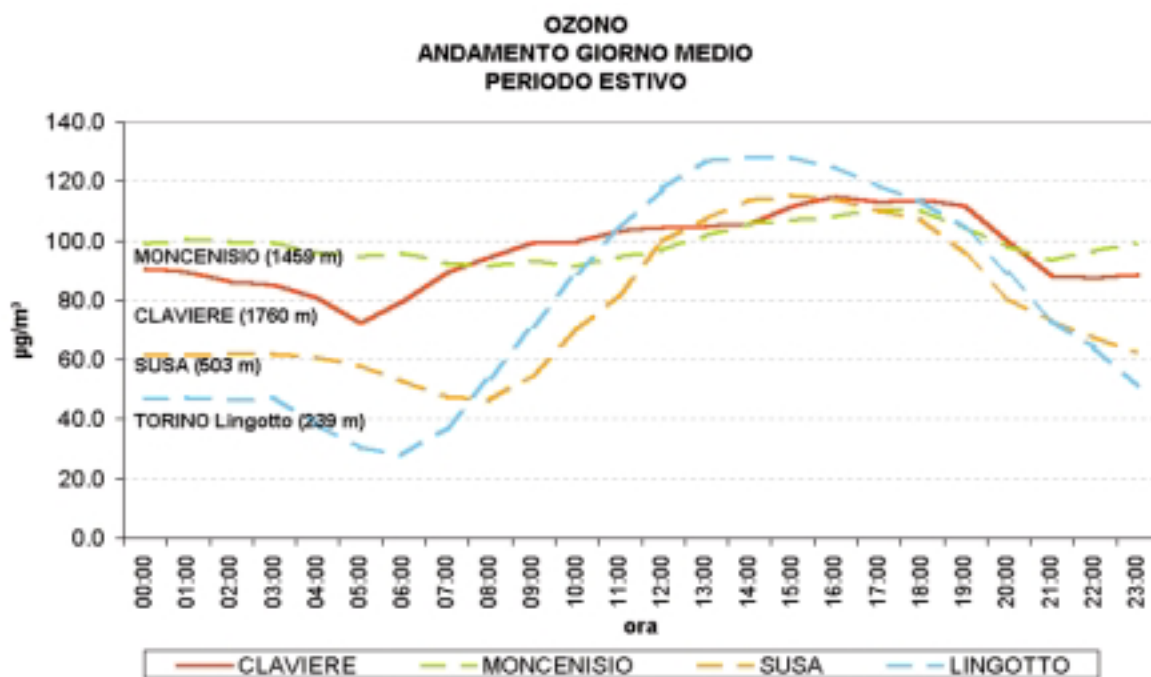


FIGURA 23: Confronto tra andamenti del giorno medio estivo calcolato per diverse stazioni.

Allontanandosi dall'area metropolitana e salendo di quota, il giorno medio estivo per l'ozono mostra massimi meno accentuati ed un incremento graduale dei valori di fondo, che raggiungono il livello più elevato nel sito di Ferrera Cenisio (comune di Moncenisio). Nel sito di Claviere, sebbene situato ad una quota più elevata rispetto al comune di Moncenisio, l'andamento del giorno tipo estivo per l'ozono risente della presenza del traffico veicolare in transito sulla strada statale S.S. 24, da e verso il valico del Monginevro; i valori di fondo si mantengono elevati, ma è più evidente, rispetto a Ferrera Cenisio, l'andamento a campana generato dalla presenza dei diversi inquinanti che entrano nel ciclo di formazione-distruzione dell'ozono.





**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI TRANA**  
**Periodo di monitoraggio: 15 gennaio - 7 febbraio 2000**

Inquinante	Dati validi		Livello di attenzione			Livello di allarme			Soglia protezione salute			Soglia protezione vegetazione			Valori massimi della media*			
	%		valore	superamenti n°	%	valore	superamenti n°	%	valore	superamenti n°	%	valore	superamenti n°	%	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore	
SO <sub>2</sub>	97		125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0								15 µg/m <sup>3</sup>		
NO <sub>2</sub>	82		200 µg/m <sup>3</sup> (2)	11	2	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							24 µg/m <sup>3</sup>			
O <sub>3</sub>	97		180 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	0	0	200 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	39 µg/m <sup>3</sup>	17 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>	
CO	81		15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							7,6 mg/m <sup>3</sup>			
PTS	97		150 µg/m <sup>3</sup> (2)	15	63	300 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0								251 µg/m <sup>3</sup>		

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

**FIGURA 24: Comune di Trana - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.**



**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI PORTE**  
**Periodo di monitoraggio: 9 febbraio - 13 marzo 2000**

Inquinante	Dati validi		Livello di attenzione			Livello di allarme			Soglia protezione salute			Soglia protezione vegetazione			Valori massimi della media*		
	%	valore	valore	superamenti n°	superamenti %	valore	superamenti n°	superamenti %	valore	superamenti n°	superamenti %	valore	superamenti n°	superamenti %	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore
SO <sub>2</sub>	92	125 µg/m <sup>3</sup> (1)	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	0	0	200 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	165 µg/m <sup>3</sup>			8.9 µg/m <sup>3</sup>		
NO <sub>2</sub>	92	200 µg/m <sup>3</sup> (2)	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	0	0	65 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	72 µg/m <sup>3</sup>			44 µg/m <sup>3</sup>		55 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	92	180 µg/m <sup>3</sup> (2)	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							5.6 mg/m <sup>3</sup>					
CO	87	15 mg/m <sup>3</sup> (2)	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0												
PTS	92	150 µg/m <sup>3</sup> (2)	300 µg/m <sup>3</sup> (2)	19	59										294 µg/m <sup>3</sup>		

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

FIGURA 25: Comune di Porte - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BUSSOLENO**  
**Periodo di monitoraggio: 16 marzo - 10 aprile 2000**

Inquinante	Dati validi		Livello di attenzione		Livello di allarme		Soglia protezione salute		Soglia protezione vegetazione		Valori massimi della media*		
	%		valore	superamenti n° %	valore	superamenti n° %	valore	superamenti n° %	valore	superamenti n° %	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore
SO <sub>2</sub>	100		125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0 0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0 0					144 µg/m <sup>3</sup>	9.8 µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub>	100		200 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 0	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 0							
O <sub>3</sub>	100		180 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 0	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	0 0	200 µg/m <sup>3</sup> (1) 65 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 0	74 µg/m <sup>3</sup>	58 µg/m <sup>3</sup>	65 µg/m <sup>3</sup>
CO	100		15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0 0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0 0					7,6 mg/m <sup>3</sup>		
PTS	100		150 µg/m <sup>3</sup> (2)	1 4	300 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 0						177 µg/m <sup>3</sup>	

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

FIGURA 26: Comune di Bussoleto - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.





**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI TORRE PELLICE**  
**Periodo di monitoraggio: 12 aprile - 3 maggio 2000**

Inquinante	Dati validi %	Livello di attenzione		Livello di allarme		Soglia protezione salute		Soglia protezione vegetazione		Valori massimi della media*							
		valore	n°	%	valore	n°	%	valore	n°	%	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore				
SO <sub>2</sub>	100	125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0										
NO <sub>2</sub>	89	200 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0										
O <sub>3</sub>	100	180 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	0	0	200 µg/m <sup>3</sup> (1) 65 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	87 µg/m <sup>3</sup>	9.4 µg/m <sup>3</sup>	84 µg/m <sup>3</sup>	
CO	100	15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0										
PTS	98	150 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	300 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0									10 mg/m <sup>3</sup>	74 µg/m <sup>3</sup>

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti.

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

FIGURA 27: Comune di Torre Pellice - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI CLAVIERE**  
**Periodo di monitoraggio: 7 luglio - 31 luglio 2000**

Inquinante	Dati validi		Livello di attenzione			Livello di allarme			Soglia protezione salute			Soglia protezione vegetazione			Valori massimi della media*			
	%		valore	superamenti n°	%	valore	superamenti n°	%	valore	superamenti n°	%	valore	superamenti n°	%	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore	
SO <sub>2</sub>	74		125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0										
NO <sub>2</sub>	79		200 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							37 µg/m <sup>3</sup>	2.9 µg/m <sup>3</sup>		
O <sub>3</sub>	100		180 µg/m <sup>3</sup> (2)	11	2	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	141	25	200 µg/m <sup>3</sup> (1) 65 µg/m <sup>3</sup> (2)	0 24	0 100	198 µg/m <sup>3</sup>	135 µg/m <sup>3</sup>	183 µg/m <sup>3</sup>	
CO	40		15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							1.0 mg/m <sup>3</sup>			
PTS	100		150 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	300 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0								50 µg/m <sup>3</sup>		

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

FIGURA 28: Comune di Claviere - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.





**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BORGOFRANCO D'IVREA**  
**Periodo di monitoraggio: 17 agosto - 4 settembre 2000**

Inquinante	Dati validi		Livello di attenzione			Livello di allarme			Soglia protezione salute			Soglia protezione vegetazione			Valori massimi della media*		
	%	valore	valore	n°	%	valore	n°	%	valore	n°	%	valore	n°	%	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore
SO <sub>2</sub>	87	125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0							63 µg/m <sup>3</sup>	4.7 µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub>	64	200 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	0	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							204 µg/m <sup>3</sup>	118 µg/m <sup>3</sup>	157 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	35	180 µg/m <sup>3</sup> (2)	5	3	0	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	40	27	200 µg/m <sup>3</sup> (1)	1	0.6			
CO	67	15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							2.4 mg/m <sup>3</sup>		
PTS	-	150 µg/m <sup>3</sup> (1)	-	-	-	300 µg/m <sup>3</sup> (1)	-	-									

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti.

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

**FIGURA 29: Comune di Borgofranco d'Ivrea - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.**



**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI FOGLEZZO**  
**Periodo di monitoraggio: 6 settembre - 3 ottobre 2000**

Inquinante	Dati validi		Livello di attenzione			Livello di allarme			Soglia protezione salute			Soglia protezione vegetazione			Valori massimi della media*		
	%		valore	n°	%	valore	n°	%	valore	n°	%	valore	n°	%	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore
SO <sub>2</sub>	68		125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0							156 µg/m <sup>3</sup>	5.5 µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub>	77		200 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							216 µg/m <sup>3</sup>	77 µg/m <sup>3</sup>	181 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	84		180 µg/m <sup>3</sup> (2)	8	1.4	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	40	7	200 µg/m <sup>3</sup> (1)	2	0.4			
CO	49		15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	0							1.1 mg/m <sup>3</sup>		
PTS	74		150 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0	300 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	0								32 µg/m <sup>3</sup>	

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti.

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

FIGURA 30: Comune di Foglizzo - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



**LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI SANT'AMBROGIO**

Periodo di monitoraggio: 5 ottobre - 6 novembre 2000

Inquinante	Dati validi %	Livello di attenzione		Livello di allarme		Soglia protezione salute		Soglia protezione vegetazione		Valori massimi della media*		
		valore	superamenti n°	valore	superamenti n°	valore	superamenti n°	valore	superamenti n°	Media oraria	Media giornaliera	Media mobile sulle 8 ore
SO <sub>2</sub>	99	125 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	250 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	110 µg/m <sup>3</sup> (3)	0	200 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	87 µg/m <sup>3</sup>	52 µg/m <sup>3</sup>	71 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	-	200 µg/m <sup>3</sup> (2)	-	400 µg/m <sup>3</sup> (2)	-	-	-	65 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	-	8.8 µg/m <sup>3</sup>	-
O <sub>3</sub>	87	180 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	360 µg/m <sup>3</sup> (2)	0	-	0	-	0	3.8 mg/m <sup>3</sup>	106 µg/m <sup>3</sup>	-
CO	91	15 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	30 mg/m <sup>3</sup> (2)	0	-	-	-	-	-	-	-
PTS	80	150 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	300 µg/m <sup>3</sup> (1)	0	-	-	-	-	-	-	-

(1) Concentrazione media oraria

(2) Concentrazione media giornaliera

(3) Concentrazione calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti.

\* Da confrontare con i relativi riferimenti normativi

FIGURA 31: Comune di Sant'Ambrogio - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

## PREMESSA

La misura dei parametri meteorologici rappresenta una componente fondamentale del monitoraggio della qualità dell'aria; l'analisi dei dati misurati permette di caratterizzare le condizioni meteorologiche del territorio in esame e fornisce le conoscenze necessarie per valutare i fenomeni di diffusione degli inquinanti.

La localizzazione delle stazioni nelle quali sono installati i sensori meteorologici, corredata dall'elenco completo di tutti i sensori e gli analizzatori presenti, è riportata nella tabella 1.

I parametri meteorologici misurati dalle stazioni della rete provinciale sono la velocità e la direzione del vento (vv, dv), la radiazione solare globale e netta (rdg, rdn), la pressione atmosferica (pres), l'umidità relativa (umid), la quantità di pioggia (pv) e la temperatura (temp). La scelta del tipo di sensore installato è legata sia alla tipologia della stazione sia alla sua rappresentatività rispetto al territorio provinciale.

Nella figura 32 è rappresentata la collocazione geografica delle centraline meteorologiche nella provincia di Torino.

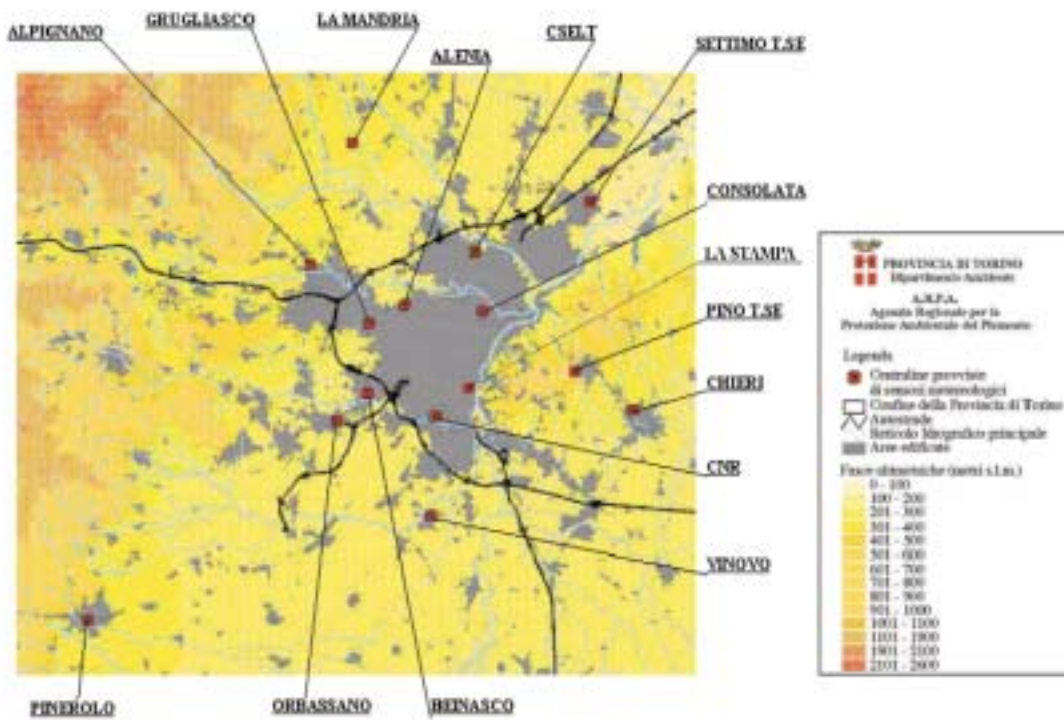


FIGURA 32: disposizione delle stazioni meteorologiche di monitoraggio.



## L'INFLUENZA DELL'ARCO ALPINO, DELLA COLLINA TORINESE E DEGLI INSEDIAMENTI URBANI SUI FENOMENI METEOROLOGICI

La valle padana, alla quale appartiene il territorio della provincia di Torino, è caratterizzata da un clima di tipo continentale<sup>1</sup>. Nel territorio provinciale si evidenziano gli effetti di barriera dell'arco alpino che danno luogo prevalentemente a fenomeni di origine termica rispetto a quelli dinamici, causati principalmente da processi di compensazione tra masse di aria fredda e masse di aria calda. A ciò si aggiunge la presenza della collina torinese, la quale altera a scala locale<sup>2</sup> l'uniformità del clima tipico della zona pianeggiante, in particolare per quanto riguarda i venti a bassa quota.

L'influenza dell'arco alpino fa sì che gran parte delle perturbazioni che interessano la provincia di Torino sia originata dal passaggio di un fronte freddo proveniente da nord o nord-ovest. Queste situazioni, accompagnate da nuvolosità e precipitazioni estese, possono talvolta dar luogo a fenomeni di föhn, caratterizzati da venti intensi, temperature miti e umidità relativa piuttosto bassa.

Il föhn è un vento secco e tiepido che, come altri venti discendenti, si genera in presenza di una significativa differenza di pressione atmosferica fra i due versanti di una catena montuosa.

Le masse d'aria presenti nel versante sopravvento vengono forzate a salire a quote elevate per superare le cime delle montagne. L'ascesa delle masse d'aria determina il raffreddamento e la condensazione dell'umidità presente, con conseguente formazione di nubi e precipitazioni; la liberazione del calore latente che accompagna la condensazione del vapore acqueo provoca il riscaldamento della massa d'aria e ne rallenta la diminuzione di temperatura con la quota. Superato l'ostacolo orografico, l'aria, sottratta del proprio contenuto di umidità, ridiscende verso le vallate portandosi, a parità di quota, ad una temperatura superiore a quella che aveva sopravvento in presenza di vapore acqueo.

La situazione generata in presenza di föhn è quindi caratterizzata da condizioni di cielo nuvoloso e presenza di precipitazioni lungo il versante sopravvento, mentre nelle vallate sottovento si ha un rapido incremento di temperatura e diminuzione dell'umidità, accompagnato da cielo sereno. Il fenomeno può durare da qualche giorno a poche ore ed è seguito da un forte abbassamento della temperatura notturna nel versante sottovento.

Per quanto riguarda il regime anemologico, in presenza di condizioni perturbate, associate a depressioni sottovento alle depressioni atlantiche e mediterranee, prevalgono venti in quota meridionali, che portano sulla pianura Padana aria calda e umida proveniente da est o sud-est.

In condizioni imperturbate, associate alla presenza di anticicloni estesi e stazionari, i venti presenti sul territorio provinciale hanno un'origine termica determinata, come precedentemente accennato, dalla presenza dell'arco alpino. Nei mesi caldi la meteorologia a scala locale è quindi caratterizzata da circolazioni di brezza associate a moti convettivi, mentre nei mesi freddi sono favorite le condizioni che determinano il ristagno di spessi strati di aria fredda adiacenti al terreno ed il conseguente instaurarsi di nebbie.

La presenza della collina torinese, inoltre, origina una prevalenza dei venti provenienti dai settori nord-ovest e sud-ovest, con percentuale di calme elevata, che differenzia sostanzialmente il regime anemologico della provincia torinese da quello caratteristico della pianura padana, nella quale i venti provengono prevalentemente da est ed ovest.

<sup>1</sup> La latitudine, l'altezza sul livello del mare, la distanza dal mare, l'influsso delle montagne, la configurazione del suolo, la vegetazione e lo stadio medio dell'atmosfera costituiscono gli elementi essenziali del clima di una determinata regione. Il clima fa risaltare i fenomeni fondamentali dell'evoluzione meteorologica. Tra i "climi europei" si ricordano: il "clima atlantico" (marittimo), fresco e umido, con rara presenza di inverni freddi e nevicate ed estati calde; il "clima continentale", secco e con temperature estreme, caratterizzato da inverni molto freddi ed estati molto calde e asciutte; il "clima mediterraneo", temperato, con estati calde e relativamente asciutte ed inverni miti e piovosi, con rare nevicate [Roth, 1993].

<sup>2</sup> Nello studio dei fenomeni meteo-diffusivi degli inquinanti è possibile distinguere le seguenti scale spaziali:

- microscala (fino a qualche decina di metri)
- scala locale (fino a qualche decina di chilometri)
- mesoscala (fino a qualche centinaia di chilometri)
- scala regionale (fino a qualche migliaio di chilometri)
- scala globale (l'atmosfera nel suo insieme).



Il regime anemologico, così modificato dalle caratteristiche orografiche locali, viene ad essere influenzato anche dalla presenza dell'area metropolitana posta ai piedi della collina.

Gli agglomerati urbani infatti presentano, rispetto alle aree rurali, una diversa capacità termica dovuta alla presenza di superfici ricoperte di asfalto e cemento in grado di assorbire la radiazione solare incidente più di quanto non sia in grado di fare la vegetazione. La presenza di pareti verticali parzialmente ricoperte da superfici riflettenti costituisce inoltre una sorta di "trappola" nei confronti della radiazione solare che, ad ogni riflessione sulle pareti degli edifici, viene parzialmente assorbita. Il risultato è una quantità di calore immagazzinata nelle ore diurne superiore a quella delle aree rurali circostanti, che viene rilasciata più lentamente nel corso delle ore serali, grazie a continui fenomeni di assorbimento ed emissione dalle pareti degli edifici.

Il verificarsi di questi fenomeni determina, negli strati d'aria sovrastanti la città, una temperatura più elevata di quella delle masse d'aria presenti sulle adiacenti zone rurali. Gli sbalzi termici più consistenti, fra aree urbane e rurali, si possono osservare durante le ore notturne e la loro entità è in generale correlabile alle dimensioni dell'abitato. Il gradiente termico orizzontale che si genera in tali circostanze, nonché il rimescolamento verticale mantenuto nel periodo notturno a causa del calore rilasciato dalla città, possono quindi andare ad interagire con i flussi d'aria presenti a quote maggiori.

## PARAMETRI MONITORATI ED ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI

### Velocità e direzione del vento

#### *Sistemi di rilevamento*

La misura del vento viene effettuata con appositi strumenti, descritti nel seguito del paragrafo, e dà origine ad una grandezza rappresentata graficamente come un vettore in uno spazio a tre dimensioni, le cui componenti si ottengono proiettando lo stesso vettore sui tre assi cartesiani (figura 33a). La velocità del vento è quindi composta da due componenti giacenti nel piano orizzontale ( $v_x$  e  $v_y$ ) e da una componente lungo l'asse verticale ( $v_z$ , spesso indicato con il termine  $w$ ).

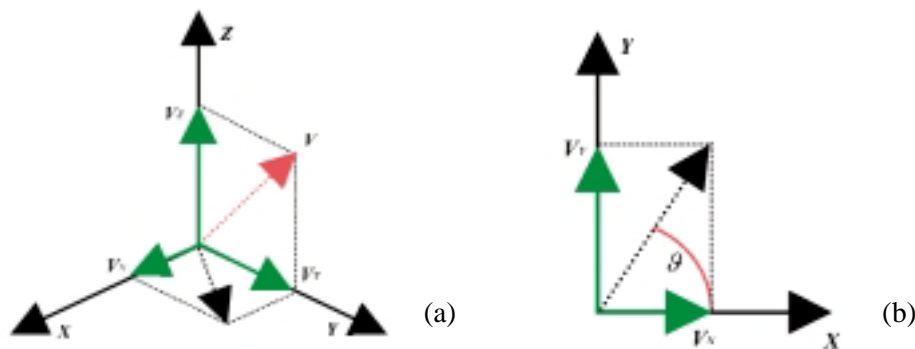


FIGURA 33: rappresentazione del vettore velocità e delle sue proiezioni.

Nella maggior parte dei casi si usa rappresentare la sola velocità orizzontale attraverso la proiezione del vettore tridimensionale sul piano orizzontale (figura 33b) e la si esprime mediante un valore di intensità del vento (lunghezza del vettore proiezione espressa in m/s) ed una direzione (espressa in gradi sessagesimali).

La possibilità di misurare la velocità del vento come vettore tridimensionale dipende dalla strumentazione utilizzata, mentre la necessità di disporre di tale informazione è legata alle finalità per le quali vengono effettuate le misurazioni stesse.

Per quanto riguarda la provincia di Torino gli strumenti installati sono anemometri tradizionali, chiamati anche "pali anemometrici", in grado di misurare la velocità orizzontale del vento all'altezza alla

quale è posto lo strumento. L'anemometro (figura 34) è uno strumento composto da due parti: un tac oanemometro in grado di misurare l'intensità del vento e un gonioanemometro per la misura della direzione. È importante ricordare che quando si parla di direzione del vento ci si riferisce alla direzione di provenienza del vento e che il nord geografico viene fatto coincidere con lo zero di direzione; di conseguenza, la direzione sarà pari a 90 gradi in caso di vento proveniente da est, a 180 gradi per vento da sud, a 270 gradi per vento da ovest (il senso di rotazione per la misura in gradi della direzione è orario).

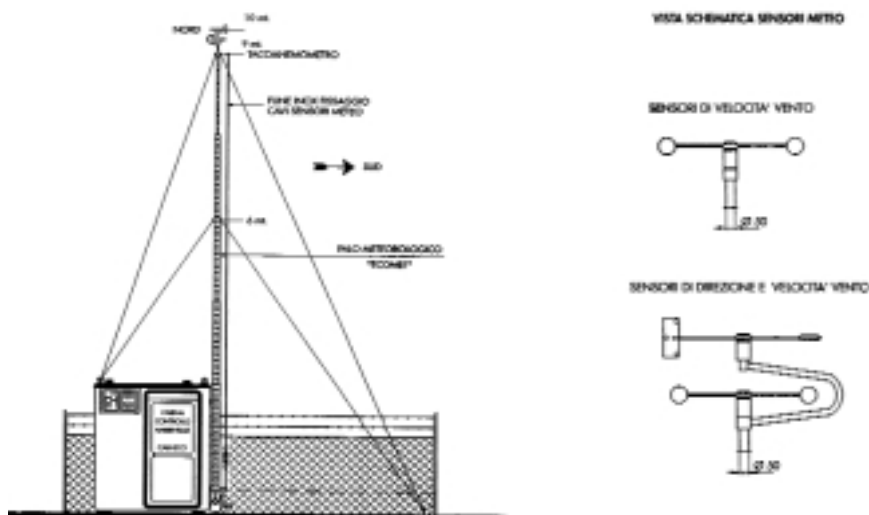


FIGURA 34: palo anemometrico utilizzato per la misura della velocità orizzontale del vento nelle reti di monitoraggio per la qualità dell'aria.

Il tac oanemometro ed il gonioanemometro sono generalmente posti alla sommità di un palo telescopico alto 10 metri; tale accorgimento evita che i valori misurati risentano in modo eccessivo dell'attrito del terreno. Al fine di ottenere una misurazione rappresentativa dei flussi atmosferici a scala locale, i sensori devono essere collocati lontano da ostacoli di altezza elevata (palazzi, alberi, ecc...), ad una distanza tale per cui le misure risultanti non vengano falsate dalla presenza di direzioni di provenienza del vento privilegiate rispetto ad altre.

Le misure tridimensionali di velocità del vento vengono eseguite con strumenti più complessi: fra questi è opportuno citare l'anemometro sonico, ormai spesso integrato nelle reti di monitoraggio della qualità dell'aria, ed il SODAR Doppler, meno diffuso ma importante per la conoscenza della circolazione anemologica in quota.

In breve, l'anemometro sonico consente di misurare, oltre alle componenti orizzontali, anche il valore della componente verticale della velocità del vento rilevata alla quota dello strumento e quindi di formulare ipotesi sui fenomeni turbolenti che si instaurano nei bassi strati dell'atmosfera. Il SODAR Doppler, invece, è in grado di rilevare un profilo verticale di vento. Le antenne acustiche di cui è dotato lo strumento emettono impulsi sonori in atmosfera; sfruttando lo spostamento Doppler fra le frequenze dei segnali emessi e quelli di ritorno, vengono determinate le tre componenti del vettore velocità del vento a quote diverse lungo un asse verticale. In questo modo è possibile indagare uno strato verticale di atmosfera il cui spessore varia con la tipologia dello strumento utilizzato e con le condizioni meteorologiche al momento della misura. Per eventuali approfondimenti in materia di strumentazione esistente per la misura del vento negli strati più alti dell'atmosfera, si rimanda a testi specifici sull'argomento.

Tutti i dati rilevati dalle stazioni della rete di monitoraggio sono controllati regolarmente. La validazione sistematica, che consiste nell'analisi dell'andamento dei valori orari di direzione e di velocità del vento, consente non solo di verificare il corretto funzionamento degli strumenti, ma anche di evitare che situazioni anomale o eventi eccezionali, in termini di durata e di misura, falsino la misura stessa.

Nella fase di validazione i valori di intensità e direzione del vento devono essere considerati contemporaneamente, in quanto va ricordato che il dato di velocità orizzontale è una grandezza vettoriale.

### **Elaborazione dei dati**

Le elaborazioni riportate sono relative alle stazioni ritenute maggiormente rappresentative per quanto riguarda sia l'agglomerato urbano (Torino-Alenia, Torino-Consolata, Torino-CNR e Torino-CSELT) sia i siti esterni al capoluogo (Chieri, Druento-La Mandria, Orbassano e Pinerolo).

Al fine di evidenziare l'influenza del ciclo giorno-notte sulle direzioni di provenienza del flusso atmosferico, sono state realizzate delle rose del vento, suddividendo i dati nei periodi diurno e notturno della giornata. Le particolarità di ogni stazione, riscontrabili nel ciclo a carattere giornaliero, possono essere ascritte alle caratteristiche anemologiche locali del sito di monitoraggio.

Nel caso delle stazioni localizzate nel territorio del comune di Torino, le rose dei venti sono state riportate sulla cartografia del capoluogo (figura 35), mentre le elaborazioni grafiche relative alle stazioni esterne alla città di Torino sono state riportate sulla cartografia della provincia (figura 36).

Le rappresentazioni in forma di rosa dei venti sono state realizzate attraverso una serie di elaborazioni dei valori medi orari di intensità e direzione del vento. In linea generale, sui dati acquisiti, sono state effettuate le seguenti operazioni:

1. per l'intensità del vento:
  - identificazione dei dati appartenenti alla classe definita come "calma di vento", caratterizzata da valori di velocità inferiori a 0.5 m/s;
2. per la direzione del vento:
  - suddivisione in 16 settori di provenienza, di ampiezza pari a 22.5 gradi, centrati sulle direzioni N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW. Per le intensità del vento inferiori a 0.5 m/s (situazione di calma di vento), il valore di direzione è stato escluso dal calcolo delle percentuali di accadimento per ogni settore.

L'informazione fornita dalle rose dei venti (distribuzione dei dati in termini di direzioni di provenienza del vento relativamente al periodo temporale esaminato) è completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento nei periodi diurno e notturno.

Si fa notare come il numero di calme registrato dalle stazioni tipicamente urbane (Torino-Alenia, Torino-Consolata e Torino-CSELT) risulti significativamente inferiore (meno del 10% sia nel periodo diurno che in quello notturno) a quello rilevato nelle stazioni esterne al capoluogo. La spiegazione di tale fenomeno è attribuibile al fatto che i pali anemometrici di tali stazioni, al fine di eliminare, per quanto possibile in un sito urbano, l'influenza di possibili ostacoli e garantire la significatività della misura, sono posizionati sul tetto di edifici; conseguentemente i dati rilevati risentono, rispetto alla situazione di altre stazioni poste al suolo, in maniera minore dell'influenza del terreno e rilevano quindi intensità del vento mediamente più elevate. Oltre alle rappresentazioni grafiche, per ogni stazione sono riportate alcune elaborazioni statistiche effettuate su base mensile ed annuale. Più precisamente:

- il numero di dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di dati validi caratterizzati da velocità orizzontale del vento inferiore a 0.5 m/s (calme di vento), espresso in percentuale;
- il valore massimo tra i dati orari;
- il valore medio, ottenuto calcolando la media aritmetica di tutti i valori orari registrati nel corso del periodo temporale esaminato, fatta esclusione delle calme di vento;
- la deviazione standard dal valore medio, per valutare la dispersione dei valori di velocità orizzontale rispetto al valore medio.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili - presso l'A.R.P.A. - Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino - anche per le stazioni della rete provinciale non considerate nella presente relazione (Beinasco, Grugliasco, Settimo Torinese e Torino-La Stampa).

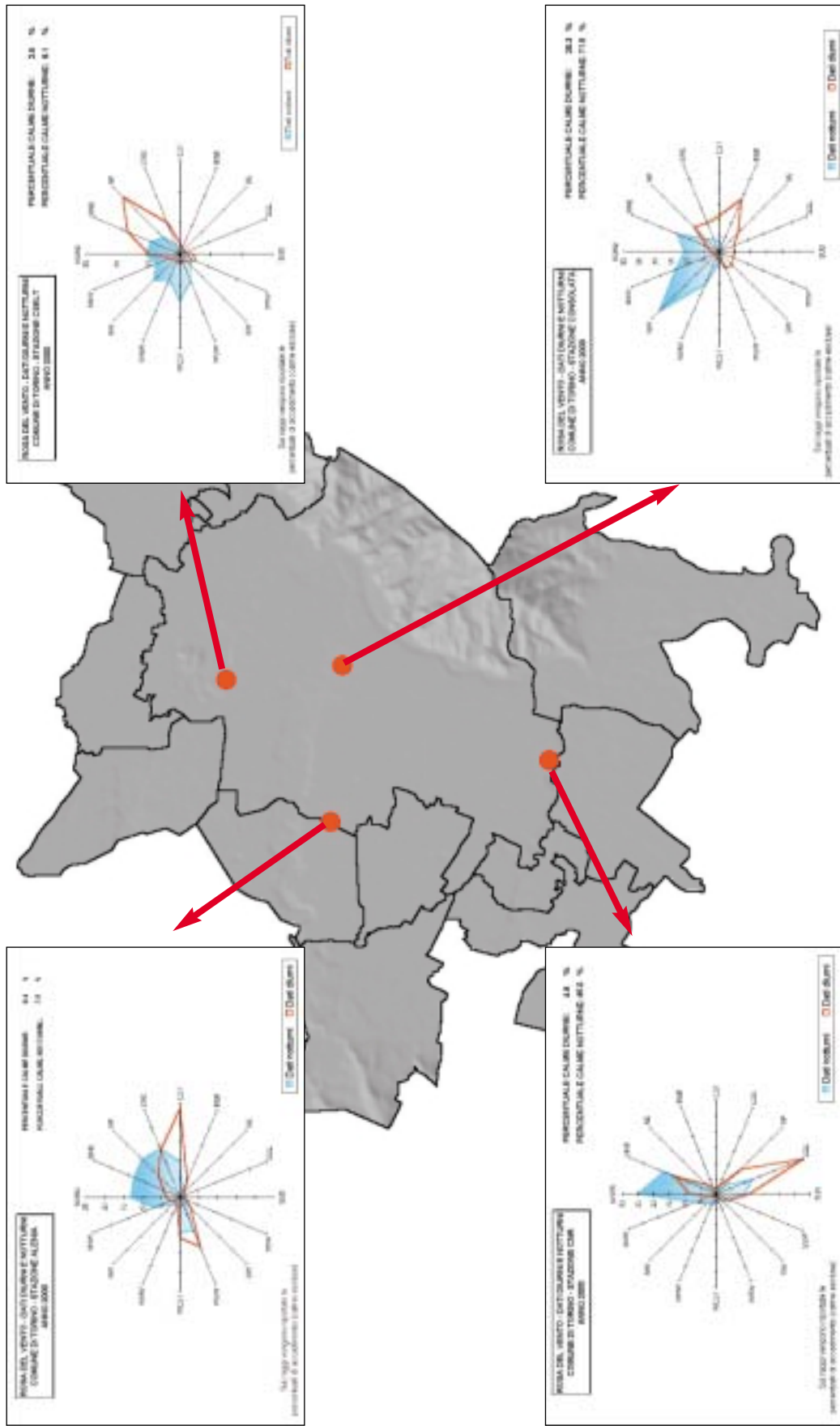


FIGURA 35: carta della città di Torino riportante le rose dei venti registrate nelle stazioni di Alenia, Consolata, CNR e CSELT.

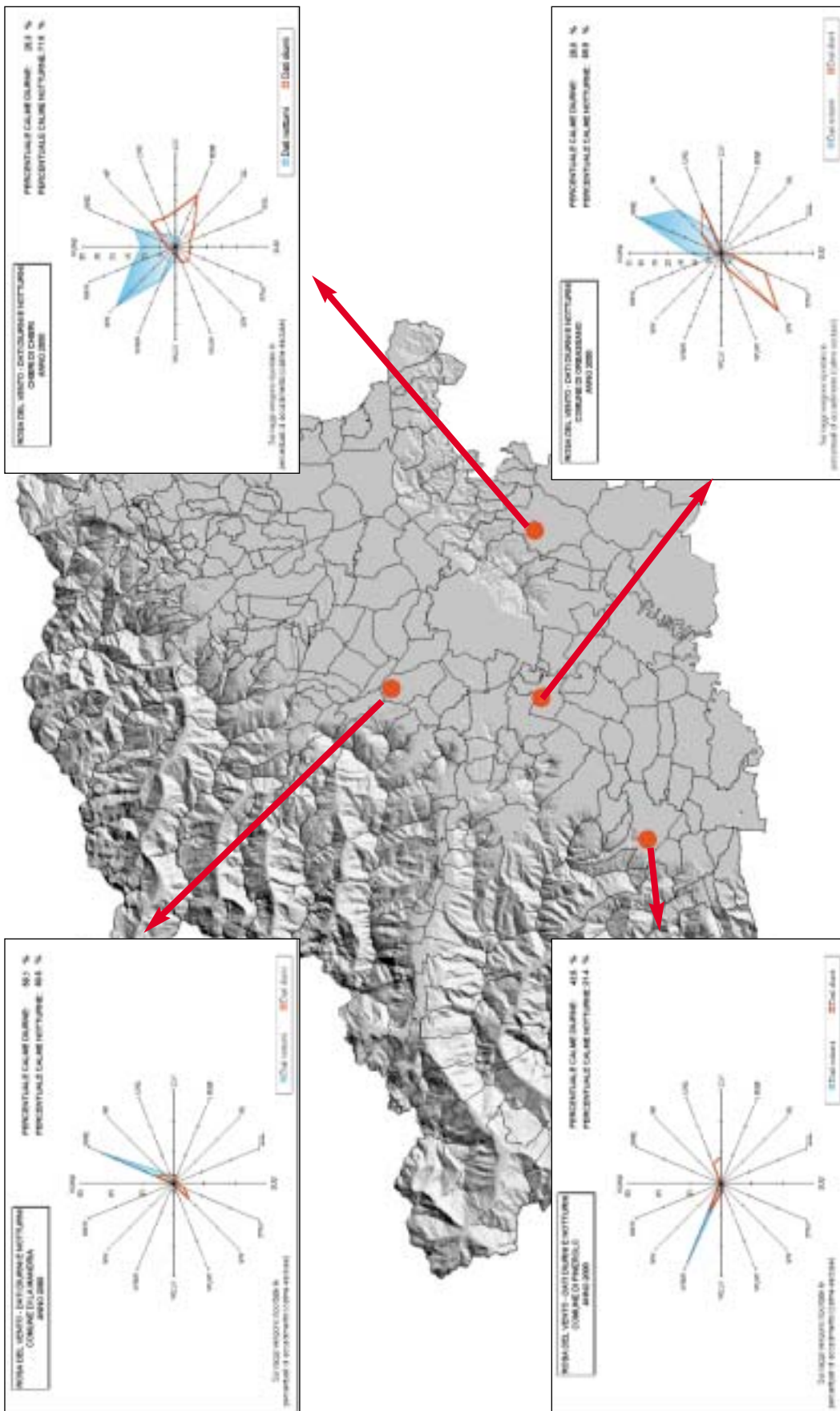


FIGURA 36: carta della provincia di Torino riportante le rose dei venti registrate nelle stazioni di Chieri, Druento-La Mandria, Orbassano e Pinerolo.



STAZIONE DI TORINO - ALENIA					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA *	DEVIAZIONE STANDARD *
GENNAIO 2000	94.2	3.3	7.2	1.6	1.1
FEBBRAIO 2000	93.5	1.9	11.0	2.0	1.6
MARZO 2000	95.0	1.0	8.2	2.0	1.1
APRILE 2000	95.3	1.9	6.5	2.2	1.1
MAGGIO 2000	94.1	0.7	5.8	2.0	0.9
GIUGNO 2000	84.4	0.5	5.3	2.1	0.9
LUGLIO 2000	94.0	0.6	9.5	2.3	1.2
AGOSTO 2000	91.8	1.2	5.4	1.9	0.8
SETTEMBRE 2000	89.4	1.6	8.8	2.0	1.1
OTTOBRE 2000	94.2	2.9	6.3	1.6	0.9
NOVEMBRE 2000	93.6	3.0	10.5	1.5	1.0
DICEMBRE 2000	91.4	3.5	9.0	1.6	1.1
ANNO 2000	92.6	1.8	11.0	1.9	1.1

\* Calme di vento escluse

TABELLA 44: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-Alenia nel 2000.

STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA *	DEVIAZIONE STANDARD *
GENNAIO 2000	97.8	5.1	4.5	1.3	0.7
FEBBRAIO 2000	97.8	1.7	6.6	1.3	0.9
MARZO 2000	98.4	2.2	5.0	1.5	0.8
APRILE 2000	97.4	3.0	4.4	1.7	0.7
MAGGIO 2000	95.7	3.1	3.5	1.5	0.7
GIUGNO 2000	97.1	1.6	4.0	1.6	0.7
LUGLIO 2000	98.0	0.8	6.0	1.7	0.8
AGOSTO 2000	96.2	2.5	5.2	1.5	0.7
SETTEMBRE 2000	95.8	2.6	5.5	1.4	0.7
OTTOBRE 2000	97.3	6.6	5.2	1.2	0.6
NOVEMBRE 2000	98.1	3.7	4.2	1.2	0.5
DICEMBRE 2000	95.3	4.5	5.6	1.2	0.7
ANNO 2000	97.1	3.1	6.6	1.4	0.7

\* Calme di vento escluse

TABELLA 45: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-Consolata nel 2000.

STAZIONE DI TORINO - CNR					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA *	DEVIAZIONE STANDARD *
				(m/s)	(m/s)
GENNAIO 2000	89.5	45.8	3.8	1.1	0.7
FEBBRAIO 2000	92.0	27.5	4.6	1.4	1.0
MARZO 2000	93.8	24.4	4.7	1.4	0.7
APRILE 2000	93.1	24.6	3.8	1.5	0.7
MAGGIO 2000	94.9	19.8	3.6	1.4	0.6
GIUGNO 2000	94.6	14.7	3.9	1.4	0.6
LUGLIO 2000	95.7	15.2	5.9	1.6	0.8
AGOSTO 2000	94.2	17.8	3.4	1.3	0.6
SETTEMBRE 2000	94.6	23.9	4.0	1.3	0.6
OTTOBRE 2000	95.6	41.5	3.3	1.2	0.6
NOVEMBRE 2000	94.0	42.2	4.0	1.0	0.5
DICEMBRE 2000	91.1	45.9	4.7	1.0	0.7
ANNO 2000	93.6	28.5	5.9	1.3	0.7

\* Calme di vento escluse

TABELLA 46: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-CNR nel 2000.

STAZIONE DI TORINO - CSELT					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA *	DEVIAZIONE STANDARD *
				(m/s)	(m/s)
GENNAIO 2000	93.5	6.0	6.2	1.5	0.9
FEBBRAIO 2000	95.4	4.4	9.8	1.7	1.2
MARZO 2000	96.1	2.9	8.9	2.0	1.2
APRILE 2000	95.8	1.3	8.3	2.1	1.2
MAGGIO 2000	96.6	2.8	5.6	1.9	1.0
GIUGNO 2000	95.1	2.9	5.4	2.1	1.0
LUGLIO 2000	95.7	1.7	7.7	2.2	1.1
AGOSTO 2000	95.7	3.9	7.2	1.9	1.0
SETTEMBRE 2000	93.9	4.3	7.0	1.9	1.1
OTTOBRE 2000	94.0	6.3	7.9	1.6	1.1
NOVEMBRE 2000	94.9	5.3	6.2	1.4	0.8
DICEMBRE 2000	92.5	12.6	7.5	1.4	0.9
ANNO 2000	94.9	4.6	9.8	1.8	1.1

\* Calme di vento escluse

TABELLA 47: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-CSELT nel 2000.

STAZIONE DI CHIERI PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA *	DEVIAZIONE STANDARD *
GENNAIO 2000	98.7	72.9	3.2	1.0	0.5
FEBBRAIO 2000	98.4	68.8	4.3	1.4	0.9
MARZO 2000	92.9	41.2	4.3	1.3	0.6
APRILE 2000	87.5	36.8	3.2	1.4	0.5
MAGGIO 2000	66.0	46.2	3.2	1.5	0.7
GIUGNO 2000	51.1	49.7	2.8	1.3	0.5
LUGLIO 2000	0	—	—	—	—
AGOSTO 2000	0	—	—	—	—
SETTEMBRE 2000	0	—	—	—	—
OTTOBRE 2000	0	—	—	—	—
NOVEMBRE 2000	0	—	—	—	—
DICEMBRE 2000	0	—	—	—	—
ANNO 2000	41.0	53.5	4.3	1.3	0.6

\* Calme di vento escluse

TABELLA 48: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Chieri nel 2000.

STAZIONE DI DRUENTO - LA MANDRIA PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA *	DEVIAZIONE STANDARD *
GENNAIO 2000	91.1	74.3	2.6	0.9	0.4
FEBBRAIO 2000	88.2	63.4	4.6	1.3	0.9
MARZO 2000	85.9	49.1	4.2	1.3	0.7
APRILE 2000	91.5	51.6	4.0	1.4	0.7
MAGGIO 2000	82.7	75.1	2.5	1.0	0.4
GIUGNO 2000	66.3	68.1	3.1	1.3	0.6
LUGLIO 2000	0	—	—	—	—
AGOSTO 2000	0	—	—	—	—
SETTEMBRE 2000	0	—	—	—	—
OTTOBRE 2000	0	—	—	—	—
NOVEMBRE 2000	0	—	—	—	—
DICEMBRE 2000	0	—	—	—	—
ANNO 2000	42.0	63.4	4.6	1.2	0.7

\* Calme di vento escluse

TABELLA 49: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Druento-La Mandria nel 2000.

STAZIONE DI ORBASSANO PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2000	98.7	57.5	4.4	1.2	0.7
FEBBRAIO 2000	98.1	39.9	6.3	1.7	1.2
MARZO 2000	96.2	28.2	6.1	1.5	0.8
APRILE 2000	87.6	33.4	4.6	1.5	0.7
MAGGIO 2000	87.4	37.2	3.7	1.3	0.6
GIUGNO 2000	91.3	40.8	3.5	1.3	0.6
LUGLIO 2000	89.0	36.4	4.8	1.5	0.7
AGOSTO 2000	87.6	46.6	3.3	1.3	0.6
SETTEMBRE 2000	90.1	41.8	3.3	1.3	0.6
OTTOBRE 2000	97.7	58.3	4.3	1.2	0.7
NOVEMBRE 2000	98.6	61.8	5.7	1.2	0.7
DICEMBRE 2000	97.7	65.1	4.8	1.2	0.8
ANNO 2000	93.3	46.0	6.3	1.4	0.8

\* Calme di vento escluse

TABELLA 50: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Orbassano nel 2000.

STAZIONE DI PINEROLO PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2000					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2000	89.0	22.8	3.5	1.2	0.5
FEBBRAIO 2000	87.1	25.0	5.6	1.5	0.9
MARZO 2000	76.7	19.8	5.0	1.3	0.6
APRILE 2000	83.8	38.6	3.6	1.1	0.5
MAGGIO 2000	76.6	26.7	3.0	1.3	0.5
GIUGNO 2000	72.6	18.0	3.5	1.4	0.5
LUGLIO 2000	64.0	20.6	5.8	1.4	0.6
AGOSTO 2000	77.0	17.3	2.5	1.3	0.4
SETTEMBRE 2000	82.6	25.9	3.7	1.3	0.6
OTTOBRE 2000	78.6	39.3	3.8	1.2	0.6
NOVEMBRE 2000	93.8	39.1	4.4	1.2	0.5
DICEMBRE 2000	95.3	42.9	4.3	1.1	0.5
ANNO 2000	81.4	28.5	5.8	1.3	0.6

\* Calme di vento escluse

TABELLA 51: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Pinerolo nel 2000.

## Pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni

### *Sistemi di rilevamento*

Lo strumento utilizzato per la misura della **pressione atmosferica**, espressa in millibar (mbar), prende il nome di barometro. Esso deve essere posizionato in un luogo riparato da sbalzi di temperatura, vibrazioni, radiazione solare e correnti d'aria; a tal fine può essere installato all'interno della stazione di misura: in tal caso deve essere collegato, tramite un apposito condotto, ad una presa d'aria esterna.

Lo strumento impiegato nella misura della **temperatura** dell'aria, espressa in gradi centigradi (°C), è il termometro. Il suo posizionamento viene effettuato generalmente ad un'altezza dal suolo compresa fra 1,5 e 2 metri; il sensore deve essere protetto dalla radiazione solare e corredato di un dispositivo per la ventilazione forzata che non alteri la misura e che sia in grado di mantenere un valore costante della velocità dell'aria attorno all'elemento sensibile.

Lo strumento utilizzato per la misura dell'**umidità relativa**, espressa in unità percentuali, prende il nome di igrometro. La sua installazione deve prevedere gli accorgimenti precedentemente indicati per il termometro.

Lo strumento adottato per la misura delle **precipitazioni atmosferiche**, espresse in millimetri di pioggia (mm), è detto pluviometro. Il suo posizionamento deve essere realizzato in modo tale che l'imboccatura calibrata dello strumento risulti perfettamente orizzontale e che si trovi ad un'altezza non inferiore ad un metro, sufficiente ad evitare che le gocce di pioggia rimbalzino dal suolo nel pluviometro. Lo strumento deve inoltre essere dotato di scaldiglia per lo scioglimento delle precipitazioni nevose e per evitare la formazione di ghiaccio.

La validazione dei valori medi orari rilevati dalla rete di monitoraggio provinciale viene operata valutando la regolarità dell'andamento giornaliero.

In particolare, per le misure di pressione atmosferica, il controllo è volto ad evidenziare l'eventuale presenza di brusche variazioni nella registrazione della misura, giustificate solamente in occasione di perturbazioni di una certa intensità.

Nel caso delle misure di temperatura, il controllo viene eseguito osservando gli andamenti orari dei valori massimi, rilevabili generalmente verso le ore 13:00÷14:00, e dei valori minimi giornalieri, in genere collocati fra le 5:00 e le 7:00, in relazione alle condizioni di insolazione registrate.

Anche per quanto concerne le misure di umidità relativa il controllo verifica l'occorrenza dei valori massimi, normalmente localizzati fra le 23:00 e le 6:00, e dei valori minimi giornalieri, normalmente riscontrabili fra le 13:00 e le 14:00, in relazione ai dati di temperatura e di presenza di precipitazioni atmosferiche registrati nel corso della giornata.

Per le diverse grandezze (pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche), in aggiunta ai controlli sopra citati, i dati registrati vengono confrontati con valori medi ed estremi stagionali, nonché con i valori registrati da stazioni vicine.

### *Elaborazione dei dati*

Nelle pagine seguenti vengono proposte le elaborazioni effettuate sui dati medi orari rilevati nel corso dell'anno 2000 nelle stazioni di Torino-Consolata, Torino-CNR e Pino Torinese.

La scelta delle suddette stazioni è mirata ad evidenziare le diversità dei valori registrati in una stazione urbana (Torino-Consolata), in una stazione situata alla periferia dell'agglomerato urbano (Torino-CNR) ed in una stazione posta in quota rispetto alle due precedenti (Pino Torinese, 619 m s.l.m. a fronte di 249 m s.l.m. delle stazioni di Torino).

Per quanto riguarda i parametri **pressione atmosferica** e **temperatura** sono stati rappresentati graficamente i valori medi mensili registrati nelle diverse stazioni, associati al valore minimo e massimo orario.

Per ogni stazione sono state inoltre riportate in forma tabellare le statistiche mensili relative ai due parametri:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;



- i valori minimo e massimo tra i dati orari;
- i valori minimo e massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.

Si fa notare che, per quanto riguarda la pressione atmosferica, i dati riportati sono relativi alle sole stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese.

Nel caso dell'umidità relativa, sono state riportate in un unico prospetto tabellare (tabella 52) le statistiche mensili relative alle tre stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- i valori minimo e massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.

Anche per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, sono state riportate in un'unica tabella (tabella 53) le statistiche mensili relative alle tre stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di giornate nel corso delle quali si sono verificate precipitazioni atmosferiche;
- il valore massimo mensile di precipitazione giornaliera;
- la precipitazione totale mensile.

È da notare che la stazione della rete di monitoraggio provinciale di Pino Torinese non è dotata di pluviometro; si è pertanto fatto ricorso ai dati di precipitazione acquisiti presso la stazione di Pino Torinese installata presso l'Osservatorio Astronomico, appartenente alla Rete Meteoidrografica della Regione Piemonte.

Infine, sotto forma di grafico ad istogrammi (figura 42), sono stati confrontati i risultati delle elaborazioni realizzate per le tre stazioni: valori medi mensili per i parametri pressione atmosferica, temperatura ed umidità relativa, sommatoria mensile per il parametro precipitazioni atmosferiche.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili, presso l'A.R.P.A., Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino, anche per le stazioni della rete provinciale non considerate nella presente relazione (Druento-La Mandria, Torino-Alenia, Torino-CSELT e Torino-La Stampa).

STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA  
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2000

	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2000	99	984	1014	989	1013	1002
FEBBRAIO 2000	99	982	1017	987	1015	1002
MARZO 2000	100	981	1014	983	1012	997
APRILE 2000	100	976	1006	977	1003	990
MAGGIO 2000	99	984	1002	985	1001	995
GIUGNO 2000	100	988	1009	990	1006	997
LUGLIO 2000	100	975	1002	978	1001	991
AGOSTO 2000	97	985	1003	988	998	996
SETTEMBRE 2000	99	978	1005	983	1003	993
OTTOBRE 2000	99	976	1011	978	1010	995
NOVEMBRE 2000	99	970	1008	973	1007	992
DICEMBRE 2000	100	971	1009	973	1008	995

PRESSIONE ATMOSFERICA  
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI  
STAZIONE DI TORINO-CONSOLATA - ANNO 2000

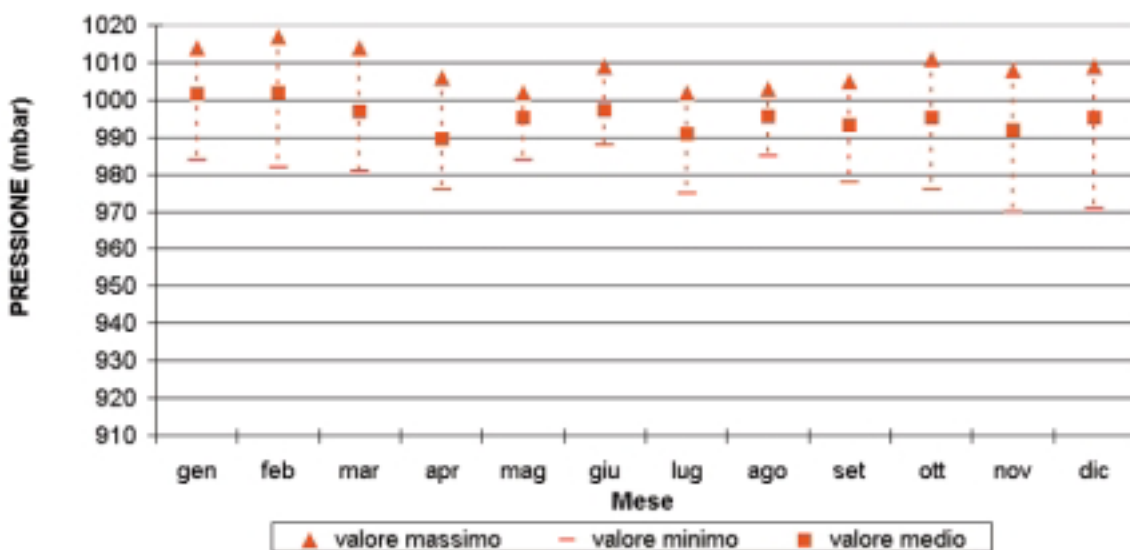


FIGURA 37: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Torino-Consolata nell'anno 2000.

STAZIONE DI PINO TORINESE						
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2000						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2000	97	928	957	930	957	946
FEBBRAIO 2000	96	928	962	932	959	947
MARZO 2000	100	927	958	929	956	943
APRILE 2000	100	921	950	923	947	935
MAGGIO 2000	100	932	950	933	949	943
GIUGNO 2000	100	936	956	939	954	945
LUGLIO 2000	99	924	950	927	949	939
AGOSTO 2000	81	933	951	936	949	944
SETTEMBRE 2000	100	926	952	931	951	941
OTTOBRE 2000	77	923	951	925	948	940
NOVEMBRE 2000	100	916	953	919	951	937
DICEMBRE 2000	0	—	—	—	—	—

PRESSIONE ATMOSFERICA  
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI  
STAZIONE DI PINO TORINESE - ANNO 2000

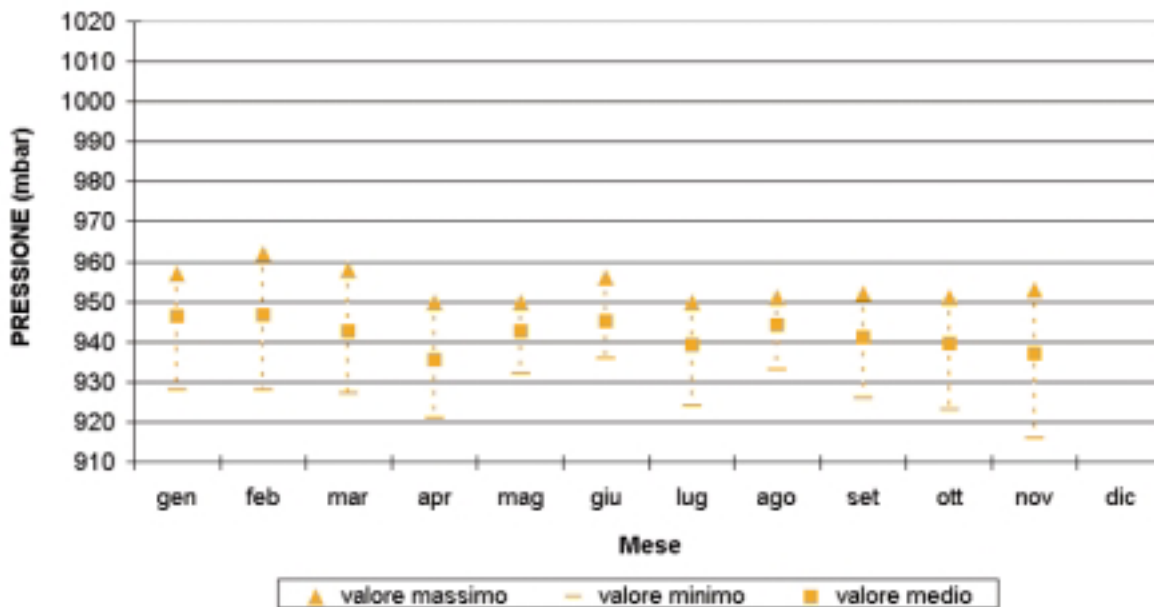


FIGURA 38: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2000.

STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA PARAMETRO: TEMPERATURA - 2000						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2000	99	-3	21	0	11	5
FEBBRAIO 2000	99	1	19	5	11	8
MARZO 2000	100	3	25	7	17	12
APRILE 2000	100	7	27	9	21	14
MAGGIO 2000	99	14	28	16	23	19
GIUGNO 2000	100	17	31	18	26	23
LUGLIO 2000	100	13	32	18	27	23
AGOSTO 2000	97	16	34	19	28	25
SETTEMBRE 2000	99	13	29	15	24	21
OTTOBRE 2000	99	9	25	12	19	15
NOVEMBRE 2000	99	5	18	7	11	9
DICEMBRE 2000	100	-1	14	1	11	7

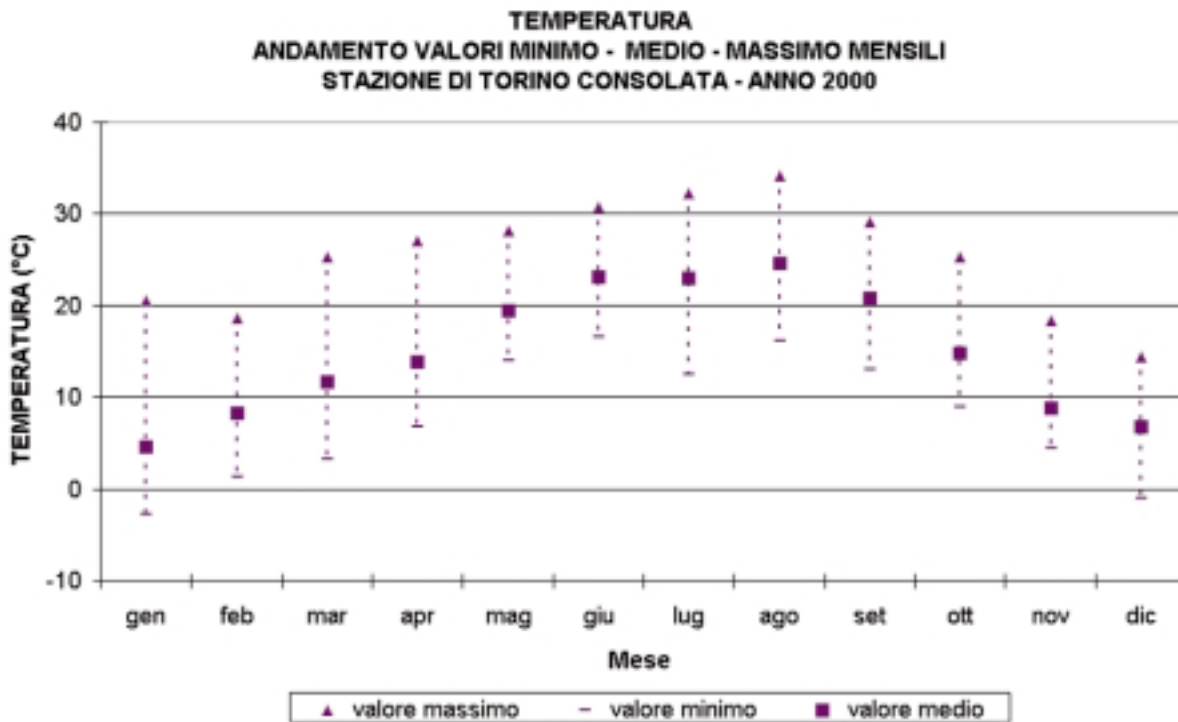


FIGURA 39: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Torino-Consolata nell'anno 2000.

STAZIONE DI TORINO - CNR						
PARAMETRO: TEMPERATURA - 2000						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2000	95	-7	17	-2	7	1
FEBBRAIO 2000	98	-2	17	3	10	6
MARZO 2000	98	-1	24	6	13	10
APRILE 2000	98	1	26	7	20	12
MAGGIO 2000	99	10	28	14	22	19
GIUGNO 2000	99	14	31	17	25	22
LUGLIO 2000	99	11	32	17	26	22
AGOSTO 2000	99	15	33	18	27	24
SETTEMBRE 2000	99	11	29	15	22	20
OTTOBRE 2000	98	6	25	12	19	13
NOVEMBRE 2000	99	0	17	4	11	7
DICEMBRE 2000	98	-6	13	-2	9	4

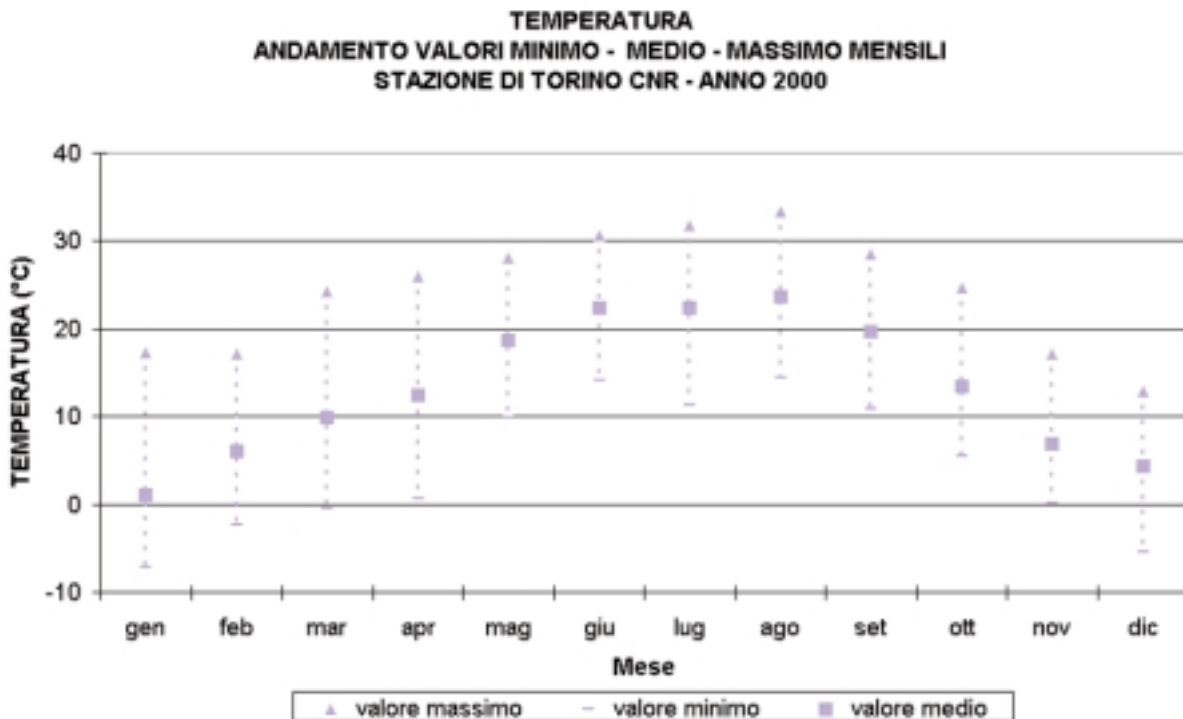


FIGURA 40: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Torino-CNR nell'anno 2000.



STAZIONE DI PINO TORINESE PARAMETRO: TEMPERATURA - 2000						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2000	97	-7	17	-5	14	2
FEBBRAIO 2000	97	-3	13	2	10	5
MARZO 2000	100	-1	20	2	17	9
APRILE 2000	100	3	23	4	19	10
MAGGIO 2000	100	10	24	12	20	16
GIUGNO 2000	100	13	28	14	24	20
LUGLIO 2000	77	11	28	17	23	20
AGOSTO 2000	81	15	31	16	27	22
SETTEMBRE 2000	100	10	25	13	21	18
OTTOBRE 2000	100	7	20	8	16	12
NOVEMBRE 2000	100	2	13	3	10	6
DICEMBRE 2000	100	-4	11	-3	9	4

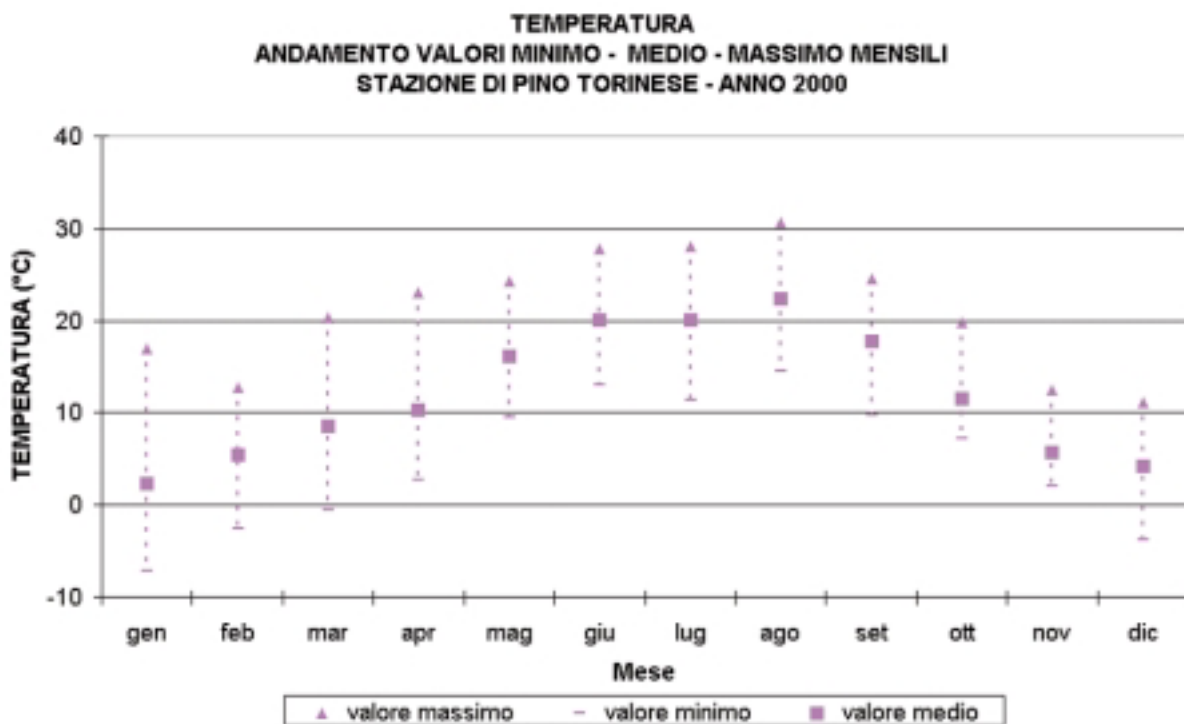


FIGURA 41: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2000.

**STAZIONI DI  
TORINO - CONSOLATA  
TORINO - CNR  
PINO TORINESE  
PARAMETRO: UMITÀ RELATIVA - 2000**

	STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA				STAZIONE DI TORINO - CNR				STAZIONE DI PINO TORINESE			
	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)
Gennaio 2000	99	34	82	59	95	45	96	78	97	11	83	54
Febbraio 2000	99	13	84	49	98	17	96	61	97	11	91	50
Marzo 2000	100	15	79	42	98	19	81	53	100	12	92	48
Aprile 2000	100	32	87	60	98	48	96	71	100	36	98	72
Maggio 2000	99	38	87	60	99	33	96	68	100	46	99	73
Giugno 2000	99	29	83	51	99	42	93	60	100	42	97	65
Luglio 2000	100	16	85	47	99	21	89	54	77	38	98	64
Agosto 2000	97	39	77	53	99	50	84	64	81	55	98	73
Settembre 2000	58	22	60	44	35	37	69	52	100	33	99	68
Ottobre 2000	0	—	—	—	0	—	—	—	32	19	99	57
Novembre 2000	23	53	79	70	0	—	—	—	17	40	74	54
Dicembre 2000	100	41	95	79	0	—	—	—	100	26	99	81

TABELLA 52: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata, Torino-CNR e Pino Torinese nell'anno 2000.

STAZIONI DI TORINO - CONSOLATA TORINO - CNR PINO TORINESE PARAMETRO: PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE - 2000													
	STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA				STAZIONE DI TORINO - CNR				STAZIONE DI PINO TORINESE*				
	Numero dati validi (%)	Presenza di precipitazioni (n. giorni)	Precipitazione giornaliera: valore massimo mensile (mm)	Precipitazioni totali nel mese (mm)	Numero dati validi (%)	Presenza di precipitazioni (n. giorni)	Precipitazione giornaliera: valore massimo mensile (mm)	Precipitazioni totali nel mese (mm)	Numero dati validi (%)	Presenza di precipitazioni (n. giorni)	Precipitazione giornaliera: valore massimo mensile (mm)	Precipitazioni totali nel mese (mm)	
Gennaio 2000	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	
Febbraio 2000	100	1	1	1	100	1	1	1	97	0	0	0	
Marzo 2000	100	3	9	17	100	3	12	21	100	4	6	10	
Aprile 2000	100	14	61	123	99	10	62	129	100	16	33	92	
Maggio 2000	99	15	45	175	100	12	43	175	100	14	39	132	
Giugno 2000	100	8	33	99	100	8	35	81	100	9	18	35	
Luglio 2000	100	8	14	36	100	7	19	61	100	7	18	53	
Agosto 2000	97	7	34	91	99	8	27	124	100	8	21	77	
Settembre 2000	93	3	48	99	99	5	112	210	100	8	81	199	
Ottobre 2000	97	6	85	151	99	11	103	178	100	13	74	128	
Novembre 2000	100	9	41	137	99	7	37	128	100	13	36	105	
Dicembre 2000	100	8	8	21	100	8	9	22	100	6	7	16	

\* I dati relativi alle precipitazioni atmosferiche di Pino Torinese sono forniti dalla Rete Meteorografica della Regione Piemonte

TABELLA 53: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata, Torino-CNR e Pino Torinese (Rete Regionale) nell'anno 2000.

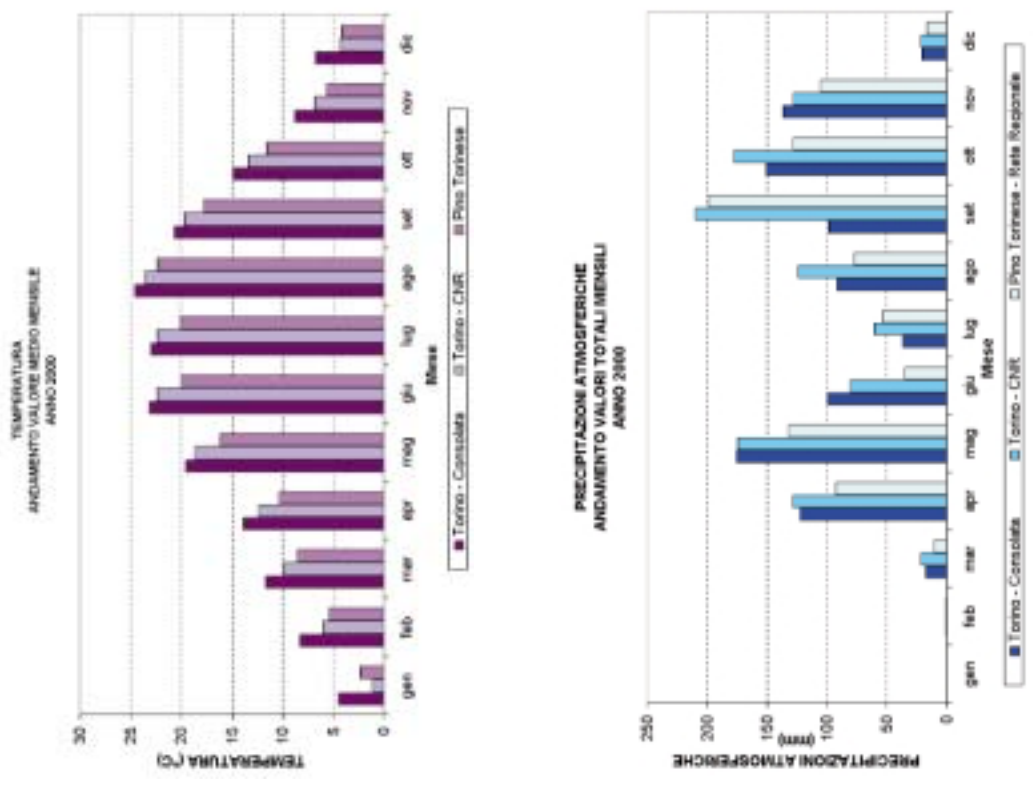


FIGURA 42: confronto fra le stazioni di Torino-Consolata, Torino-CNR e Pino Torinese: parametri pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche.

## Radiazione solare globale e netta

### *Sistemi di rilevamento*

**La radiazione solare globale** è rappresentata dalla somma della radiazione diretta, proveniente dal sole, e della radiazione diffusa dall'atmosfera verso il suolo. La sua intensità dipende dalla stagione, dalla nuvolosità e dalla posizione del sole sull'orizzonte rispetto al punto d'osservazione.

Lo strumento utilizzato per la misura della radiazione solare globale, espressa in  $W/m^2$ , prende il nome di radiometro globale. Esso deve essere installato su un supporto rigido, in grado di resistere anche a venti di elevata intensità, ad un'altezza dal suolo compresa tra 1,5 e 2 metri; può anche essere fissato sulla sommità della centralina. Nella collocazione del radiometro è necessario evitare, tenendo conto della rotazione del sole nel corso del periodo diurno, che la presenza di ostacoli possa agire da schermo nei confronti della radiazione solare e che nessuna ombra venga proiettata sullo strumento durante la misura. Non devono essere inoltre presenti oggetti riflettenti ed illuminazione artificiale.

**La radiazione solare netta**, sempre espressa in  $W/m^2$ , è data dalla differenza tra la radiazione solare globale e quella proveniente dal terreno (la frazione riflessa e la frazione riemessa, dopo assorbimento, dal suolo). Lo strumento per la misura della radiazione solare netta prende il nome di radiometro netto. Esso, effettuando la misura differenziale tra la radiazione solare globale e la radiazione proveniente dal suolo, deve essere installato seguendo gli stessi accorgimenti citati per il radiometro globale, facendo inoltre attenzione al fatto che non vi siano ostacoli tra il sensore ed il terreno sottostante; lo sbraccio laterale, rispetto al supporto principale verticale, dovrà pertanto avere una lunghezza di circa un metro e permettere un preciso livellamento orizzontale. Infine deve essere evitata qualsiasi influenza da parte del supporto e/o del terreno (preferibilmente ricoperto da manto erboso).

La validazione dei valori medi orari rilevati dalla rete di monitoraggio provinciale viene operata valutando la regolarità dell'andamento giornaliero.

In particolare, per le misure di radiazione solare globale, il valore massimo giornaliero si colloca intorno alle ore 13:00, mentre di notte i valori scendono a zero; la presenza di riduzioni sistematiche del valore misurato, alla stessa ora del giorno, può essere sintomo di un non corretto posizionamento dello strumento, a causa di ostacoli che proiettano la loro ombra sul sensore. I valori diurni vanno inoltre confrontati con quelli corrispondenti registrati dal radiometro netto, che, pur risultando ovviamente più bassi (mediamente  $2/3$  inferiori rispetto ai dati di radiazione globale), devono comunque presentare un andamento sovrapponibile.

Analogamente ai dati di radiazione globale, il valore massimo giornaliero di radiazione solare netta generalmente si colloca, in giornate serene, intorno alle ore 13:00. I valori registrati dal radiometro netto passano per lo zero e cambiano di segno mediamente un'ora prima del tramonto ed un'ora dopo l'alba; di notte i valori sono negativi e si mantengono mediamente costanti in presenza di copertura del cielo costante. Anche in questo caso bisogna verificare che non vi siano riduzioni sistematiche dei valori rilevati alla stessa ora del giorno (sintomo di ombra sul sensore).

I dati di radiazione, sia globale che netta, vengono infine confrontati con valori medi ed estremi stagionali, nonché con valori registrati da stazioni vicine.

### *Elaborazione dei dati*

Ai fini della presente pubblicazione si è scelto di riportare solamente le elaborazioni relative alle stazioni esterne al capoluogo: Druento-La Mandria, Orbassano e Vinovo.

Sotto forma di grafico ad istogrammi, sono stati posti a confronto i valori medi mensili di radiazione solare globale e radiazione solare netta registrati presso ognuna delle tre stazioni (figura 43).

Per ogni stazione, inoltre, sono riportate in un unico prospetto tabellare le statistiche mensili relative ai due parametri (radiazione globale e netta):

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il valore massimo tra i dati orari;
- il valore massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.



Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili presso l'A.R.P.A., Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino, anche per le stazioni della rete provinciale non considerate nella presente relazione (Torino-Consolata per la radiazione globale e Torino-CNR per la radiazione netta).

STAZIONE DI DRUENTO - LA MANDRIA								
PARAMETRI: RADIAZIONE SOLARE GLOBALE E NETTA- 2000								
RADIAZIONE SOLARE GLOBALE					RADIAZIONE SOLARE NETTA			
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MASSIMO ORARIO (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MEDIO MENSILE (W/m <sup>2</sup> )	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MASSIMO ORARIO (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MEDIO MENSILE (W/m <sup>2</sup> )
GENNAIO 2000	100	556	109	74	100	204	39	24
FEBBRAIO 2000	98	726	164	107	98	291	49	36
MARZO 2000	100	755	248	165	100	344	96	59
APRILE 2000	100	1004	291	155	100	404	118	66
MAGGIO 2000	73	999	340	201	74	433	138	88
GIUGNO 2000	68	1104	349	226	68	504	150	99
LUGLIO 2000	79	1010	332	233	70	691	166	107
AGOSTO 2000	79	934	308	222	80	356	110	80
SETTEMBRE 2000	41	732	208	108	41	277	63	38
OTTOBRE 2000	78	765	125	61	78	267	40	22
NOVEMBRE 2000	100	532	118	54	100	169	32	17
DICEMBRE 2000	42	404	75	51	59	130	23	13

TABELLA 54: elaborazioni dei dati della radiazione solare globale e netta rilevati nella stazione di Druento - La Mandria nell'anno 2000.

STAZIONE DI ORBASSANO								
PARAMETRI: RADIAZIONE SOLARE GLOBALE E NETTA- 2000								
	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE				RADIAZIONE SOLARE NETTA			
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MASSIMO ORARIO (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MEDIO MENSILE (W/m <sup>2</sup> )	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MASSIMO ORARIO (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MEDIO MENSILE (W/m <sup>2</sup> )
GENNAIO 2000	87	487	100	65	87	187	20	5
FEBBRAIO 2000	100	614	136	90	100	267	27	17
MARZO 2000	99	830	217	144	99	427	80	46
APRILE 2000	89	903	254	144	90	472	109	60
MAGGIO 2000	90	965	306	199	90	494	138	89
GIUGNO 2000	99	951	317	215	100	655	188	102
LUGLIO 2000	99	950	305	229	100	472	111	86
AGOSTO 2000	85	856	260	192	85	443	117	86
SETTEMBRE 2000	99	790	217	147	60	396	95	70
OTTOBRE 2000	100	652	156	71	0	–	–	–
NOVEMBRE 2000	99	457	95	47	0	–	–	–
DICEMBRE 2000	100	368	76	39	100	334	106	26

TABELLA 55: elaborazioni dei dati della radiazione solare globale e netta rilevati nella stazione di Orbassano nell'anno 2000.

STAZIONE DI VINOVO								
PARAMETRI: RADIAZIONE SOLARE GLOBALE E NETTA - 2000								
	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE				RADIAZIONE SOLARE NETTA			
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MASSIMO ORARIO (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MEDIO MENSILE (W/m <sup>2</sup> )	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MASSIMO ORARIO (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (W/m <sup>2</sup> )	VALORE MEDIO MENSILE (W/m <sup>2</sup> )
GENNAIO 2000	100	500	107	58	100	174	15	–
FEBBRAIO 2000	100	595	149	92	100	190	18	9
MARZO 2000	99	772	210	147	99	402	87	51
APRILE 2000	92	956	258	157	92	501	115	67
MAGGIO 2000	88	936	312	203	88	474	135	90
GIUGNO 2000	98	949	327	227	98	491	144	102
LUGLIO 2000	98	927	311	237	99	485	135	104
AGOSTO 2000	90	909	279	198	90	452	132	91
SETTEMBRE 2000	87	751	234	159	87	404	103	67
OTTOBRE 2000	98	615	167	66	98	337	77	26
NOVEMBRE 2000	99	438	95	42	99	194	26	8
DICEMBRE 2000	95	315	64	29	95	141	12	3

TABELLA 56: elaborazioni dei dati della radiazione solare globale e netta rilevati nella stazione di Vinovo nell'anno 2000.

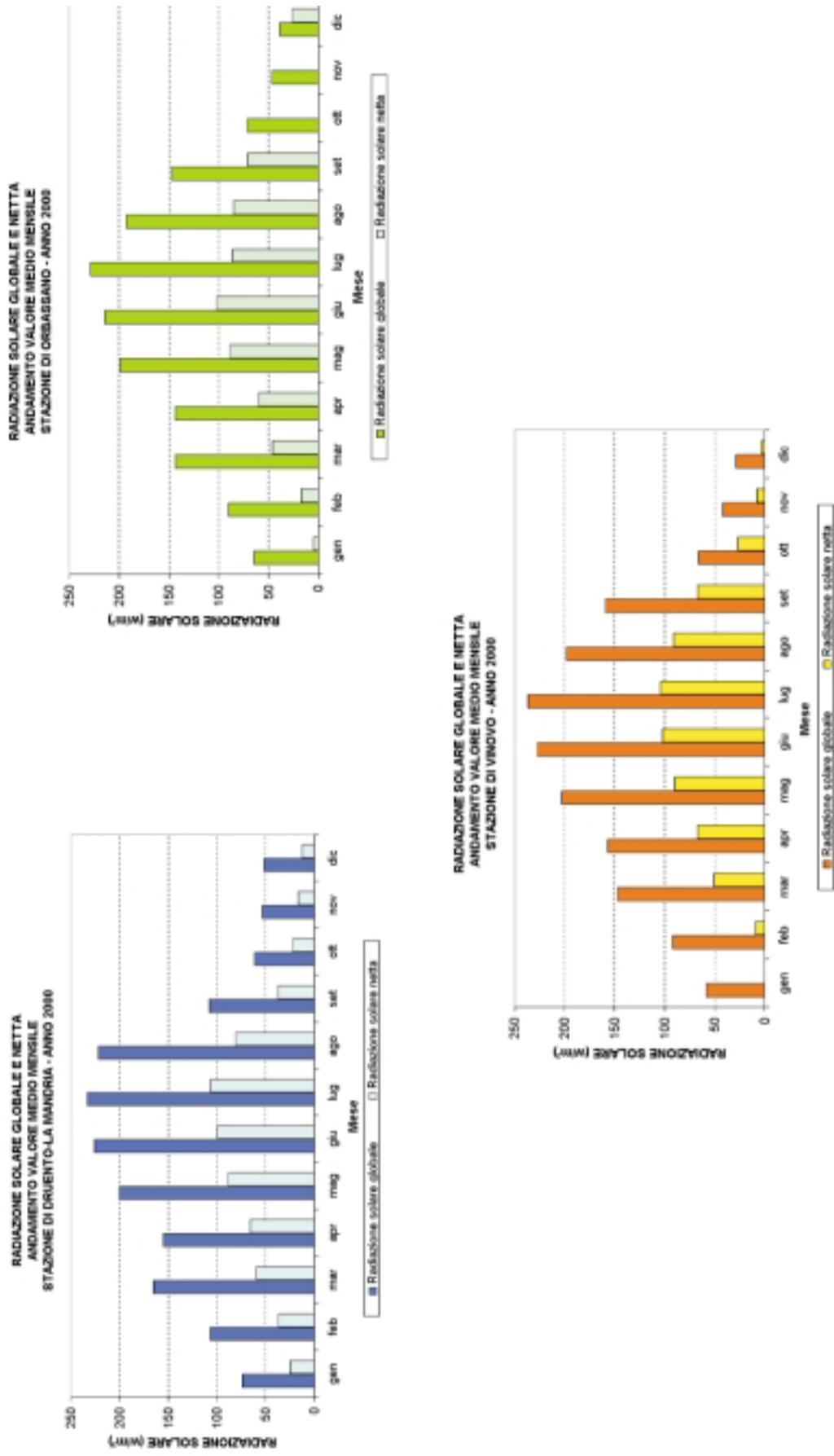


FIGURA 43: radiazione solare globale e netta: confronto delle medie mensili registrate presso le stazioni di Druento-La Mandria, Orbassano e Vinovo nell'anno 2000.

Al termine delle elaborazioni riguardanti i parametri meteorologici rilevati presso le stazioni della rete provinciale, si è ritenuto interessante procedere ad una valutazione dell'anno 2000, limitata all'andamento delle grandezze meteorologiche ritenute maggiormente significative, in rapporto al decennio precedente.

Le statistiche meteorologiche relative all'anno 2000 sono state confrontate con le elaborazioni effettuate sui dati registrati dal 1990 al 1999; è stata quindi scelta una stazione dell'area metropolitana per la quale fosse disponibile un'adeguata serie storica. A completamento dell'informazione è stato utilizzato lo studio climatologico<sup>3</sup> realizzato sulla base dati acquisita dalla rete meteoidrografica della Regione Piemonte nel corso degli anni 1951÷1986.

La stazione individuata ai fini della valutazione statistica, denominata Buon Pastore ed installata in Corso Regina Margherita a Torino, appartiene alla Rete Meteoidrografica della Regione Piemonte.

I parametri ritenuti caratterizzanti dal punto di vista meteorologico ai fini di un confronto su scala pluriennale sono la temperatura e la presenza di precipitazioni atmosferiche.

Il calcolo della **temperatura** media dell'anno 2000 per la stazione Torino-Buon Pastore risulta pari a 13.8 °C, quindi lievemente superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13.3 °C) sia alla media calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1951÷1986 (13.0 °C). L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio relativo al decennio 1990÷1999 (figura 44). Le differenze maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di gennaio (abbassamento termico percentuale superiore al 20%), febbraio e dicembre (innalzamenti termici percentuali rispettivamente superiori al 20% ed al 50%).

Nello stesso grafico l'esame dell'andamento medio calcolato sul decennio, confermato dall'analisi delle serie storiche ultratrentennali, evidenzia la coincidenza del massimo con il mese di luglio; nel caso del 2000, essendosi riscontrati nel mese di luglio valori mediamente più bassi rispetto alle statistiche annuali precedenti, il massimo risulta posticipato al mese successivo.

Tale anomalia appare confermata dal confronto grafico (figura 45) fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2000 ed il range di valori medi calcolati a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente; appare evidente infatti la presenza, sempre nel mese di luglio, di numerosi valori inferiori alla media dei minimi orari storici.

Nella stessa figura spicca l'escursione termica verificatasi nel mese di gennaio 2000 in corrispondenza di un episodio di föhn che risulta superiore di oltre 5°C rispetto alla media dei massimi orari storici, tale misurazione è inoltre confermata dai dati acquisiti presso le stazioni della rete di monitoraggio provinciale.

Per quanto riguarda le **precipitazioni atmosferiche** l'analisi dei dati statistici relativi all'ultimo decennio evidenzia, per l'anno 2000, una presenza di precipitazioni superiore alla media sia in termini di quantità di pioggia sia in termini di numero di giornate piovose (figura 46). Per quanto riguarda le precipitazioni totali, l'anno caratterizzato dalla maggiore quantità di pioggia del decennio ripartita però su un numero di giornate che si colloca intorno alla media risulta il 1994, altro anno nel quale, oltre al 2000, si è verificato un evento alluvionale.

A titolo puramente informativo, utilizzando come parametro di confronto la densità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giornate piovose, si ottiene per il 1994 un valore di 15.9 mm pioggia/giorno, il più alto del decennio, e di 10.5 mm pioggia/giorno per il 2000, a fronte di un valore medio relativo al decennio pari a 11.9 mm pioggia/giorno. Per quanto riguarda la densità di precipitazioni relativa ai mesi nei quali si sono verificati i due eventi alluvionali del decennio (novembre 1994 ed ottobre 2000) il calcolo fornisce i valori rispettivamente di 40.5 mm pioggia/giorno (243 mm in 6 giornate) e 13.4 mm pioggia/giorno (160 mm in 12 giornate).

<sup>3</sup> "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra



L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte, precedentemente citato, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione quattro tipi di regime pluviometrico, dei quali tre di tipo continentale (minimo principale in inverno) ed uno di tipo mediterraneo (minimo principale in estate):

- *regime pluviometrico prealpino*: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;
- *regime pluviometrico sublitoraneo*: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- *regime pluviometrico subalpino*: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- *regime pluviometrico subcontinentale*: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico più diffuso in Piemonte, nonché quello attribuito all'area del capoluogo torinese, è quello prealpino. Nel grafico illustrato in figura 47 è riportato l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2000 confrontato con le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) per il decennio 1990÷1999.

Mentre il profilo relativo al decennio conferma il regime pluviometrico definito sulla base dei dati ultratrentennali come regime pluviometrico prealpino l'andamento dell'anno 2000 si discosta da quello precedente, presentando il minimo principale in inverno, il massimo principale al termine dell'estate ed il massimo secondario in primavera.

Dall'esame del grafico di figura 47 risulta inoltre la particolare siccità che ha caratterizzato il primo trimestre dell'anno 2000 (quantità di pioggia inferiore dell'85% rispetto alla media del decennio), con presenza di precipitazioni limitate al mese di marzo. L'assenza di pioggia unita alle condizioni di stabilità atmosferica tipiche del periodo invernale, sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera, possono spiegare l'accumulo di inquinanti ed il verificarsi dell'elevato numero di superamenti dei limiti di attenzione verificatisi nel mese di gennaio per il biossido di azoto.

Un'altra considerazione desumibile dallo stesso grafico è la concentrazione delle precipitazioni nel periodo settembre-novembre, con piovosità più che raddoppiata, rispetto alla media decennale, nel mese di settembre. Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella figura 48 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni; per ogni grafico viene segnalato inoltre il valore medio di precipitazione per il decennio.

Viene ovviamente confermata la scarsità di precipitazioni caratterizzante il primo trimestre 2000, necessariamente compensata, a fronte di un dato annuale di precipitazione superiore alla media, dalla quantità di pioggia caduta nei restanti trimestri.

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2000 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 1990÷1999) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana;
- la variabilità delle precipitazioni annuali nel corso del decennio esaminato risulta significativa; come si può desumere anche confrontando il grafico di figura 46 e dal calcolo del coefficiente di variazione<sup>4</sup> (22%). Il confronto con la figura 48, che riporta per lo stesso decennio un dettaglio trimestrale, evidenzia un incremento della variabilità con la riduzione della scala temporale; a conferma di ciò il coefficiente di variazione, calcolato sulla sommatoria delle precipitazioni trimestrali del periodo 1990÷2000, passa dal 28% del terzo trimestre al 78% del primo trimestre.

<sup>4</sup> Il coefficiente di variazione è definito dal rapporto percentuale tra la deviazione standard e la media di una serie di dati.

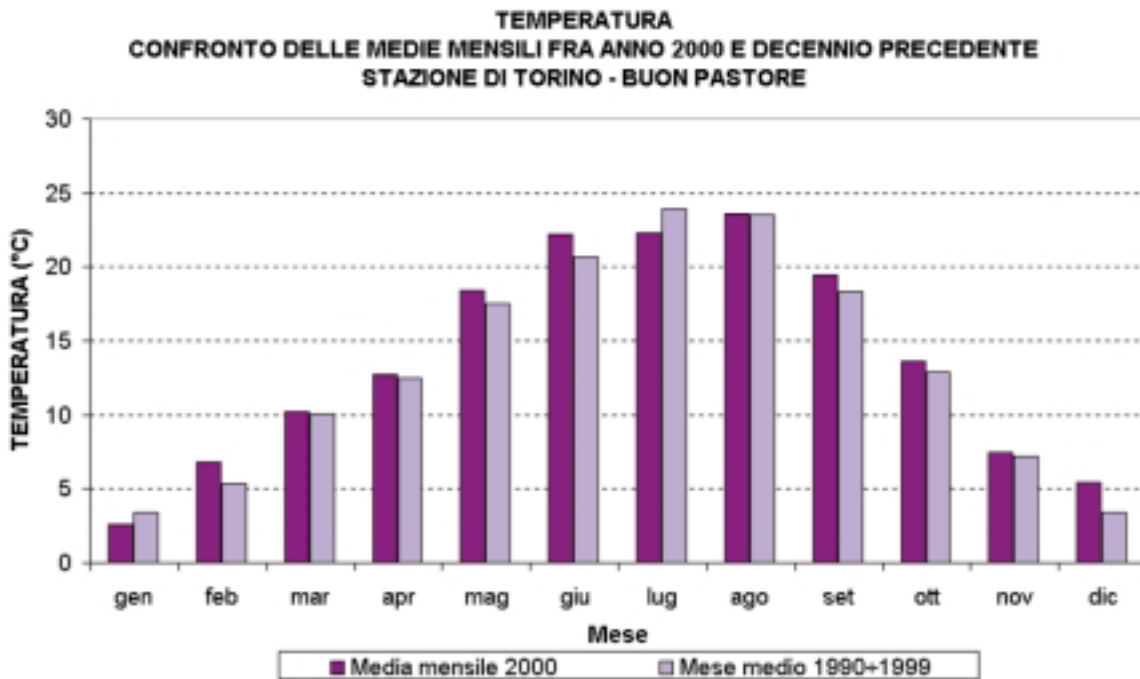


FIGURA 44: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2000 e per il decennio 1990÷1999 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

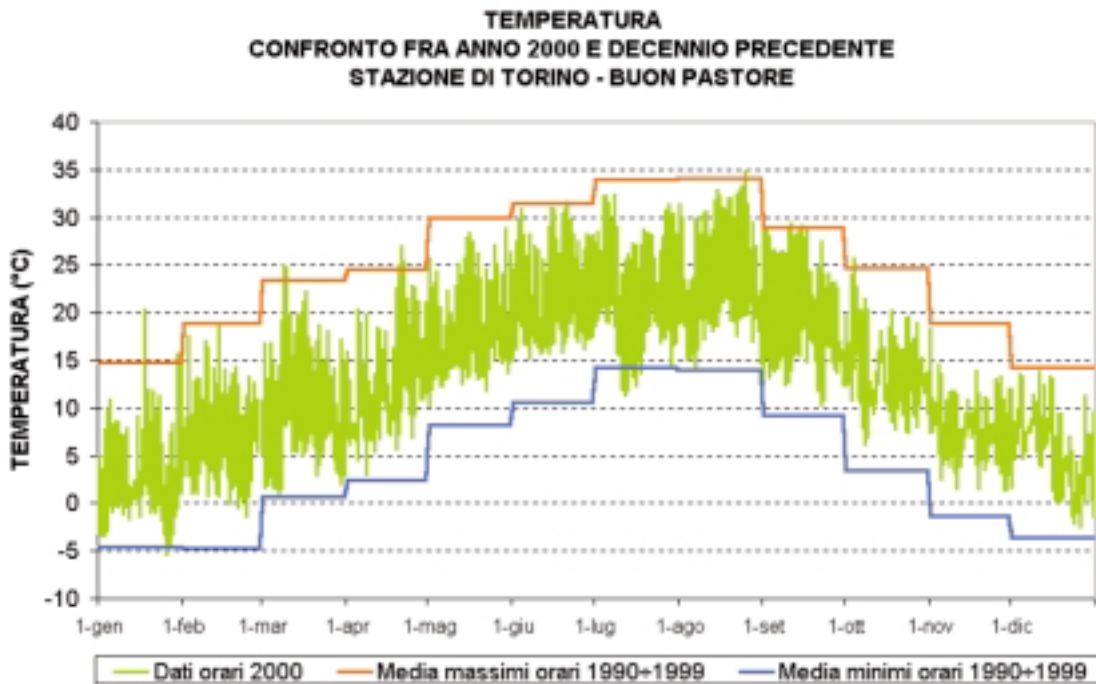


FIGURA 45: temperatura: valori orari per l'anno 2000 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 1990÷1999 presso la stazione di Torino-Buon Pastore.

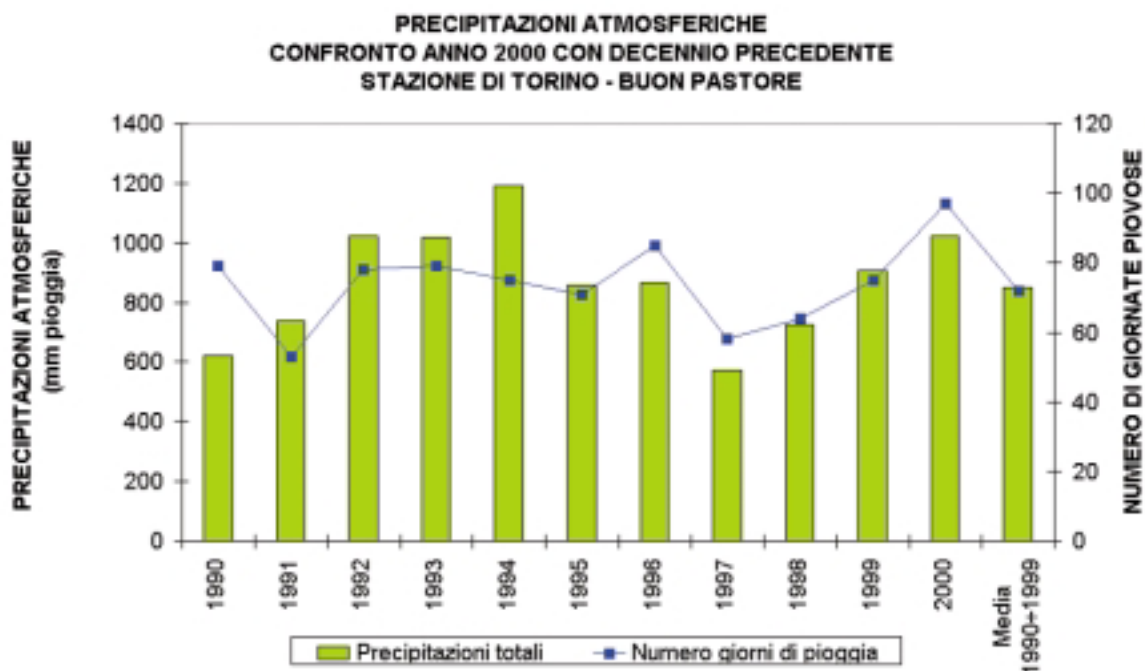


FIGURA 46: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di pioggia e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino-Buon Pastore.

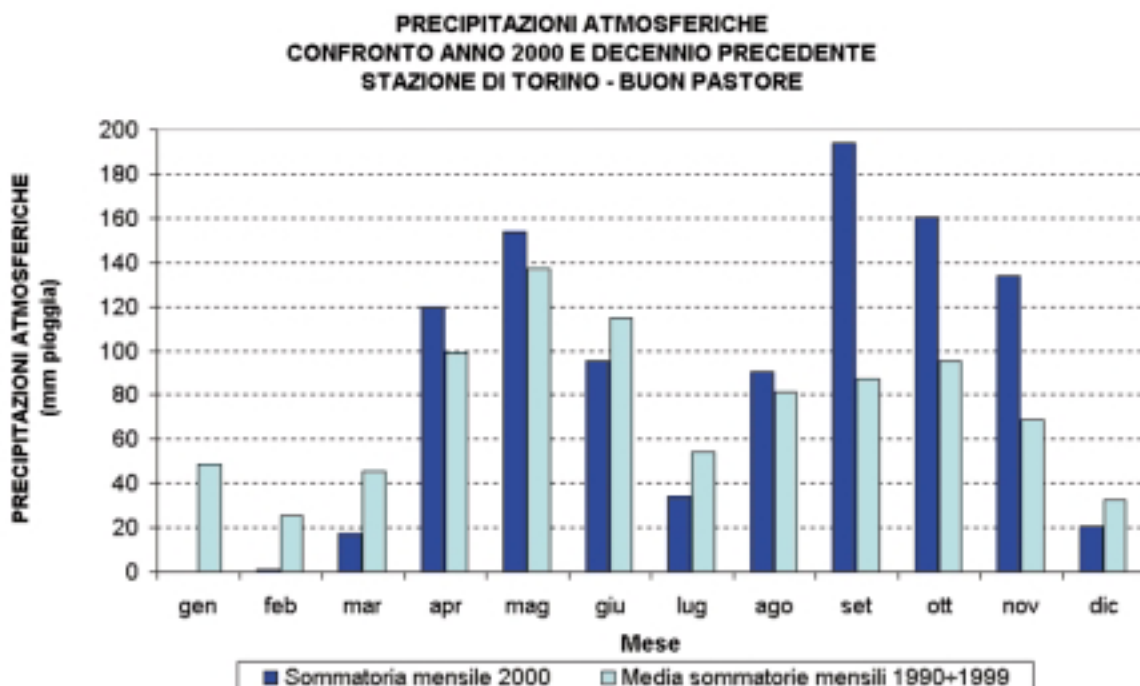


FIGURA 47: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2000 e medie mensili relative al decennio 1990÷1999 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

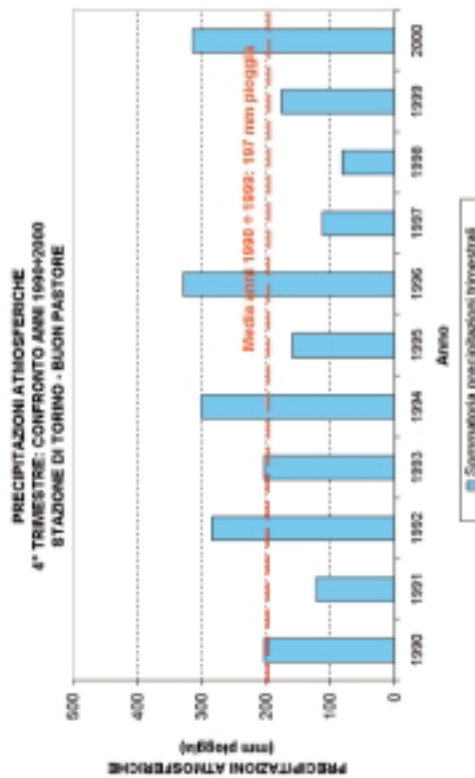
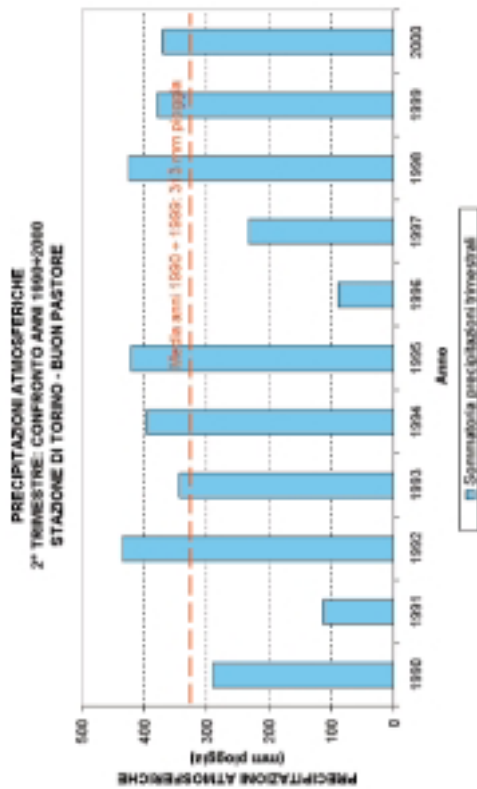
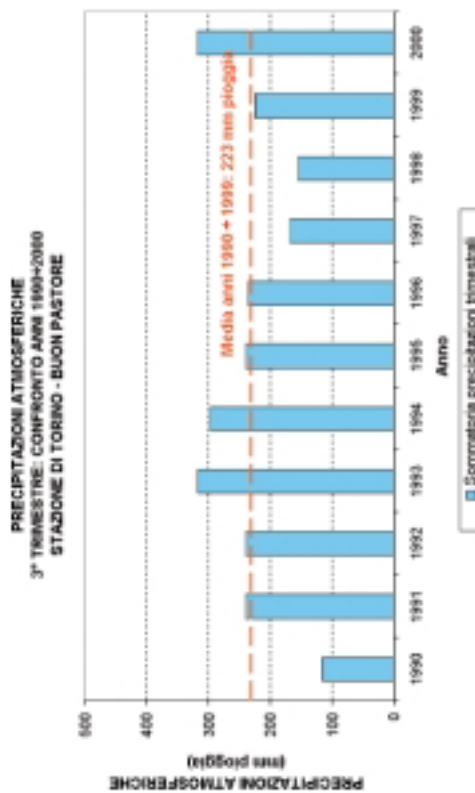
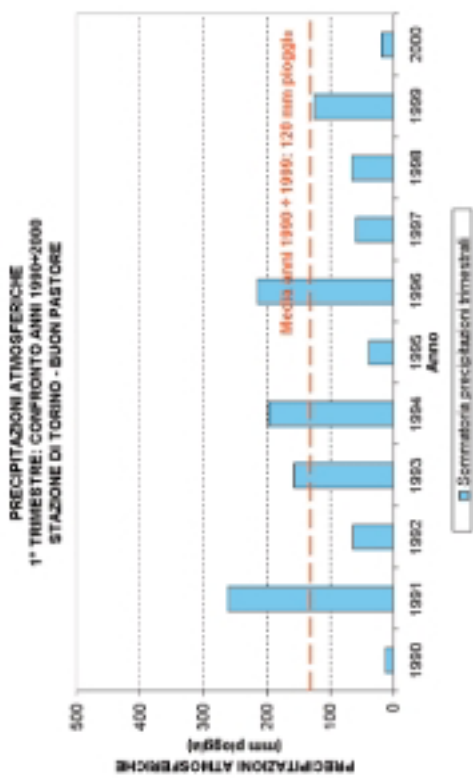


FIGURA 48: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 1990-2000 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

### INTRODUZIONE

Il lavoro che viene presentato è uno studio modellistico per la valutazione della qualità dell'aria nell'area Sud-Ovest della Provincia di Torino, interessata dall'insediamento del Centro Agro Alimentare Torinese (CAAT).

La ricostruzione della diffusione degli inquinanti in atmosfera è affrontata mediante l'utilizzo di modelli tridimensionali di trasporto e dispersione di inquinanti in atmosfera. Lo scopo di tale studio è quello di verificare sia i mutamenti della qualità dell'aria dovuti ad un diverso assetto della viabilità conseguente alla presenza del CAAT sia l'impatto dovuto ad una sorgente industriale significativa presente nella zona.

Per quanto riguarda il primo punto si sono effettuate simulazioni delle emissioni da traffico generate dalla rete stradale. Sono stati considerati quindi a questo proposito due differenti scenari, relativi alla situazione antecedente e susseguente l'insediamento del CAAT. Si è ricostruita la viabilità presente prima dell'insediamento del CAAT e da questa si è stimata la qualità dell'aria in termini di distribuzione degli inquinanti dovuti alle emissioni da traffico. Successivamente si è studiato il mutato quadro emissivo dovuto alla presenza del CAAT e si è stimato il contributo in termini di concentrazione degli inquinanti.

Per quanto riguarda il secondo punto, si sono realizzate simulazioni dell'impatto dovuto alle emissioni della ditta Servizi Industriali, con una verifica preliminare dei fattori di diluizione delle sostanze emesse.

Per la realizzazione di questo studio sono stati utilizzati diversi codici. La stima delle emissioni dovute al traffico veicolare è stata condotta con il codice EMIGRA (ENEL Ricerca 1999) che implementa la metodologia COPERT (Ntziachristos, 1999) riconosciuta a livello europeo. La dispersione degli inquinanti emessi sulla rete stradale è stata simulata dal modello dispersivo SPRAY (ENEL 1994) che utilizza il preprocessore TURKEY in grado di generare un campo di turbolenza. Il trasporto degli inquinanti è pilotato dai campi di vento tridimensionali generati dal codice diagnostico MINERVE (P. Geai 1987). Anche nel caso della sorgente Servizi Industriali sono stati utilizzati i codici MINERVE e SPRAY per simulare la dispersione in atmosfera delle emissioni odorose.

Sono stati inoltre utilizzati i postprocessori grafici SAVI 3D e CINGRAPH per la visualizzazione dei campi di vento e concentrazioni ottenuti dalle simulazioni effettuate.

Nel seguito sono presentate le diverse fasi che hanno caratterizzato lo studio: la ricostruzione della meteorologia, la ricostruzione del traffico veicolare sulla rete viaria, la stima delle emissioni e la dispersione degli inquinanti nel dominio di interesse.

### DOMINIO DI CALCOLO E METEOROLOGIA

#### Area di simulazione e topografia

L'area di simulazione ha dimensioni orizzontali di 10 km. x 10 km. e comprende al suo interno i comuni di Orbassano e Beinasco. La zona di futura installazione del CAAT è situata all'incirca al centro di tale area che è caratterizzata da un'orografia essenzialmente pianeggiante (vedi figura 49) e da un tipo di suolo costituito, ad eccezione dei centri urbani, da campi agricoli o prati.



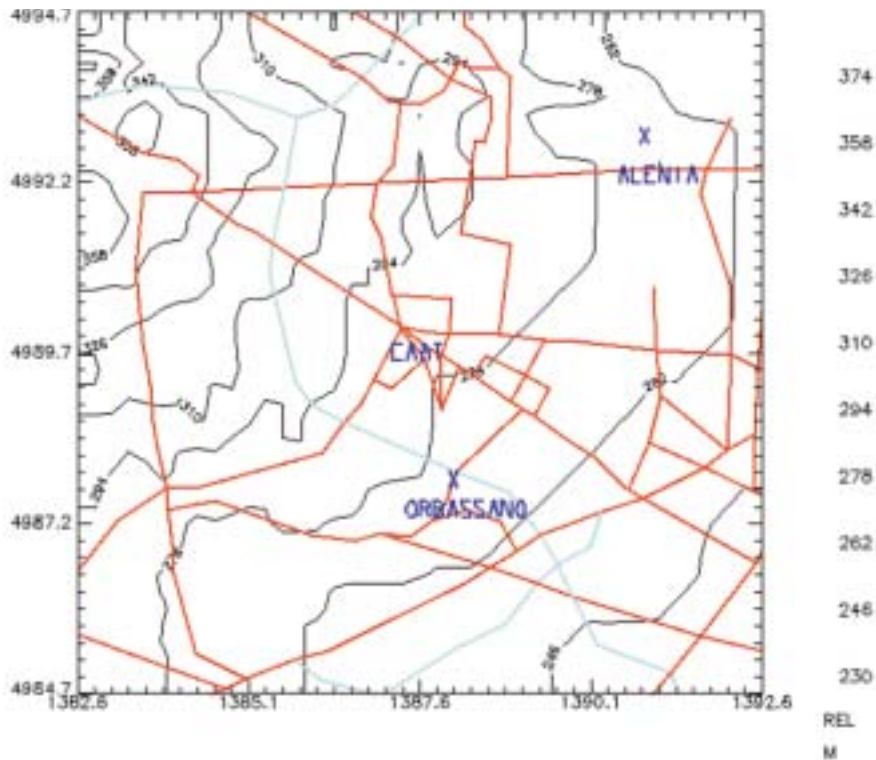


FIGURA 49: orografia, localizzazione del CAAT, degli anemometri Orbassano e Alenia e della rete stradale (in blu le tangenziali, in rosso le altre strade).

#### Definizione dei periodi di simulazione

Nel definire i periodi di studio si sono ricercate due situazioni meteorologiche (estiva ed invernale) che si manifestino usualmente nella zona di interesse. Si è scelto quindi di effettuare entrambe le simulazioni (sia quella delle emissioni veicolari che quella delle emissioni della sorgente Servizi Industriali) in una situazione estiva soleggiata ed in una invernale con forte stabilità, entrambe caratterizzate da vento debole, cielo sereno e da un campo meteorologico di alta pressione. Tali condizioni risultano essere maggiormente critiche per l'accumulo di inquinanti in prossimità del suolo. La scelta delle giornate è avvenuta analizzando i dati misurati dai due anemometri della stazione ferroviaria di Orbassano e di Alenia, situati nelle vicinanze del CAAT, e gestiti rispettivamente dalle ferrovie dello Stato e dall' ARPA Piemonte. La figura 50 mostra l'andamento dell'intensità e la direzione del vento in due periodi di 4 gg estivi e 4 gg invernali (22-26 Settembre 1999 e 25-29 gennaio 2000) all'interno dei quali sono state scelte le giornate di test (Giovedì 23-Venerdì 24 Settembre e Giovedì 27-Venerdì 28 Gennaio), nelle quali l'intensità del vento non supera i 2-3 m/s. In generale si può notare che l'anemometro di Alenia presenta valori mediamente superiori a quelli di Orbassano. Ciò è dovuto al fatto che il primo è posizionato in prossimità della Val di Susa e risente maggiormente sia di eventuali brezze che di venti provenienti da essa. Nelle due giornate estive scelte si nota un andamento ciclico della direzione del vento dovuto ad un regime di brezza. Infatti durante le prime ore del mattino e quelle notturne la direzione prevalente è circa Nord e successivamente durante le ore più calde si verifica una rotazione temporanea verso Sud. Per tutto il 27 Gennaio la direzione del vento è costante ed è circa Ovest/Sud-Ovest ed è variabile il 28 Gennaio.

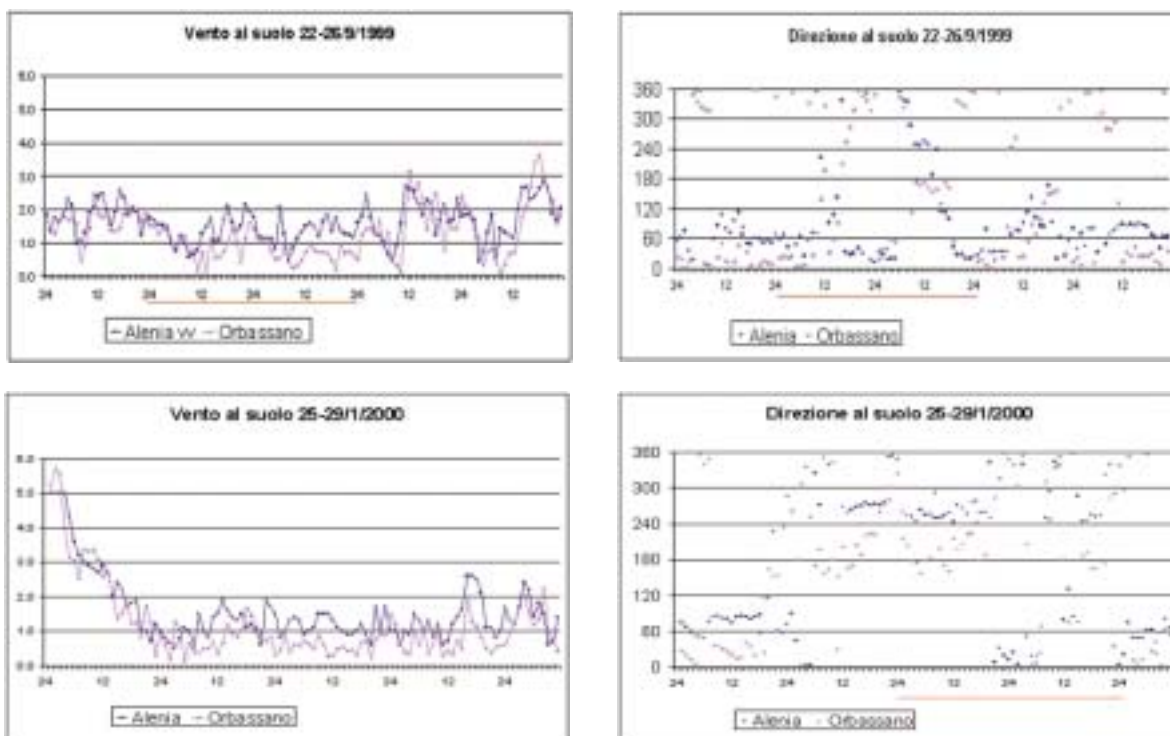


FIGURA 50: intensità del vento in m/s (a sinistra) e direzione del vento (a destra) nei due periodi analizzati (la linea rossa indica i sotto periodi scelti).

Esaminando inoltre i valori di temperatura rilevati dalle stazioni al suolo e quelli della stazione di Bric della Croce (presso Pecetto Torinese 703m slm) si verifica che le giornate scelte presentano un gradiente medio verticale di temperatura positivo (stabile) durante le prime ore del mattino. I valori calcolati alle ore 6 sono i seguenti:

- 23 Settembre 0.065 °C/100m
- 24 Settembre 1.452 °C/100m
- 27 Gennaio 0.360 °C/100m
- 28 Gennaio 0.640 °C/100m.

#### Ricostruzione dei campi di vento tramite il codice Minerve

Minerve è un modello meteorologico diagnostico in grado di ricostruire il campo di vento tridimensionale responsabile del trasporto dell'inquinante, in un dominio caratterizzato da orografia complessa.

Il modello opera essenzialmente in due fasi:

- effettua l'interpolazione sul dominio numerico tridimensionale dei dati di vento forniti in input (dati al suolo e profili verticali ottenuti da misure o altri modelli);
- corregge il campo di vento interpolato in modo che venga verificato il più possibile il principio fluidodinamico di conservazione della massa.

È possibile quindi effettuare l'interpolazione utilizzando differenti equazioni in base al tipo ed alla disposizione spaziale dei dati in ingresso, e, non essendo un modello prognostico, il codice Minerve non effettua previsioni del campo di vento ma solo una ricostruzione diagnostica negli intervalli di tempo in cui sono presenti le misure.

I dati misurati forniti al modello sono il vento al suolo dei due anemometri delle stazioni di Orbassano e Alenia (dati orari) ed i dati del vento a diverse quote che definiscono un profilo verticale. Quest'ultimo dato deriva dal modello di analisi di Reading (cioè frutto non di previsioni ma di interpolazioni di dati misurati) che interpola misure e fornisce dati ogni 6 ore nel punto di calcolo

del dominio e situato, nel nostro caso, in prossimità del vertice sud-ovest del dominio stesso. Questi ultimi dati sono stati utilizzati solo a quote superiori del livello di pressione costante a 850 hPa (circa da 1500m in su). Per le quote inferiori è stata effettuata una interpolazione tra il dato al suolo (fornito dai 2 anemometri), rappresentativo della scala locale e il dato di profilo (del modello di Reading), rappresentativo della situazione sinottica. Il motivo di questa scelta è che la bassa risoluzione (60 Km) del modello di analisi di Reading lo rende poco attendibile nel fornire i venti in prossimità del suolo influenzati da caratteristiche locali quali ad esempio l'orografia.

Di seguito (figure 51 - 54) sono illustrati i campi di vento sovrapposti al grafo stradale (in blu le tangenziali, in rosso le altre strade) ottenuti al suolo alle ore 8 e 18 dei quattro giorni esaminati.

Si nota come durante la giornata del 23 Settembre (sia alle ore 8 che alle ore 18) il vento provenga da Nord Est nella parte superiore del dominio e vi sia una rotazione verso Sud Est in quella inferiore mentre il 24 Settembre alle ore 8 vi è una situazione di calma di vento con un leggero aumento dell'intensità del vento con direzione Sud Est alle ore 18. Il 27 e 28 Gennaio il vento è sostanzialmente debole e proveniente da Ovest alle ore 8 ed effettua una rotazione verso Sud (Sud Ovest nella parte superiore del dominio) con un aumento di intensità (specialmente il 28 Gennaio) alle ore 18.

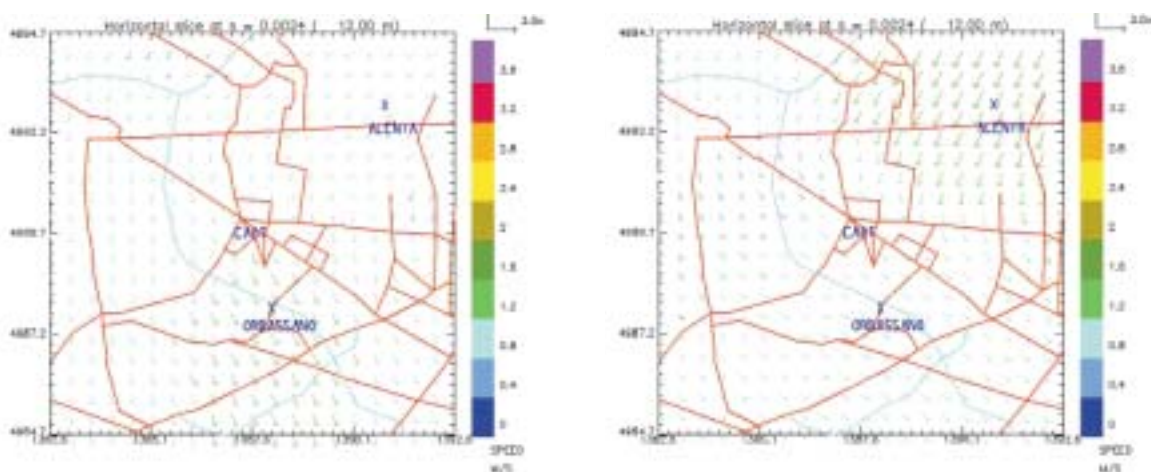


FIGURA 51: campi di vento in prossimità del suolo alle ore 08:00 (sinistra) e 18:00 (destra) relativi al giorno 23/9/1999.

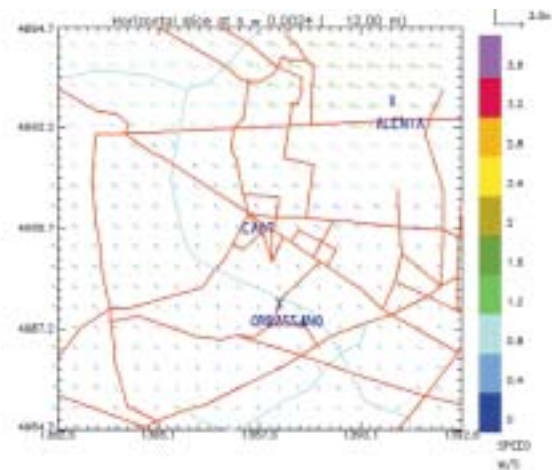
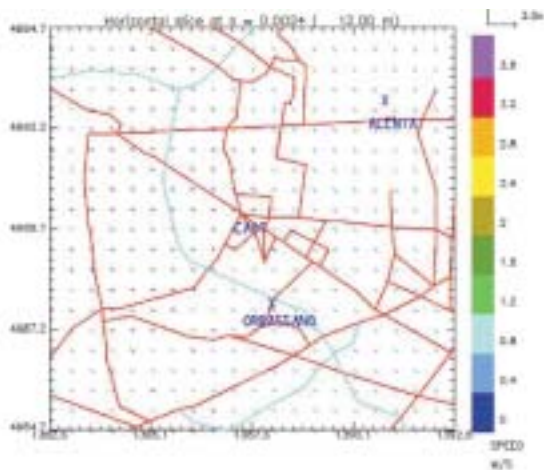


FIGURA 52: campi di vento in prossimità del suolo alle ore 08:00 (sinistra) e 18:00 (destra) relativi al giorno 24/9/1999.

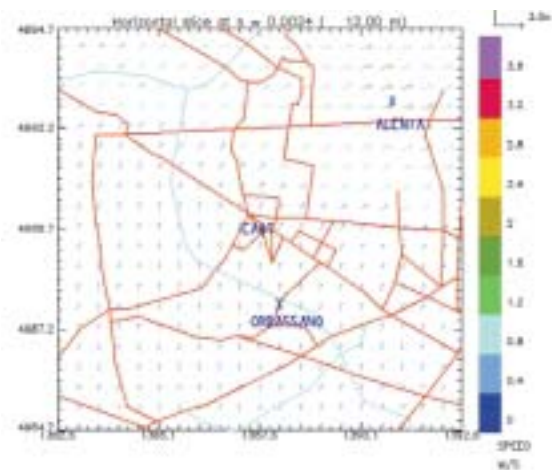
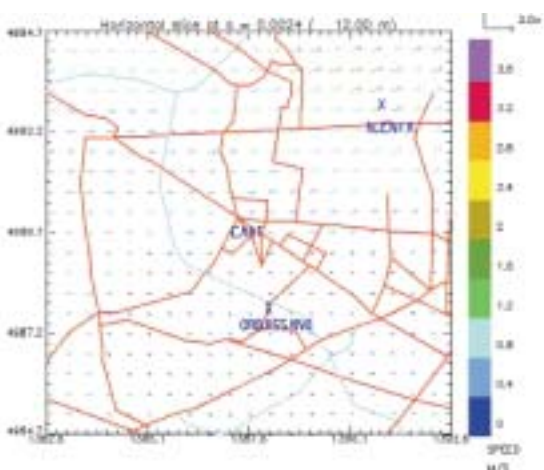


FIGURA 53: campi di vento in prossimità del suolo alle ore 08:00 (sinistra) e 18:00 (destra) relativi al giorno 27/01/2000.

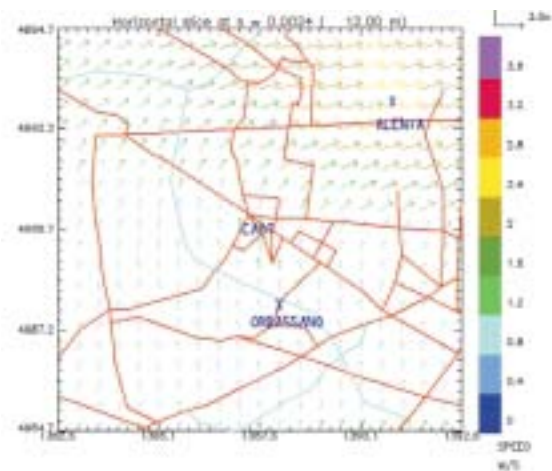
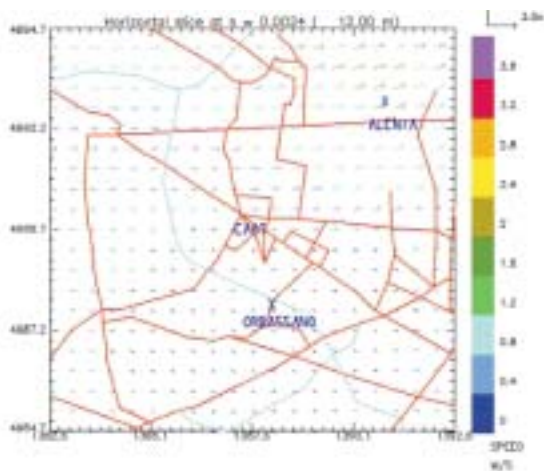


FIGURA 54: campi di vento in prossimità del suolo alle ore 08:00 (sinistra) e 18:00 (destra) relativi al giorno 28/01/2000.



### Ricostruzione della turbolenza tramite il codice Turkey

Il codice Turkey ricostruisce il campo tridimensionale di turbolenza responsabile della dispersione in atmosfera degli inquinanti. Il modello genera tale campo attraverso alcuni parametri, proposti da Hanna (1982), che consentono di descrivere la turbolenza nelle varie ore del giorno a partire da misure al suolo relative ad alcune delle principali grandezze meteorologiche e da informazioni dedotte dall'utilizzo del suolo (land-use).

Il codice BATS (Biosphere Atmosphere Transfer Scheme) in funzione del tipo di suolo e della stagione dell'anno assegna i valori ai seguenti parametri:

- rapporto di Bowen: è il rapporto tra il flusso di calore sensibile (l'energia che viene trasferita da o verso il terreno ad una massa d'aria grazie al moto turbolento verticale) e il flusso di calore latente (il flusso di energia consumato per far evaporare l'acqua presente sulla superficie terrestre); il rapporto di Bowen assume, quindi, un valore minore se valutato su superfici umide, maggiore su superfici asciutte.
- albedo: è il rapporto tra la quantità di radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre e la quantità totale di energia solare incidente.
- rugosità del terreno Z0: è una indicazione dell'altezza media degli ostacoli o, più precisamente, la quota dove a causa delle asperità del terreno la velocità media del vento è considerata nulla.

Nella FIGURA 55 è visualizzato il valore del rapporto di Bowen calcolato sul dominio di calcolo nei casi di Settembre (estivo) e Gennaio (invernale). Si può notare che essendo il suolo solitamente più umido d'estate (a causa della presenza di più vegetazione) i valori del rapporto Bowen sono in genere minori di quelli invernali. Confrontando inoltre la figura 55 con le figura 56 e figura 57, in cui sono rappresentati i centri abitati, si nota come questi ultimi, caratterizzati dalla presenza di aree asfaltate (poco umide sia d'estate che d'inverno), mantengano elevati valori di rapporto di Bowen in entrambe le stagioni.

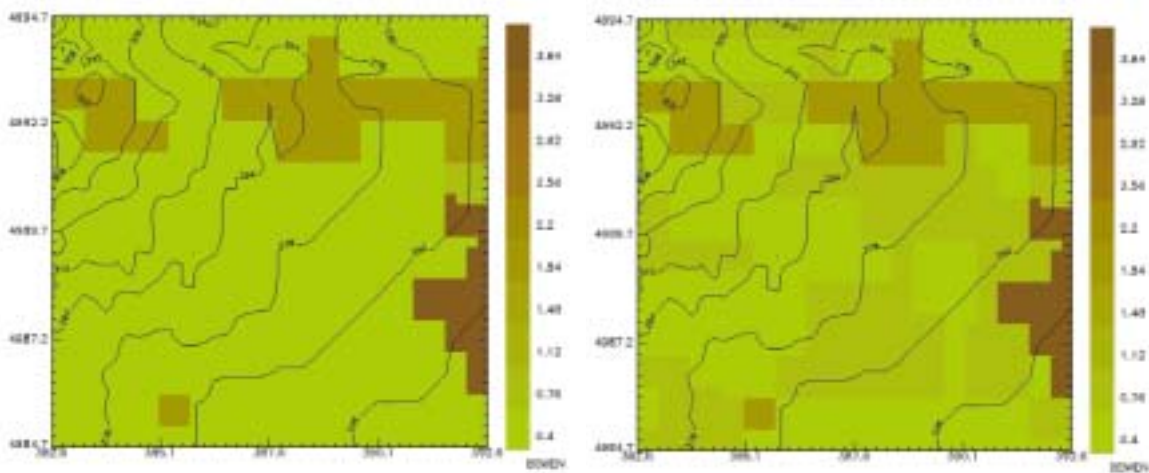


FIGURA 55: valori di rapporto di Bowen calcolati sul dominio di calcolo nei casi di Settembre (estivo) a sinistra e Gennaio (invernale) a destra.



### Ricostruzione dei flussi veicolari sulla rete stradale

La zona di indagine è collocata nella periferia ad ovest di Torino. Più precisamente è delimitata a nord dai comuni di Rivoli e Grugliasco, ad ovest dal comune di Rivalta di Torino, a sud da Orbassano e Borgaretto e dalla città di Torino ad est. Tale area è centrata sull'insediamento del nuovo Centro Agro Alimentare di Torino collocato tra Strada del Portone, l'ospedale S. Luigi e l'area di servizio dello scalo ferroviario di Orbassano. Nella figura di seguito viene riportata l'area studiata.

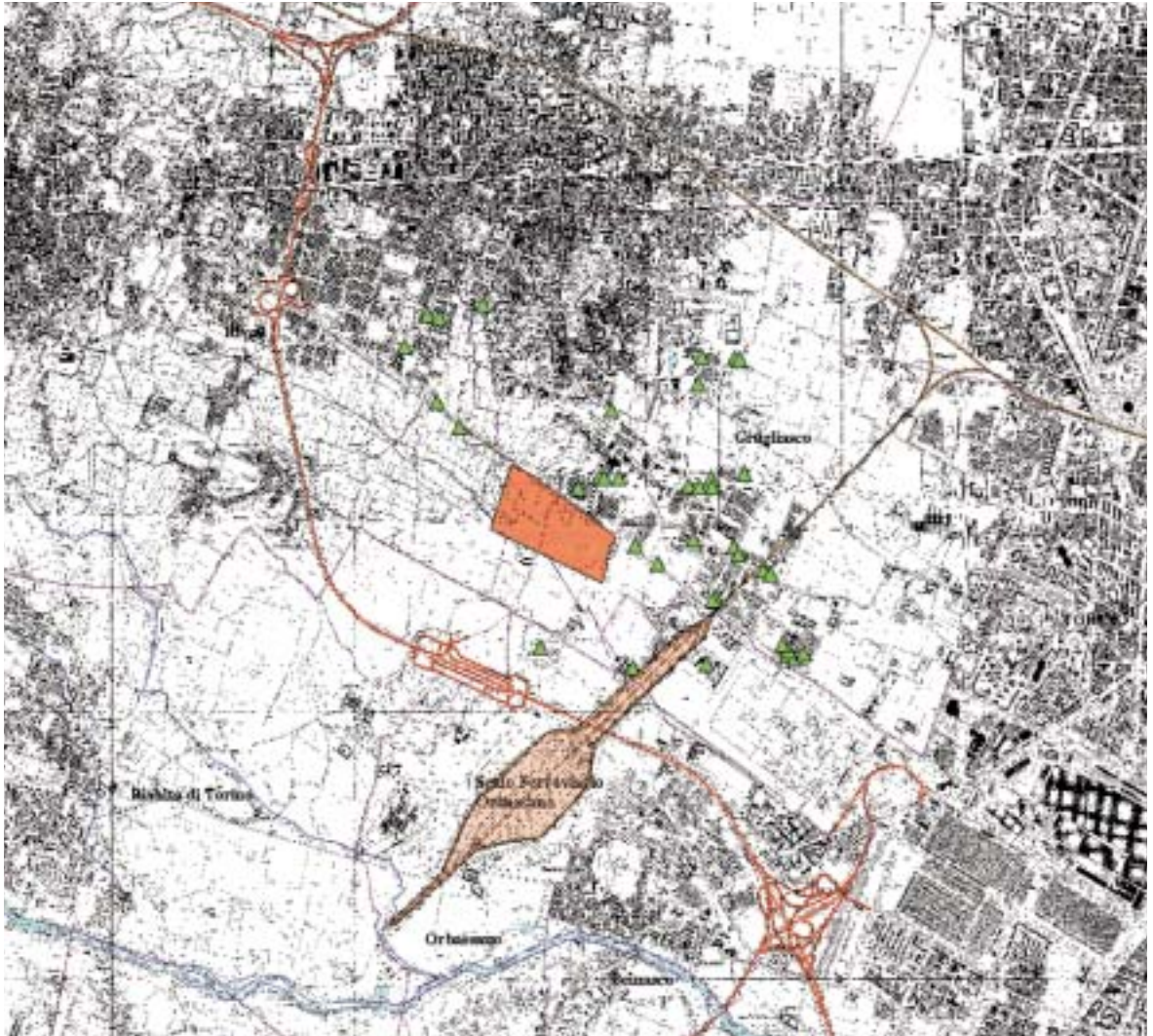


FIGURA 56: l'area interessata dallo studio.

La stima dell'emissione di inquinanti dovuta al traffico veicolare necessita la quantificazione dell'andamento dei flussi sulle principali strade presenti nell'area di studio. La rilevazione diretta di questi ultimi su tutte le strade di interesse con il dettaglio necessario allo studio sarebbe oltremodo onerosa. È necessario pertanto operare mediante un modello che ricostruisca il quadro del traffico sulla rete, a partire da dati campionati solo su alcuni tratti delle principali strade. Il grafo impiegato per la descrizione della rete viaria (vedi figura 57) comprende tutte le principali arterie di comunicazione, tra le quali il tratto ovest della tangenziale di Torino, Corso Francia, strada del Portone, corso Allamano, e via del Doirone.

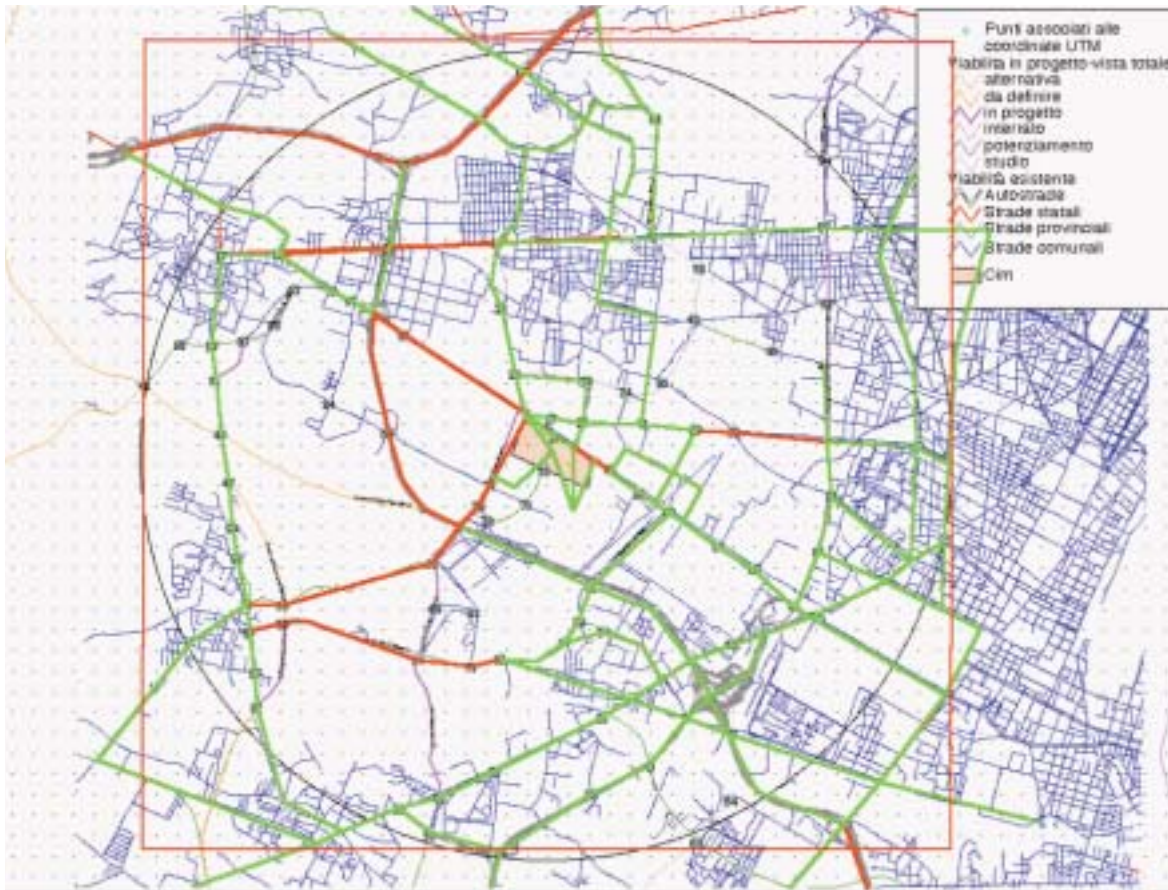


FIGURA 57: rappresentazione del grafo utilizzato per la stima dei flussi veicolari mediante il modello di simulazione del traffico.

Nella simulazione modellistica per la ricostruzione dei flussi di traffico sull'intera rete viaria, relativamente allo scenario attuale (antecedente all'insediamento del CAAT), sono impiegati i flussi di traffico misurati durante le campagne condotte in passato dalla Provincia di Torino.

Nella figura sono riportati in rosso gli archi per i quali sono a disposizione dati di traffico rilevati sperimentalmente, in verde gli altri archi. Inoltre, è riportato anche il perimetro del dominio (quadrato) considerato nelle simulazioni con il codice di trasporto (MINERVE) e diffusione degli inquinanti (SPRAY).

La distribuzione percentuale delle diverse categorie di veicoli circolanti è ricostruita in base a dati forniti dalla Provincia di Torino. Nel corso dello studio si sono distinti due diversi scenari il primo, denominato pre-Caat, si riferisce alla viabilità presente prima dell'insediamento del CAAT, il secondo, denominato solo-Caat, considera il traffico indotto dalla presenza del CAAT.

Tramite il modello di assegnazione dei flussi di traffico sono stati ricostruiti per lo scenario pre-Caat i flussi veicolari su tutta la rete relativamente all'ora di punta (dalle 8:00 alle 9:00). Per la ricostruzione dei flussi nel corso delle due giornate simulate i dati di traffico stimati dal modello per l'ora di punta si sono modulati utilizzando delle curve di modulazione dei flussi a risoluzione oraria. Queste ultime si sono ricavate dai dati rilevati sperimentalmente dalla Provincia di Torino sulla tangenziale e da quelli rilevati su via del Portone, via del Doirone e corso Allamano. In particolare si sono ricostruite due curve applicate separatamente a due tipologie di strade: le tangenziali e le altre strade. Le curve di modulazione impiegate nello studio sono riportate nel seguito.



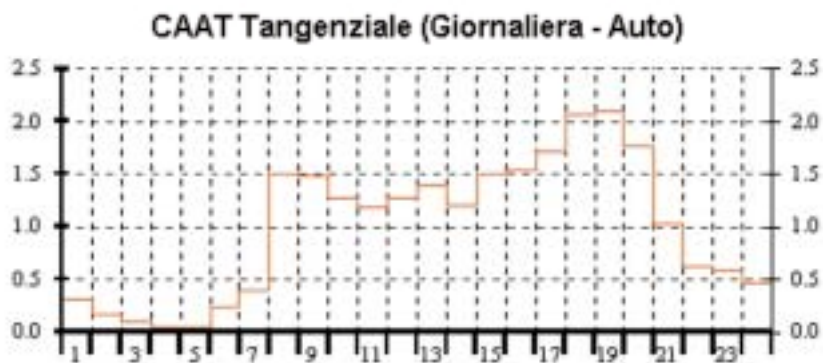


FIGURA 58: curva di modulazione del traffico sulle tangenziali (scenario pre-Caat).

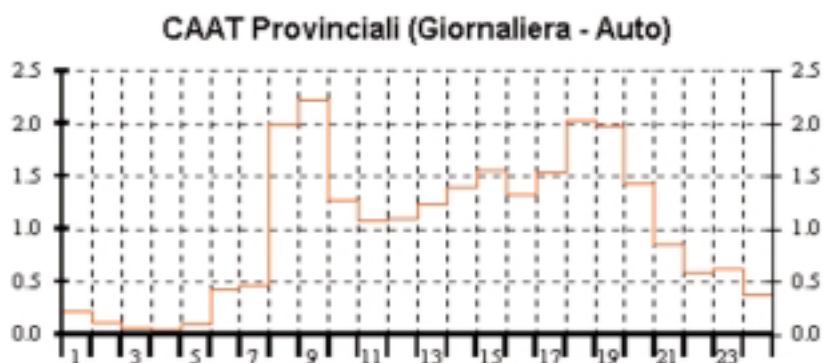


FIGURA 59: curva di modulazione del traffico sulle provinciali e comunali (scenario pre-Caat).

Queste curve rappresentano l'andamento nel tempo del traffico sulle tangenziali e sulle "altre strade" nello scenario precedente all'insediamento del CAAT. I valori sull'asse delle ordinate indicano il rapporto tra il flusso orario ed il flusso medio orario giornaliero.

Per analizzare gli effetti del carico di traffico relativo ai veicoli che si riferiscono al CAAT si è allestito lo scenario denominato "solo-Caat". Nello studio di questa configurazione si sono utilizzati i risultati di una indagine dell'impatto sulla viabilità dovuto all'insediamento del CAAT precedentemente condotta dalla società CAAT S.p.a.<sup>5</sup>. In particolare sono stati utilizzati i dati di flusso dovuto all'operatività del CAAT stesso. Secondo il rilievo diretto effettuato nel corso dello studio la distribuzione dei veicoli che giornalmente afferiscono ai Mercati Generali è la seguente (tabella 57):

Tipologia	Numero
autotreni	172
autocarri	518
furgoni	818
tre ruote	51
automobili	172

TABELLA 57: Distribuzione dei veicoli per lo scenario solo-Caat

Questi dati sono stati utilizzati per ricavare la distribuzione dei veicoli necessaria all'applicazione della metodologia COPERT per la stima delle emissioni. In particolare, in accordo alle indicazioni di quest'ultima, gli autotreni ed autocarri sono stati attribuiti alla categoria commerciali pesanti, i furgoni ai commerciali leggeri, i veicoli a tre ruote sono stati attribuiti alla categoria motocicli. Dell'indagine condotta si sono utilizzati i flussi indotti dal CAAT, stimati per l'ora tra le 7:00 e le

<sup>5</sup> "Studio sui flussi di traffico" (Caat Ottobre '98)

8:00, ed una terza curva per la modulazione temporale di questi ultimi (di seguito riportata). Questa curva è stata utilizzata per modulare i flussi stimati nel corso delle due giornate simulate. In questo secondo scenario è evidente come i flussi maggiori siano concentrati nel periodo mattutino in cui prevalentemente si svolgono le attività di carico/scarico relative al CAAT.

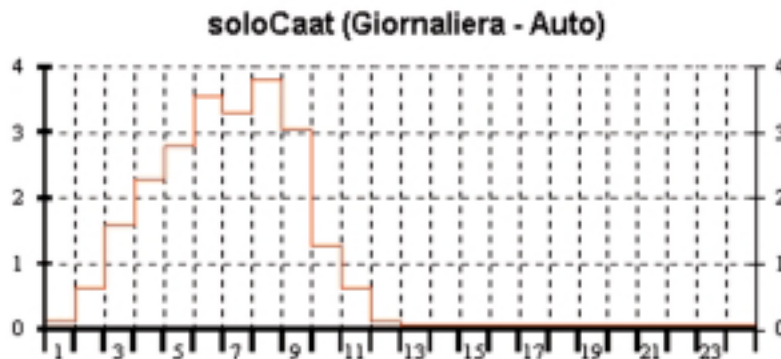


FIGURA 60: Curva di modulazione del traffico relativa allo scenario Solo-Caat.

#### Stima delle emissioni dovute al traffico veicolare

Al fine di stimare le emissioni da traffico si è utilizzato per entrambi gli scenari (denominati pre-CAAT e solo-CAAT) il codice EMIGRA. Questo codice, che implementa la metodologia COPERT, permette di calcolare sulla base dei flussi di traffico, velocità e distribuzione dei veicoli (cilindrata, anno di immatricolazione, etc.) le emissioni di diversi inquinanti atmosferici (NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> etc.). Le stime dei flussi veicolari si sono utilizzate per alimentare il codice EMIGRA che ha fornito le stime delle emissioni degli inquinanti su base oraria.

Nelle tabelle si riportano le emissioni giornaliere, aggregate sull'intera rete studiata, distinte per i diversi inquinanti. La seconda colonna è relativa al primo scenario: ovvero la situazione precedente all'insediamento del CAAT, la terza è relativa al contributo aggiuntivo dovuto alla presenza del CAAT. Nell'ultima colonna è riportato in percentuale il contributo del traffico relativo al CAAT rispetto alla situazione precedente all'insediamento dello stesso.

specie	pre-CAAT	solo-CAAT	solo/pre %
FC tep	194.6	31.6	16.2%
CO (kg)	19665.5	306.2	1.6%
NO <sub>x</sub> (kg)	4664.4	660.8	14.2%
COV (kg)	5366.5	189.2	3.5%
SO <sub>2</sub> (g)	148.6	31	20.8%
CH <sub>4</sub> (kg)	136.9	8.6	6.3%
NH <sub>3</sub> (kg)	142.1	0.8	0.6%
N <sub>2</sub> O (kg)	85.8	5.2	6.1%
CO <sub>2</sub> (kg)	592627	97406	16.4%
PLV (kg)	52.6	62.6	119.1%
Pb (g)	14.6	0.017	0.1%
Cd (g)	1.8	0.3	17.2%
Cu (g)	306.1	52.7	17.2%
Cr (g)	9.0	1.5	17.2%
Ni (g)	12.6	2.2	17.1%
Se (g)	1.8	0.3	17.2%
Zn (g)	180.6	31.0	17.2%

TABELLA 58: emissioni giornaliere per i 2 scenari: pre-CAAT e solo CAAT.

Le figure successive riportano il carico emissivo giornaliero per le due specie che maggiormente caratterizzano l'inquinamento da traffico, il monossido di carbonio (CO) e gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), relativamente agli scenari pre-CAAT e solo-CAAT. Nelle mappe le emissioni sono integrate sull'intera giornata ed espresse in kg/(km giorno).

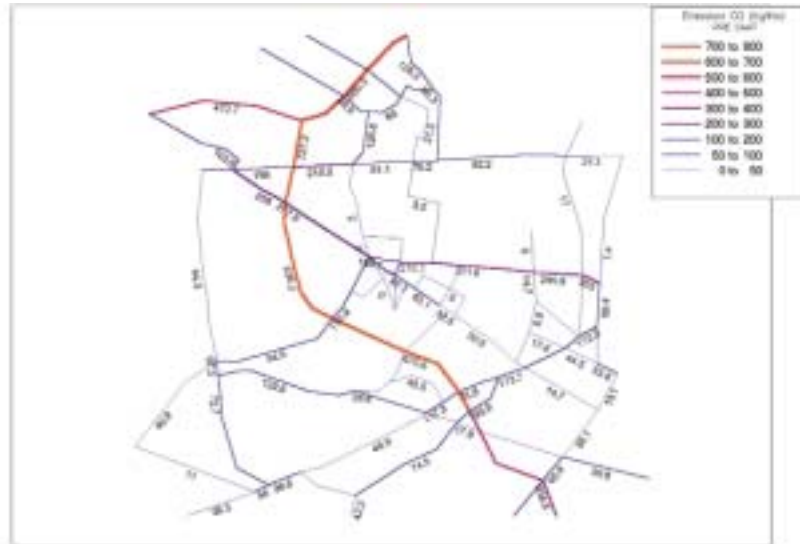


FIGURA 61: emissioni giornaliere di CO in kg/km, scenario pre-CAAT.

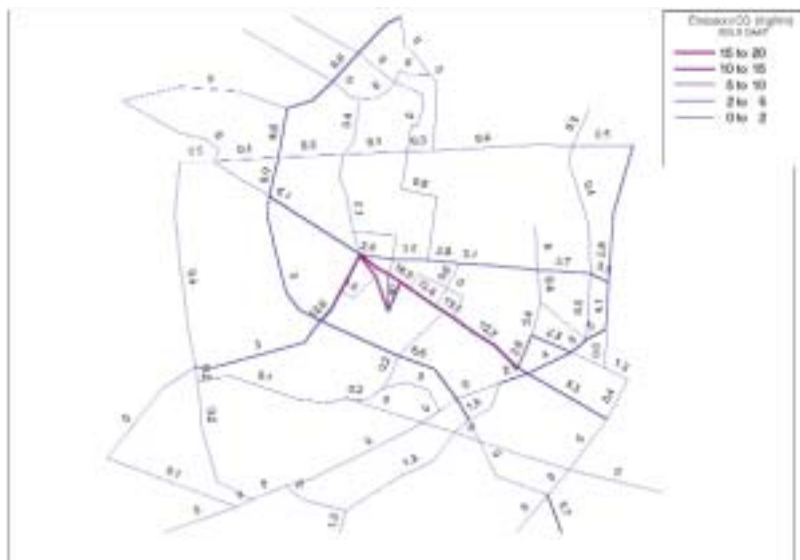


FIGURA 62: emissioni giornaliere di CO in kg/km, scenario solo-CAAT.



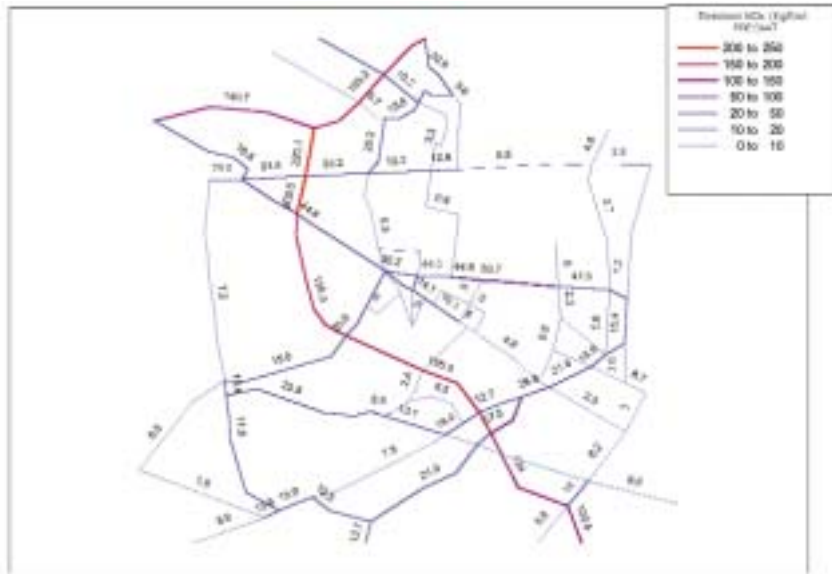


FIGURA 63: emissioni giornaliere di NO<sub>x</sub> in kg/km, scenario pre-CAAT.

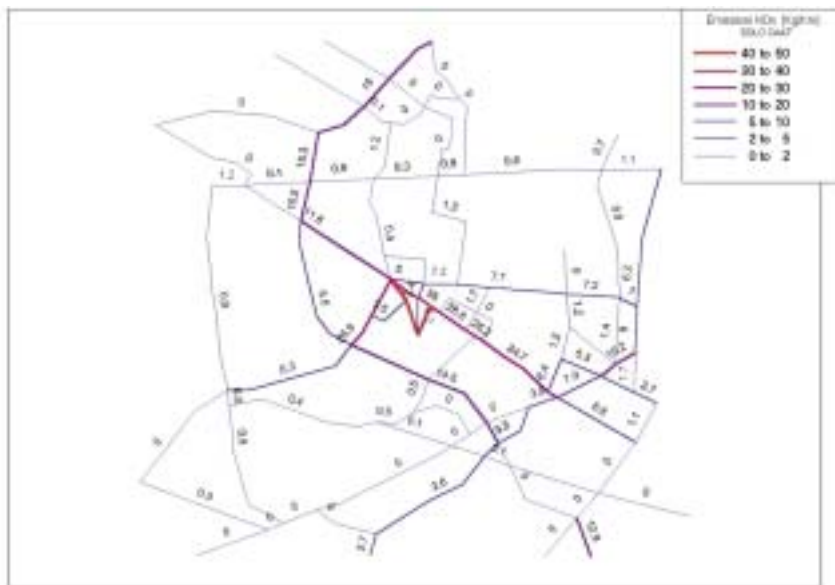


FIGURA 64: emissioni giornaliere di NO<sub>x</sub> in kg/km, scenario solo-CAAT.

Si osserva che per entrambi gli inquinanti nello scenario pre-CAAT il contributo maggiore è quello dovuto alle emissioni sulla tangenziale. Nel secondo scenario (solo-CAAT) si può osservare che le emissioni sono in generale inferiori a quelle dello scenario pre-CAAT eccetto che sulle strade interne o di accesso al CAAT.

### Il codice a particelle Spray

Il codice SPRAY è un modello di dispersione a particelle in grado di simulare la dispersione di emissioni provenienti da qualsiasi tipo di sorgente (puntiforme, lineare, areale o volumetrica), su terreni ad orografia complessa con aree di studio che vanno da centinaia di metri a decine di chilometri.

I modelli a particelle suddividono l'inquinante emesso in particelle, ovvero in porzioni di fluido di dimensioni tali da poter seguire i vortici turbolenti più piccoli ed allo stesso tempo, da poter contenere un numero grande di molecole. Le particelle contengono informazioni sulla posizione, sulla quantità di massa degli inquinanti trasportati, sulla sorgente di provenienza e sul tempo trascorso dall'istante dell'emissione. La traiettoria di ciascuna di esse, che si suppone riproduca le caratteristiche statistiche del moto del fluido atmosferico nel quale sono immesse, viene descritta dalla soluzione di equazioni differenziali stocastiche, che descrivono sia il trasporto medio che la turbolenza. Il primo dipende dal campo di vento ricostruito dal codice MINERVE mentre il secondo dalle caratteristiche della turbolenza generate dal codice TURKEY.

Il risultato delle simulazioni può essere visualizzato tramite una "fotografia" della posizione delle particelle nel dominio ad un dato istante. Se suddivido il dominio in celle tridimensionali di dimensioni opportune e conto il numero di particelle presenti in ognuna ad un dato istante, posso calcolare la massa di inquinante contenuta e quindi risalire al campo di concentrazione.

### Descrizione ed analisi delle simulazioni

Sono state effettuate due simulazioni di 48 ore (per i due periodi di test che comprendono le giornate 23-24 Settembre 1999 e 27-28 Gennaio 2000) utilizzando sia le emissioni dovute al traffico veicolare esistente prima dell'installazione del CAAT, sia quelle dovute al solo traffico indotto dalla presenza del CAAT. Le concentrazioni sono calcolate ogni ora (come medie orarie) su un dominio di 10 km x 10 km di superficie e altezza di 3000 m. Per l'utilizzo modellistico tale dominio deve essere suddiviso in celle nelle tre dimensioni spaziali. Le celle costituiscono un grigliato con una risoluzione spaziale orizzontale di 250 m e verticale, in prossimità del suolo, di 30 m. La rete stradale è stata schematizzata come una serie di sorgenti lineari di lunghezza variabile, larghezza 30 m e altezza 10 m. Solamente le strade interne al CAAT sono state rappresentate come un'unica sorgente areale di circa 1 km di lunghezza e 500 m di larghezza. Gli inquinanti presi in considerazione sono il CO (monossido di carbonio) e NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto) perché ritenuti più rappresentativi delle emissioni da traffico della zona.

Nelle seguenti figure sono presentati i campi di concentrazione al suolo di CO e NO<sub>x</sub> calcolati alle ore 8:00 e alle ore 18:00 delle quattro giornate di test con emissioni dovute al traffico prima dell'installazione del CAAT.

I massimi assoluti di concentrazione al suolo nel caso pre-CAAT si riscontrano alle ore 19:00 del 24 Settembre e sono dell'ordine di 8000 µg/m<sup>3</sup> (CO) e 2300 µg/m<sup>3</sup> (NO<sub>x</sub>). In generale si nota che i massimi più alti si verificano vicino ad una strada ad alto traffico quando il vento al suolo è parallelo ad essa.

Infatti le emissioni dei vari tratti di strada tendono ad accumularsi lungo la direzione di propagazione. In effetti il caso estivo, caratterizzato da una maggiore convezione e quindi da un più forte rimescolamento verticale, avrebbe dovuto presentare concentrazioni generalmente minori rispetto a quello invernale, caratterizzato invece da una forte stabilità dell'atmosfera che si oppone alla dispersione verticale.

In realtà essendo all'incirca uguali le velocità del vento nei due casi (estivo ed invernale) è più importante, ai fini del verificarsi di un massimo di concentrazione maggiore, il persistere per più ore di una condizione di parallelismo fra il vento ed una strada ad alto traffico.

Nell'area di insediamento del CAAT le concentrazioni di CO e NO<sub>x</sub>, dovute al traffico nello scenario pre-CAAT, sono al massimo rispettivamente di 600 µg/m<sup>3</sup> e 300 µg/m<sup>3</sup>.

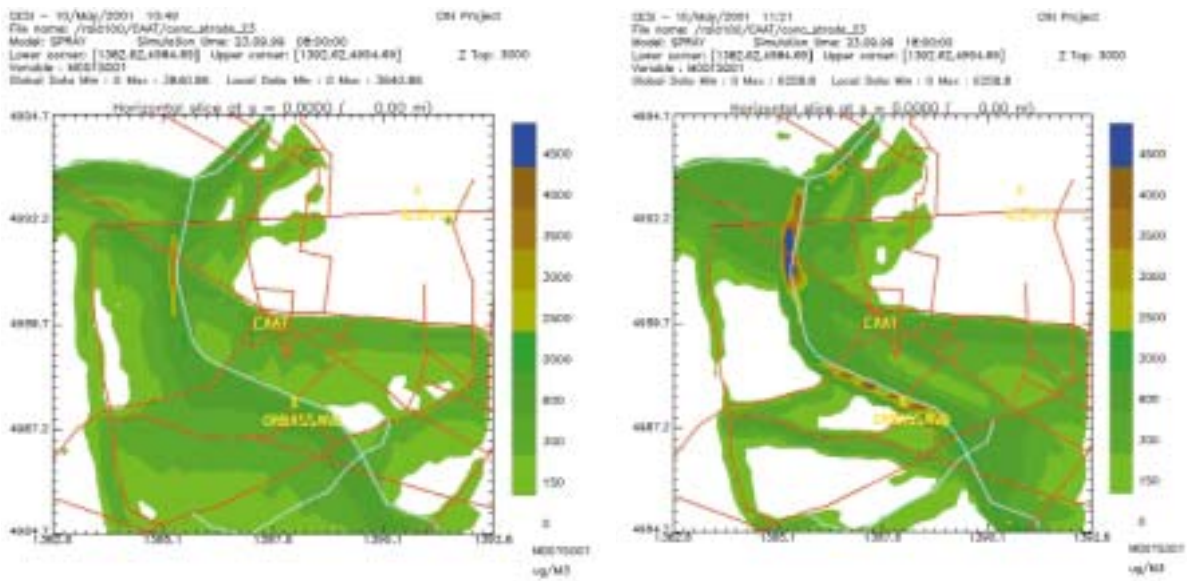


FIGURA 65: concentrazioni di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per il 23 Settembre ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.

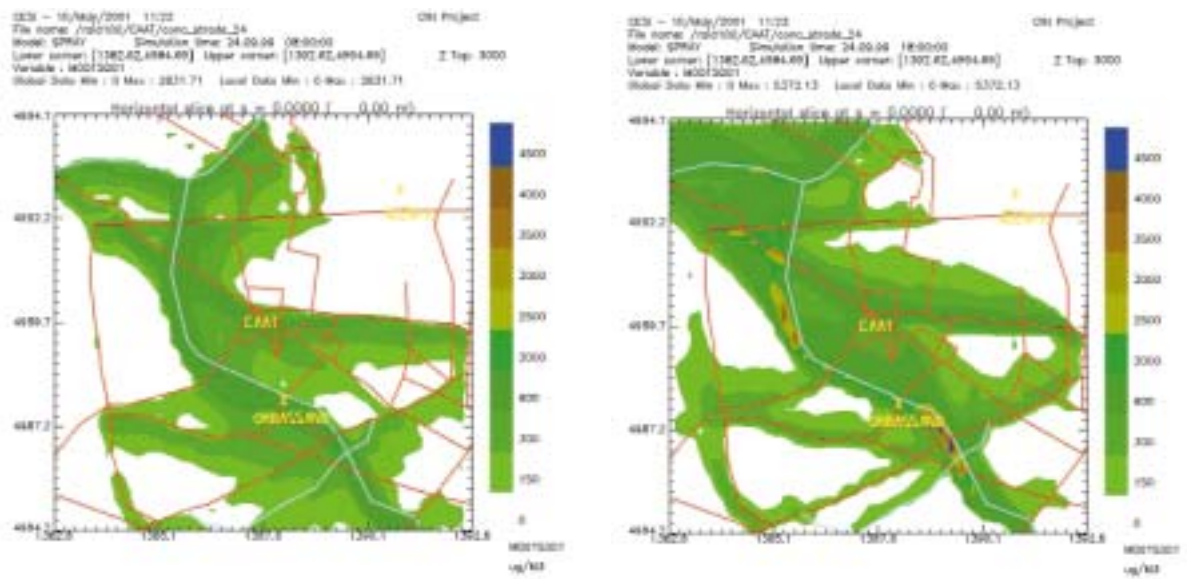


FIGURA 66: concentrazioni di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per il 24 Settembre ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.

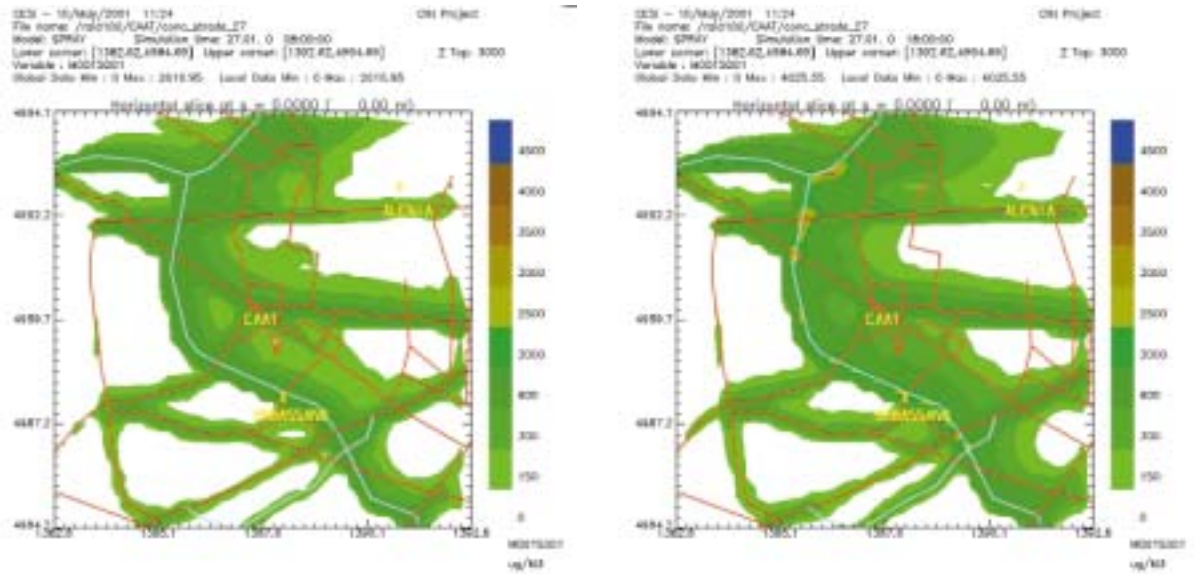


FIGURA 67: concentrazioni di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per il 27 Gennaio ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.

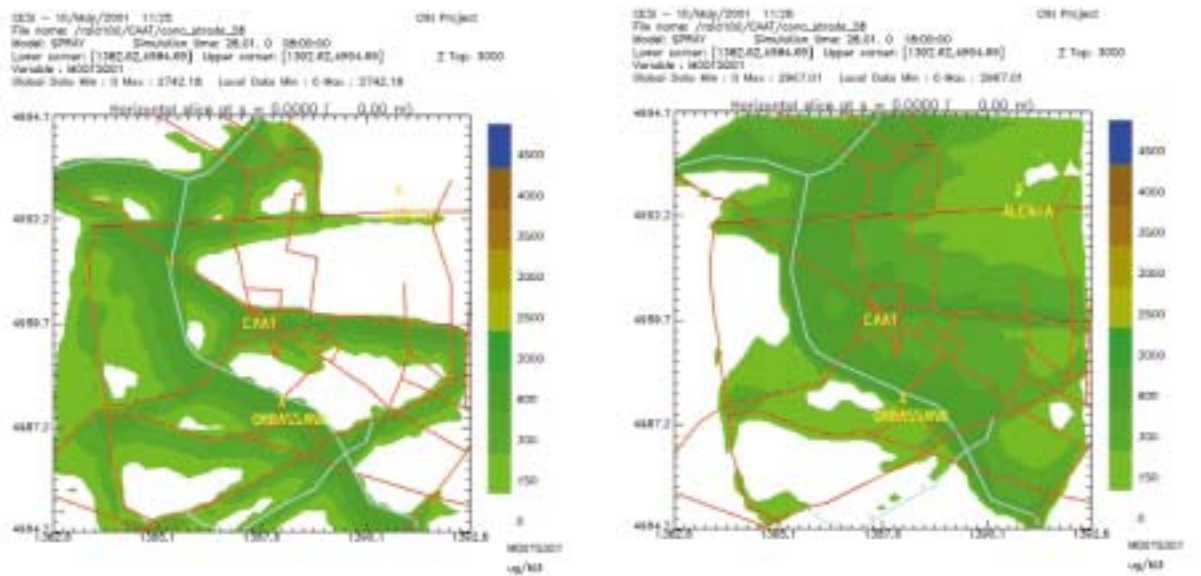


FIGURA 68: concentrazioni di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per il 28 Gennaio ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.



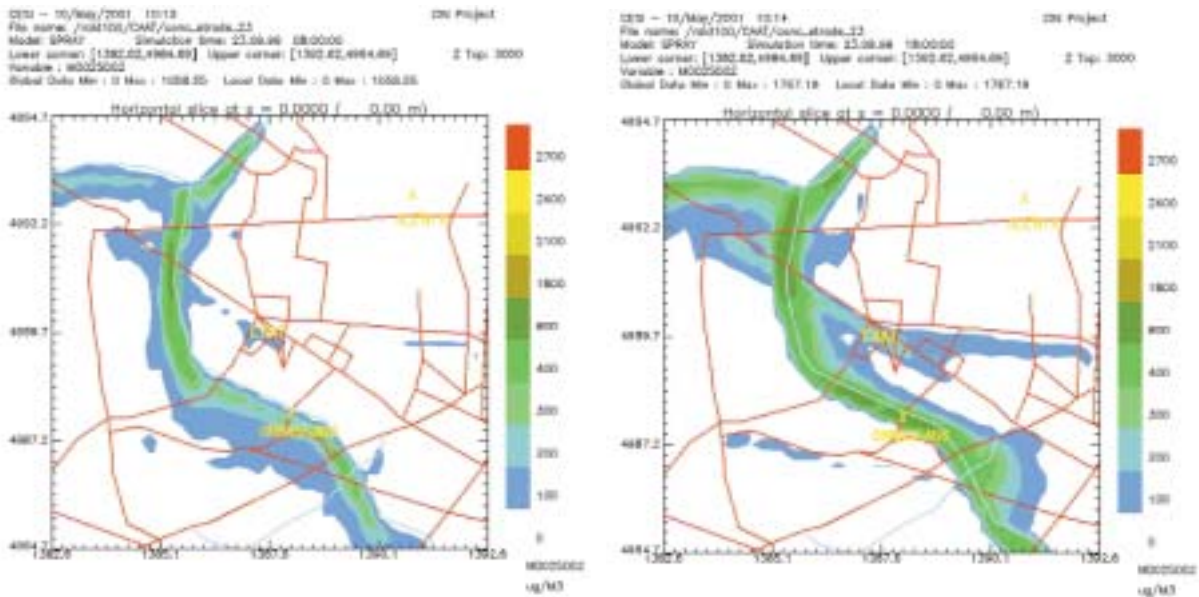


FIGURA 69: concentrazioni di NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per il 23 Settembre ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.

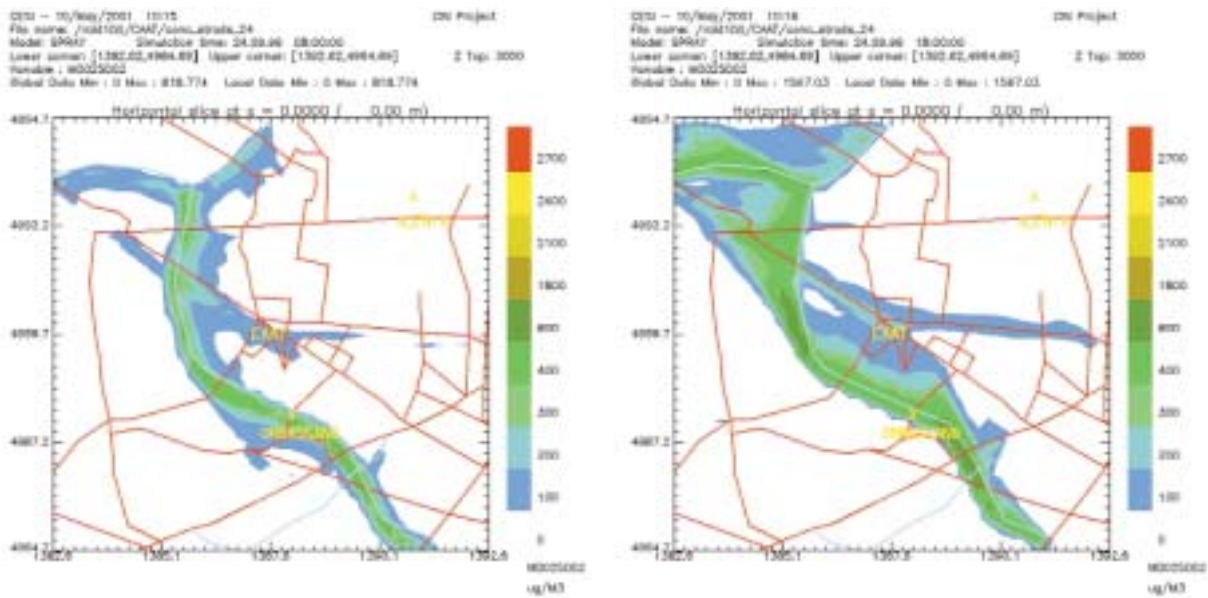


FIGURA 70: concentrazioni di NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per il 24 Settembre ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.



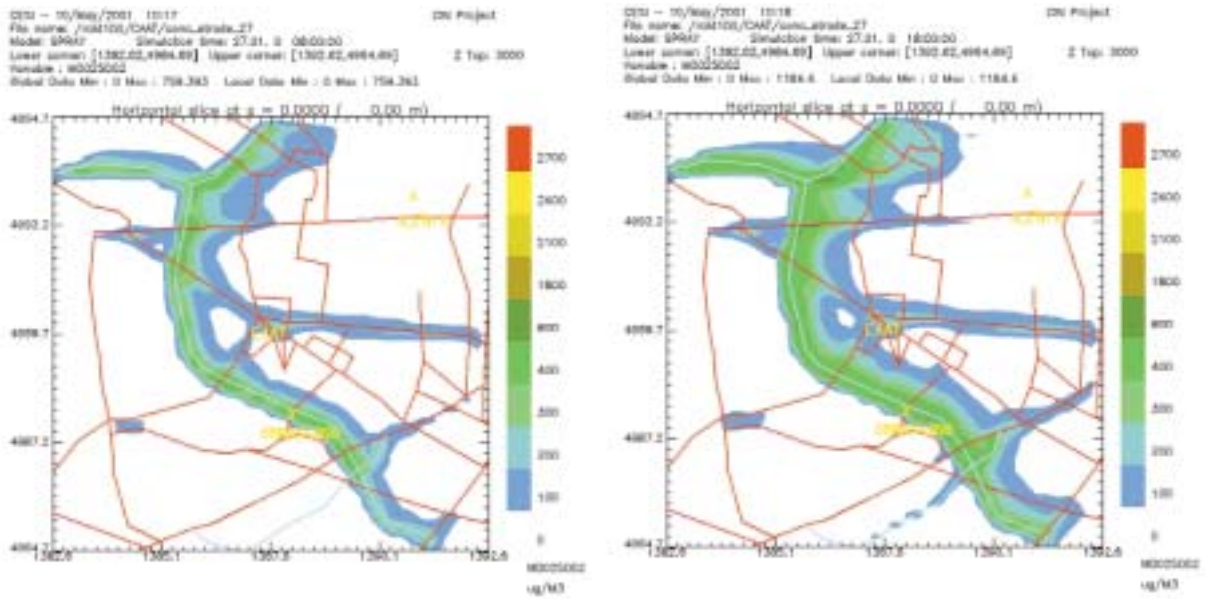


FIGURA 71: concentrazioni di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) calcolate da SPRAY per il 27 Gennaio ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.

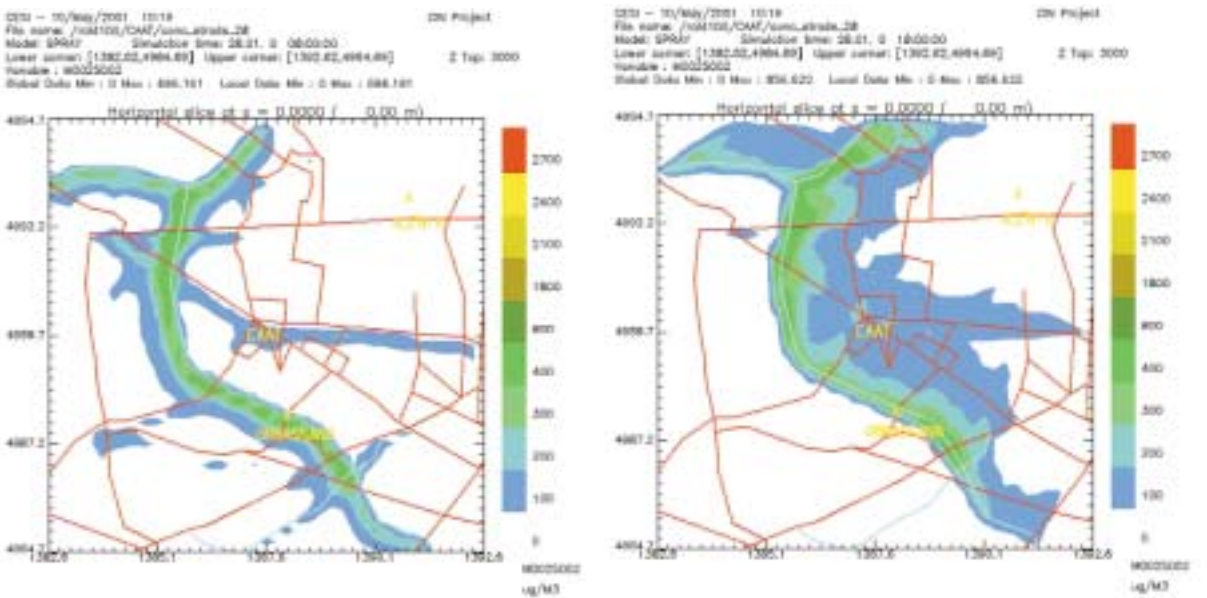


FIGURA 72: concentrazioni di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) calcolate da SPRAY per il 28 Gennaio ore 8:00 (a sinistra) e ore 18:00 (a destra) nel caso pre-CAAT.

Nelle seguenti figure sono illustrati i campi di concentrazione al suolo alle ore 8:00 dovute alle sole emissioni del traffico indotte dalla presenza del CAAT (caso solo-CAAT). Le analoghe figure relative alle ore 18:00 sono state omesse perché poco significative (le emissioni da traffico durante le ore pomeridiane sono praticamente nulle).

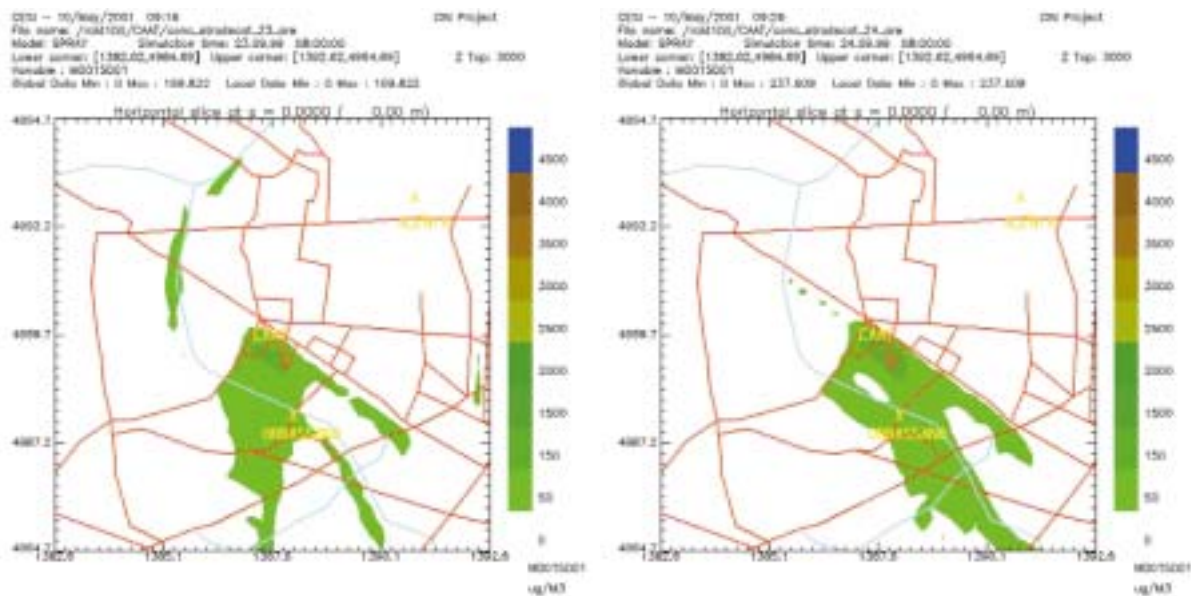


FIGURA 73: concentrazioni di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per le ore 8:00 del 23 Settembre (a sinistra) e del 24 Settembre (a destra) nel caso solo-CAAT.

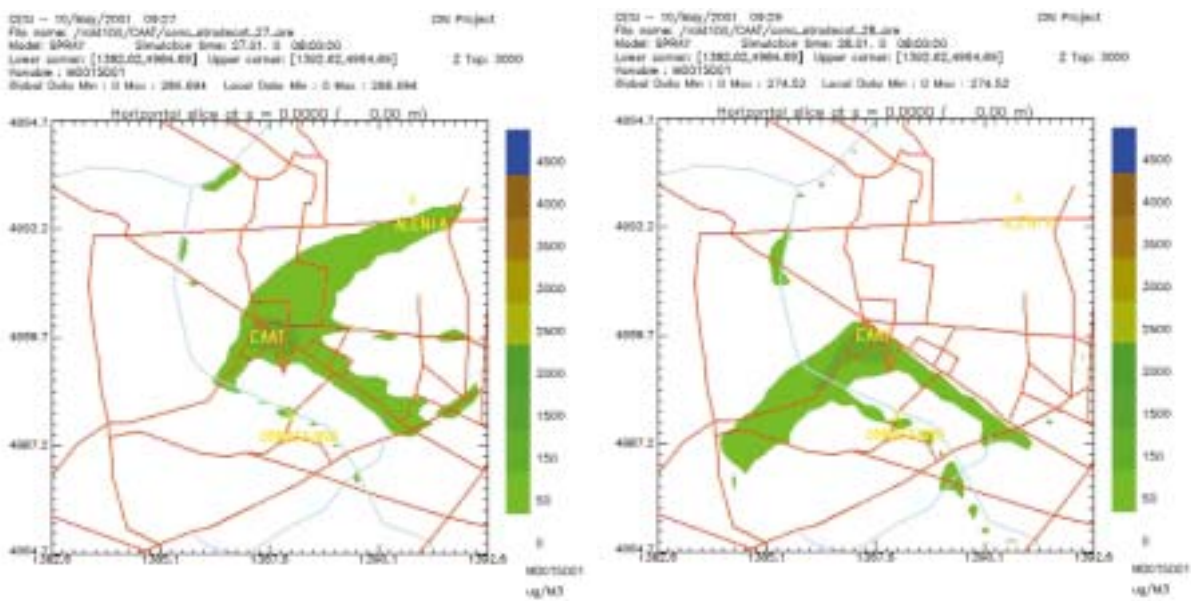


FIGURA 74: concentrazioni di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolate da SPRAY per le ore 8:00 del 27 Gennaio (a sinistra) e del 28 Gennaio (a destra) nel caso solo-CAAT.

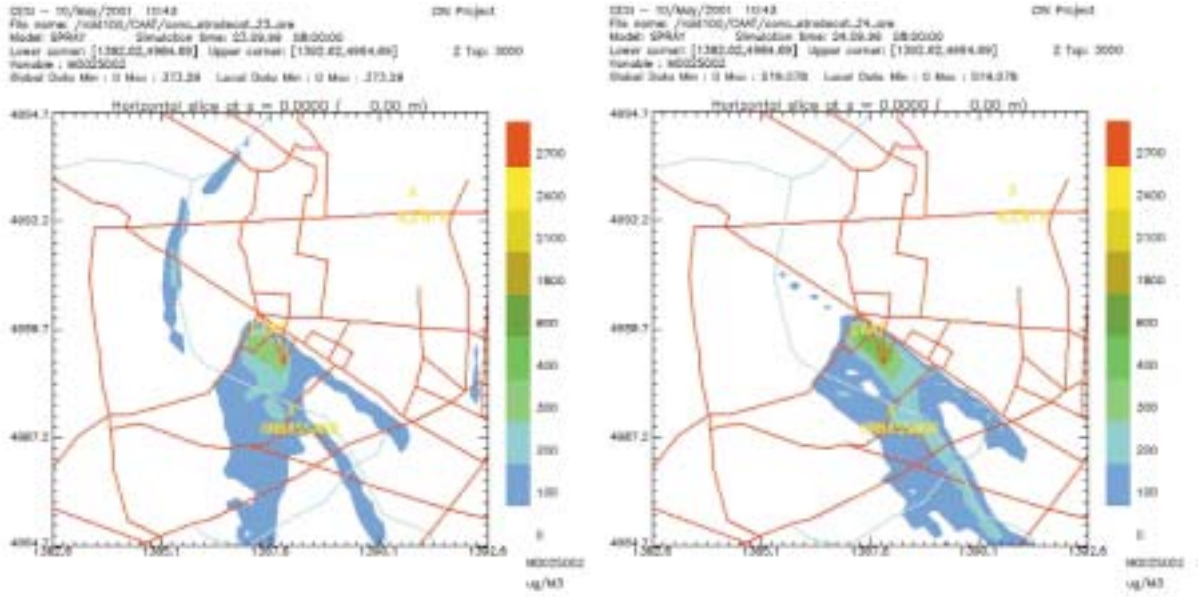


FIGURA 75: concentrazioni di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) calcolate da SPRAY per le ore 8:00 del 23 Settembre (a sinistra) e del 24 Settembre (a destra) nel caso solo-CAAT.

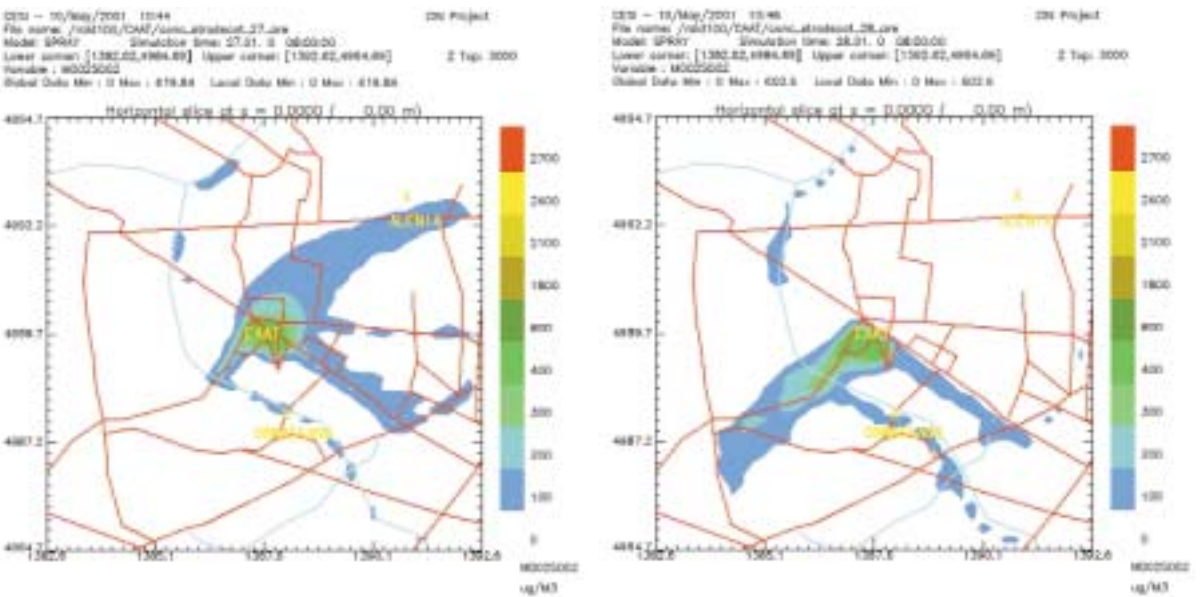


FIGURA 76: concentrazioni di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) calcolate da SPRAY per le ore 8:00 del 27 Gennaio (a sinistra) e del 28 Gennaio (a destra) nel caso solo-CAAT.



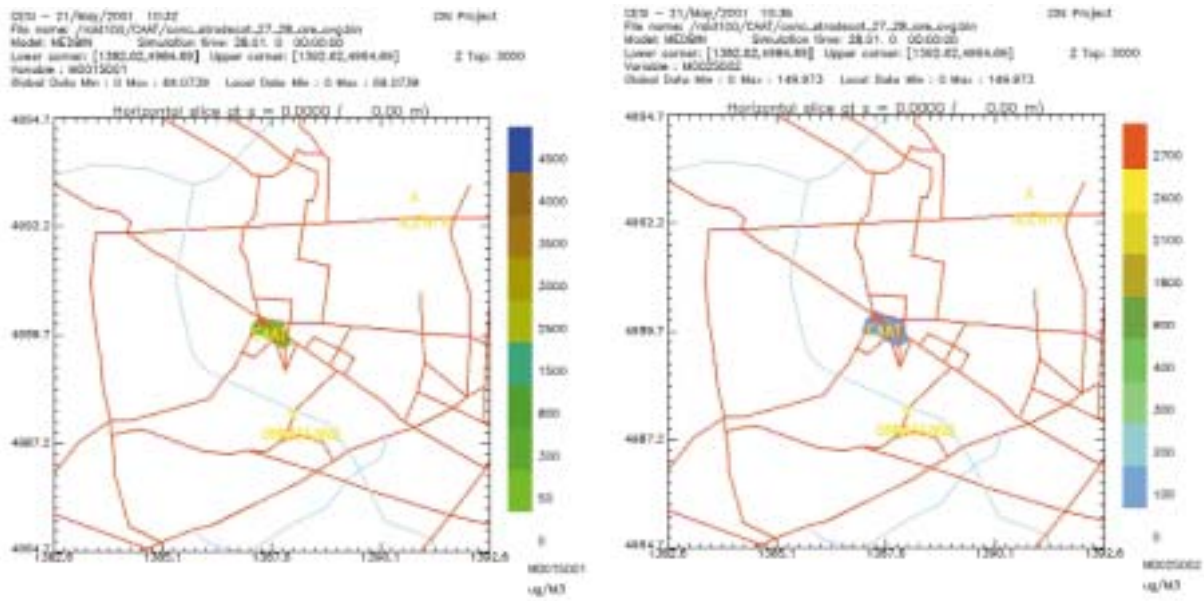


FIGURA 77: concentrazione media giornaliera del 27 Gennaio di CO (a sinistra) ed NO<sub>x</sub> (a destra) (µg/m<sup>3</sup>) nel caso solo-CAAT.

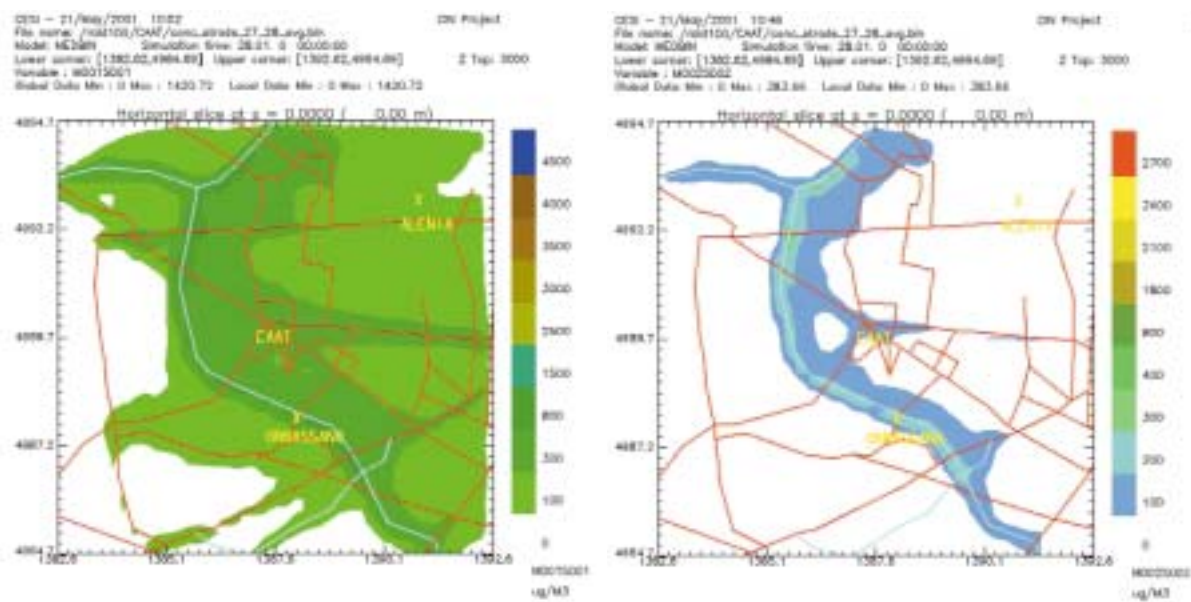


FIGURA 78: concentrazione media giornaliera del 27 Gennaio di CO (a sinistra) ed NO<sub>x</sub> (a destra) (µg/m<sup>3</sup>) nel caso pre-CAAT.

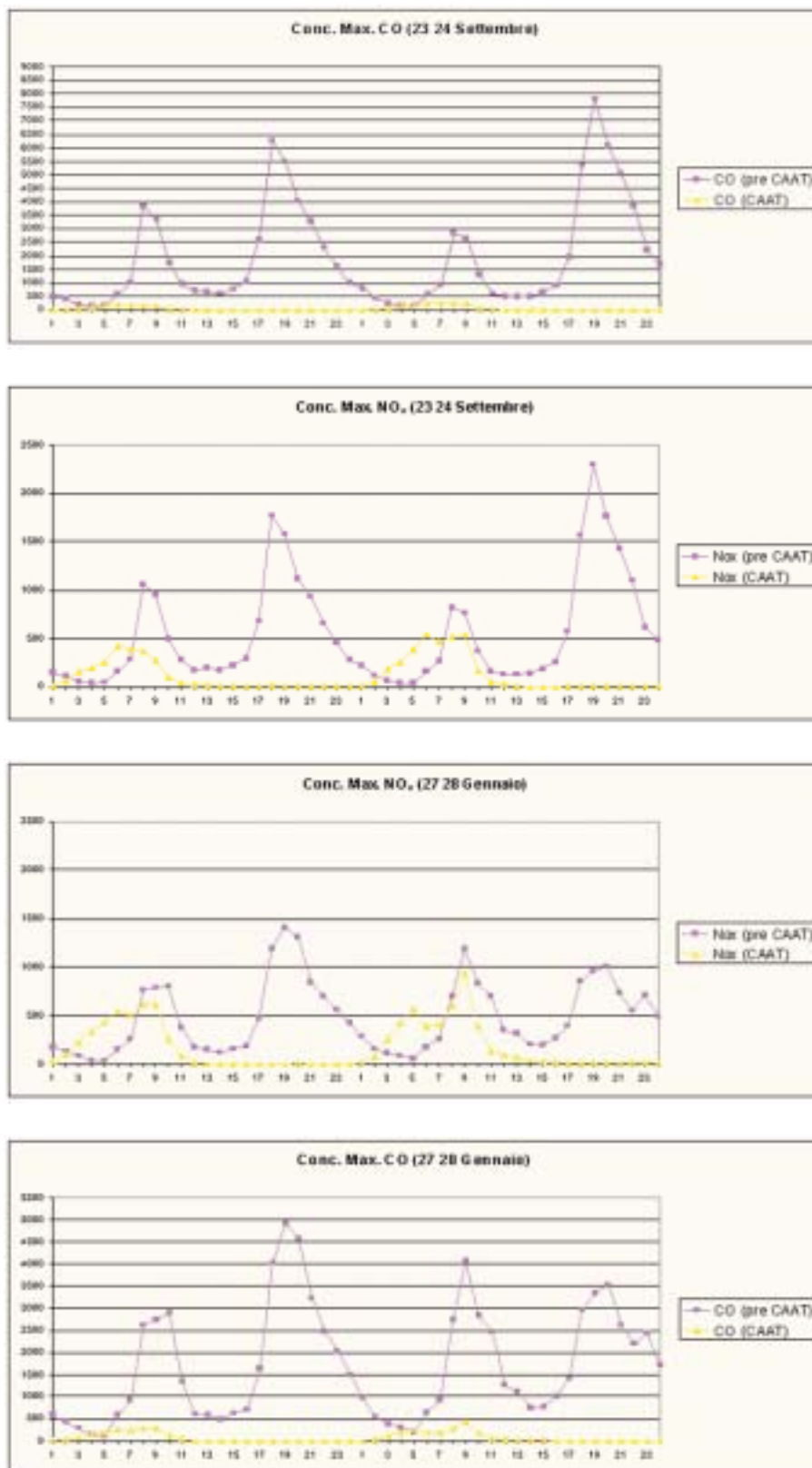


FIGURA 79: andamento orario dei massimi di concentrazione di CO ed NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) durante i periodi di simulazione (i valori massimi di solito si verificano ad ogni ora in posizioni diverse del dominio).



23-24 Settembre					27-28 Gennaio				
Ore	CO Pre CAAT	CO CAAT	NO <sub>x</sub> Pre CAAT	NO <sub>x</sub> CAAT	Ore	CO Pre CAAT	CO CAAT	NO <sub>x</sub> Pre CAAT	NO <sub>x</sub> CAAT
01:00	493	4	145	9	01:00	586	11	172	24
02:00	389	28	113	61	02:00	429	47	125	101
03:00	193	74	56	161	03:00	291	98	83	217
04:00	140	89	40	195	04:00	139	157	37	342
05:00	155	118	42	260	05:00	123	199	34	434
06:00	564	193	154	423	06:00	576	252	148	549
07:00	1026	175	284	383	07:00	926	235	258	507
08:00	3840	169	1058	373	08:00	2618	286	759	619
09:00	3327	126	950	274	09:00	2749	278	794	614
10:00	1724	45	501	98	10:00	2893	116	803	253
11:00	967	19	279	41	11:00	1345	39	379	85
12:00	697	11	176	24	12:00	607	6	175	14
13:00	677	7	195	15	13:00	582	2	149	4
14:00	611	5	175	12	14:00	491	1	121	2
15:00	752	4	218	10	15:00	628	1	156	2
16:00	1069	5	294	11	16:00	715	2	184	3
17:00	2586	4	684	9	17:00	1623	2	466	3
18:00	6258	7	1767	15	18:00	4025	2	1184	3
19:00	5482	4	1578	9	19:00	4920	2	1407	3
20:00	4029	3	1119	6	20:00	4580	5	1307	6
21:00	3269	2	933	6	21:00	3222	4	843	4
22:00	2331	3	651	7	22:00	2473	3	701	3
23:00	1607	2	456	6	23:00	2038	2	564	2
24:00	1001	2	277	5	24:00	1500	2	424	2
01:00	784	4	225	10	01:00	984	5	284	11
02:00	424	27	123	59	02:00	546	35	157	78
03:00	235	82	65	180	03:00	389	116	110	253
04:00	133	118	37	258	04:00	294	195	82	422
05:00	127	178	34	389	05:00	203	258	56	567
06:00	576	245	155	536	06:00	635	178	177	388
07:00	936	216	263	469	07:00	919	187	254	410
08:00	2831	237	818	519	08:00	2742	274	696	602
09:00	2652	246	768	531	09:00	4072	427	1187	939
10:00	1285	76	369	167	10:00	2846	178	823	388
11:00	583	24	161	52	11:00	2448	64	703	137
12:00	508	12	131	28	12:00	1264	42	348	92
13:00	484	2	131	5	13:00	1115	28	315	61
14:00	499	1	140	1	14:00	737	18	199	39
15:00	646	1	181	2	15:00	759	12	197	28
16:00	878	1	255	2	16:00	1009	8	265	17
17:00	1957	2	575	5	17:00	1406	3	396	7
18:00	5372	5	1567	11	18:00	2967	2	856	5
19:00	7817	6	2293	13	19:00	3346	3	954	7
20:00	6066	5	1760	11	20:00	3524	3	1000	8
21:00	5041	3	1430	7	21:00	2615	5	734	10
22:00	3822	3	1102	7	22:00	2198	7	556	16
23:00	2227	3	620	8	23:00	2429	8	707	17
24:00	1681	3	482	8	24:00	1709	5	487	12

TABELLA 59: valori massimi di concentrazione di CO ed NO<sub>x</sub> (µg/ m<sup>3</sup>) nel caso solo-CAAT e nel caso pre-CAAT calcolati ad ogni ora delle 4 giornate di studio.

Innanzitutto si nota osservando la figura 79 e la tabella 59 che l'andamento dei valori massimi di concentrazione rispecchia, sia nel caso solo-CAAT che pre-CAAT, il tipo di modulazioni giornaliere del traffico utilizzate.

Le concentrazioni di  $\text{NO}_x$  indotte dal traffico del caso solo-CAAT sono superiori a quelle di CO (vedi anche la tabella 59) e rispecchiano i rapporti all'emissivi (vedi tabella 58) determinati dalla prevalenza di mezzi pesanti con motore alimentato a gasolio nel parco veicoli affluente al CAAT. Confrontando sia l'andamento dei massimi che i valori medi giornalieri (vedi figura 77 e 78) si nota che le concentrazioni di CO nel caso solo-CAAT sono molto inferiori su tutto il dominio di calcolo a quelle del caso pre-CAAT. Invece i massimi di  $\text{NO}_x$  nel primo caso sono sempre superiori tra le ore 3:00 e le 7:00 dei 4 giorni considerati. I massimi si trovano sempre nella zona di insediamento e variano tra i  $169 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $286 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il CO e tra  $519 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $619 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l' $\text{NO}_x$  (i massimi assoluti si riscontrano il 27 Gennaio alle 8).

Nel caso solo-CAAT le concentrazioni massime si hanno nel caso invernale (e non estivo come nel caso pre-CAAT) a causa di una particolare diminuzione dell'intensità del vento nella area del CAAT nelle ore di massima emissione mattutina del 27 Gennaio. Ciò significa che nell'area di installazione l'incremento dei valori massimi di concentrazione di  $\text{NO}_x$  dovuto al "nuovo" traffico di mezzi pesanti può essere dell'ordine del 200% ( $619 \mu\text{g}/\text{m}^3$  contro i circa  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

I valori medi giornalieri sono comunque sempre inferiori su tutto il dominio a causa delle emissioni praticamente trascurabili durante il pomeriggio nel caso solo-CAAT.

Quindi nel caso delle concentrazioni di CO l'impatto della presenza del CAAT è trascurabile sia come valori massimi che come valori medi giornalieri, mentre nel caso dell' $\text{NO}_x$  l'impatto sembra essere consistente solo in termini di valori massimi che possono essere confrontabili con quelli del caso pre-CAAT e non in termini di valori medi giornalieri, sempre molto inferiori per l'assenza di emissioni pomeridiane del caso solo-CAAT.

## EMISSIONI INDUSTRIALI

Per quanto riguarda la verifica dell'impatto di sorgenti industriali, è stata preliminarmente identificata una singola sorgente di emissione della quale effettuare la simulazione. Tale sorgente, rappresentata dai camini della ditta Servizi Industriali, è da tempo sotto controllo da parte della Provincia di Torino e sono disponibili per tale sorgente alcuni dei dati di emissione necessari al codice di dispersione. La scelta dei periodi di studio è stata individuata anche in relazione alla presenza di alcune segnalazioni della cittadinanza che lamentavano la presenza di cattivi odori nella regione a sud della sorgente stessa e le simulazioni modellistiche effettuate ne costituiscono un'utile verifica. La posizione della Servizi Industriali nel dominio di calcolo è rappresentata nella seguente figura 80.

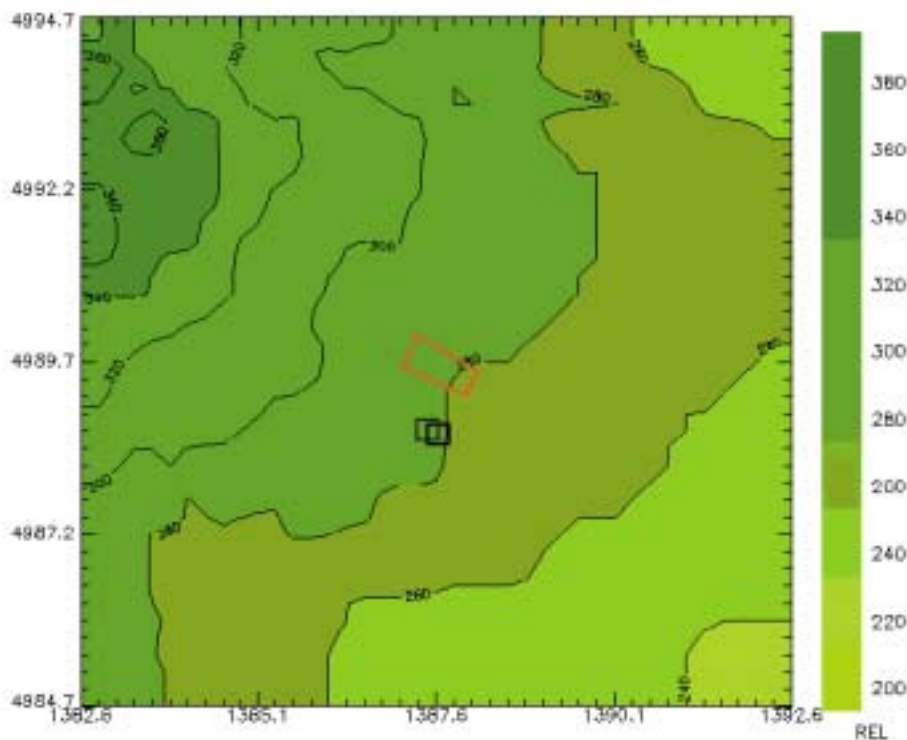


FIGURA 80: posizionamento delle emissioni della ditta Servizi Industriali nel dominio di calcolo. I camini emittenti sono rappresentati dai quadratini blu e nero.

### Stima delle emissioni

La Servizi Industriali tratta rifiuti pericolosi e non pericolosi di origine industriale e presenta tre linee di trattamento. In particolare la linea H.S. (Heuiles Solubles), C.F.B (Chimico Fisico Biologico) e il trattamento solidi. Il camino della linea C.F.B è denominato Bianco, mentre quello delle altre due linee è denominato Blu. Di questi, solo il camino Bianco, corrispondente al simbolo nero della figura 80, è stato preso in considerazione nelle simulazioni in quanto emette sostanze gassose odorogene. Il secondo camino è invece relativo all'impianto di trattamento di sostanze solide, per cui non è stato preso in considerazione in quanto emette soprattutto polveri. Le caratteristiche dell'emissione considerata che sono state fornite, sono riassunte di seguito:

- Altezza 13m
- Diametro 1m
- Portata flusso media 25200 Nm<sup>3</sup>/h
- Portata flusso max 27000 Nm<sup>3</sup>/h

Per quanto riguarda la concentrazione di SOT al camino, sono stati forniti solamente i valori limite teorici dell'impianto in condizioni normali di esercizio. Essendo probabili, durante particolari condizioni di esercizio, valori di concentrazione differenti, per ottenere dal modello di dispersione un'informazione di carattere più generale si è preferito ricostruire il fattore di concentrazione supposto il valore della concentrazione alla sorgente uguale a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il rateo di emissione per l'inquinante emesso, in grado di riprodurre alla sorgente tale concentrazione tenendo conto della portata max dei fumi fornita, risulta essere pari a  $7.5 \mu\text{g}/\text{s}$ . In questo modo le concentrazioni calcolate dal modello (sempre minori di 1) possono essere direttamente interpretate come rapporto rispetto alla concentrazione alla sorgente, utile nella valutazione degli impatti odorosi, mentre il loro inverso può essere interpretato come fattore di diluizione. Per poter ricavare l'effettivo valore di concentrazione al suolo di SOT è sufficiente moltiplicare i valori ricavati dal modello per la concentrazione all'emissione di sostanza inquinante, una volta nota. Rimane comunque da osservare che questa procedura di normalizzazione è strettamente legata alla sorgente simulata, in quanto ricavata dal valore di portata fumi dell'impianto considerato. Nel caso si voglia simulare una sorgente con una portata fumi differente, occorre normalizzare nuovamente il rateo di emissione di inquinante tenendo conto del nuovo valore di portata dei fumi. Nelle simulazioni modellistiche con SPRAY, si è inoltre tenuto conto del sovrainnalzamento dei fumi dovuto alla spinta dinamica generata dalla velocità di uscita che, nelle condizioni di esercizio previste, risulta essere pari a  $9.5 \text{ m/s}$ .

#### Simulazione di dispersione

Il modello SPRAY è stato utilizzato in questo caso per simulare la dispersione durante le quattro giornate prese in considerazione. Durante il periodo 23-24/09/1999 le emissioni seguono un andamento giorno-notte tipico delle condizioni simulate, caratterizzate da una debole brezza in direzione nord-sud. Nelle ore notturne, il pennacchio emesso dalla Servizi Industriali risulta essere diretto verso Sud, come indicato dai campi di concentrazione del 23/09/1999 alle ore 04:00 e del 24/09/1999 alle ore 04:00, illustrati in figura 81 e figura 82. In particolare viene interessata la regione tra Beinasco e Orbassano con fattori di diluizione non trascurabili, a causa della scarsa dispersività dell'atmosfera durante le ore notturne.

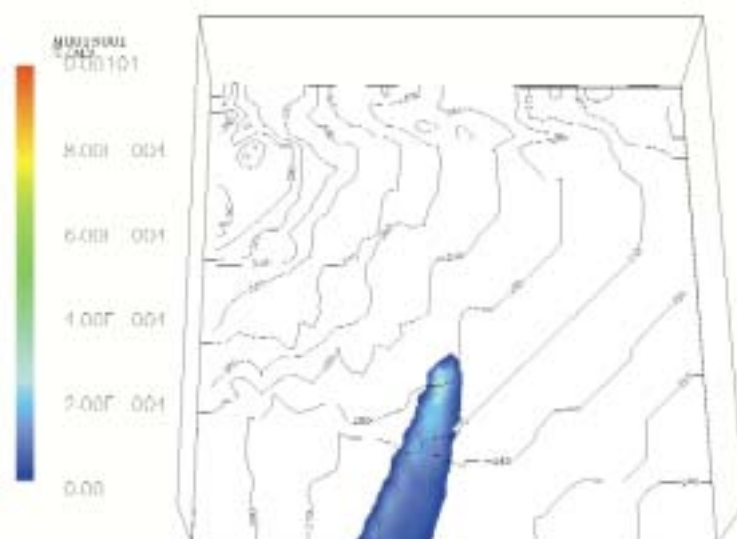


FIGURA 81: campo di concentrazioni al suolo alle ore 04:00 del 23/09/1999. In questa, come nelle figure successive, la scala a sinistra rappresenta le concentrazioni al suolo rispetto ad una concentrazione all'emissione pari a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

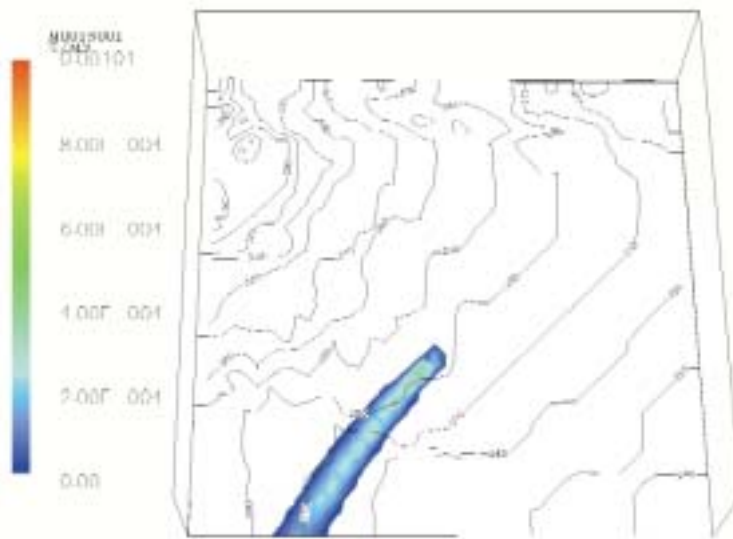


FIGURA 82: campo di concentrazioni al suolo alle ore 04:00 del 24/09/1999.

Durante le ore diurne di rotazione della brezza, contraddistinte da una maggiore turbolenza atmosferica e migliori condizioni di dispersione, le concentrazioni massime sono più deboli con contributi significativi in prossimità della sorgente, come indicato nelle figure 83 e 84 che riportano rispettivamente il campo di diluizione al suolo del 23/09/1999 alle ore 12:00 e del 24/09/1999 alle ore 10:00.

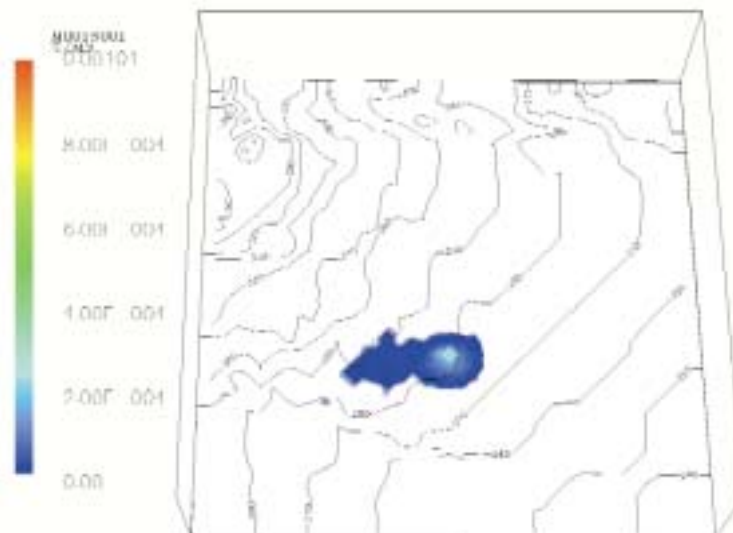


FIGURA 83. campo di concentrazioni al suolo alle ore 12:00 del 23/09/1999.



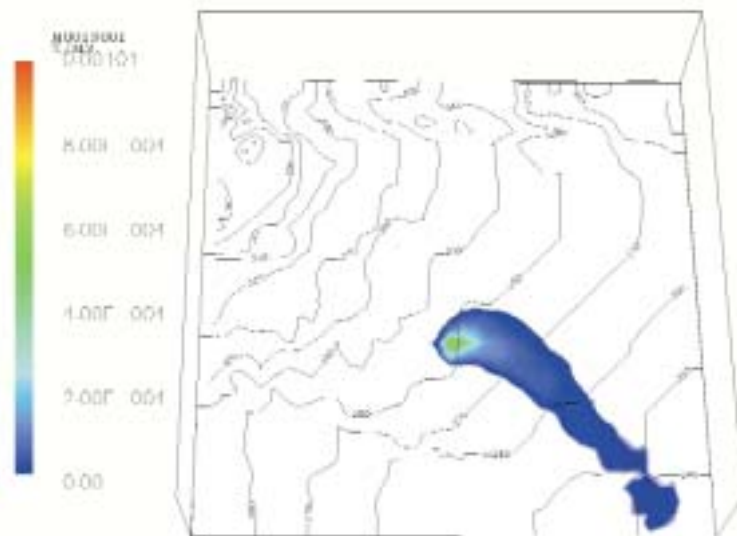


FIGURA 84: campo di concentrazioni al suolo alle ore 10:00 del 23/09/1999.

Durante le successive ore serali e notturne, il vento medio e conseguentemente anche il pennacchio riprendono ad interessare la zona a sud, con livelli di concentrazioni al suolo più elevate a causa della maggiore stabilità atmosferica.

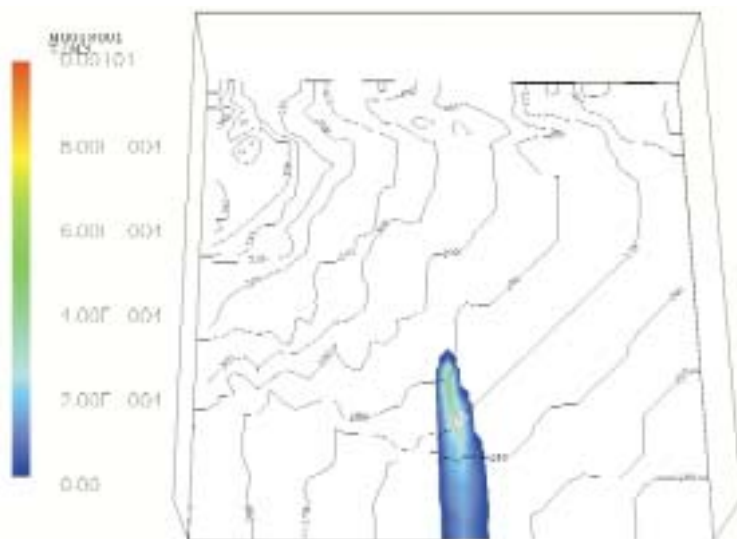


FIGURA 85: campo di concentrazioni al suolo alle ore 22:00 del 23/09/1999.

Ciò è evidenziato nelle figure 85 e 86, che rappresentano i campi di concentrazione al suolo rispettivamente del 23/09/1999 h.22:00 e del 24/09/1999 h.24:00. In questo caso i valori sono i più alti riscontrati durante la simulazione, e interessano regioni anche a 4-5 km dalla sorgente.

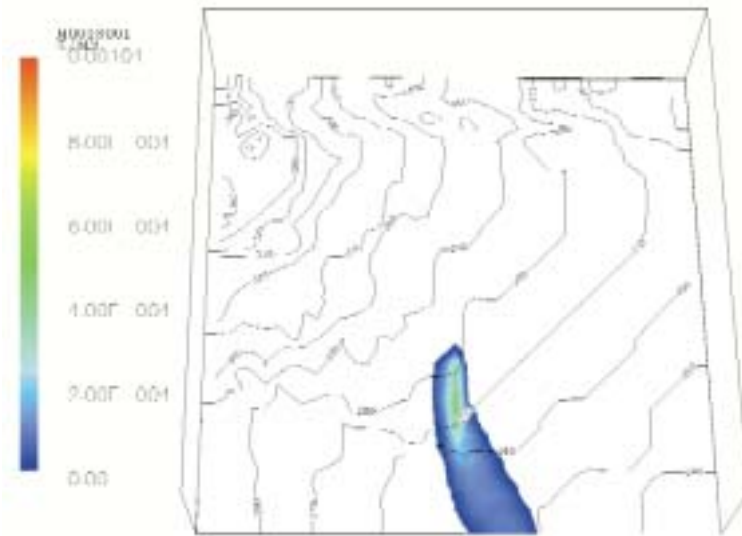


FIGURA 86: campo di concentrazioni al suolo alle ore 24:00 del 24/09/1999.

Le simulazioni del 27-28/01/2000 sono caratterizzate da un primo periodo con condizioni persistenti di vento da sud, con rotazione verso est nella zona nord del dominio che risente della presenza di un incanalamento nella direzione della Val di Susa. Ciò è illustrato nelle figure 87 e 88 che riportano i campi di concentrazione al suolo rispettivamente del 27/01/2000 h.04:00 e del 27/01/2000 h.12:00.

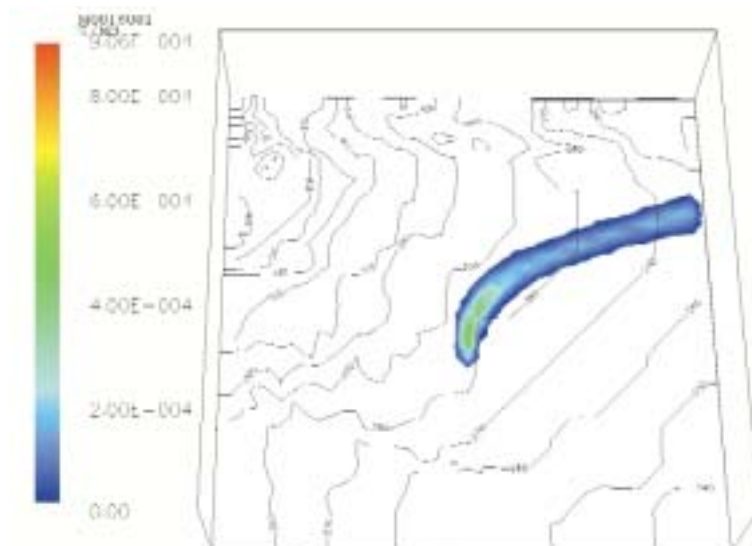


FIGURA 87: campo di concentrazioni al suolo alle ore 04:00 del 27/01/2000.

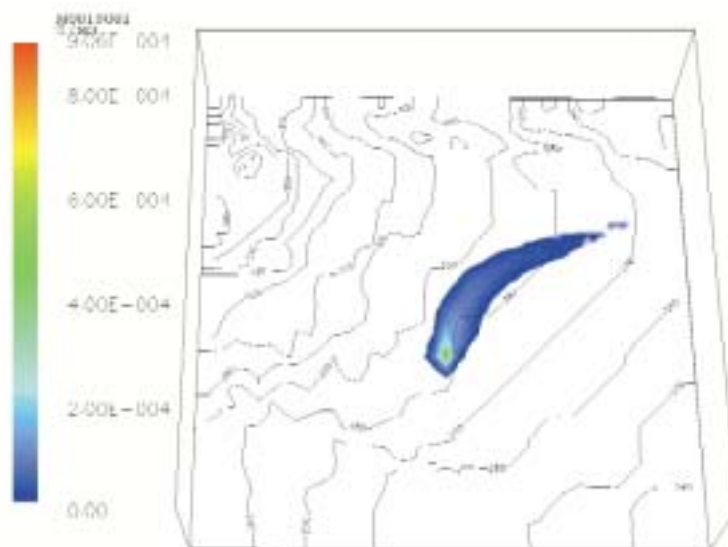


FIGURA 88: campo di concentrazioni al suolo alle ore 12:00 del 27/01/2000

Anche in questo caso la maggiore turbolenza durante le ore diurne determina concentrazioni al suolo minori alle ore 12:00. Durante le ore serali del 27/01/2000 e nella giornata successiva si manifesta una condizione di brezza giorno-notte, meno persistente rispetto a quanto osservato nel periodo di Settembre 1999. Nelle ore notturne il vento tende infatti ad essere diretto verso sud, determinando i campi di concentrazioni al suolo come illustrati nelle figure 89 e 90, che si riferiscono al 28/01/2000 h.06:00 e h.24:00.

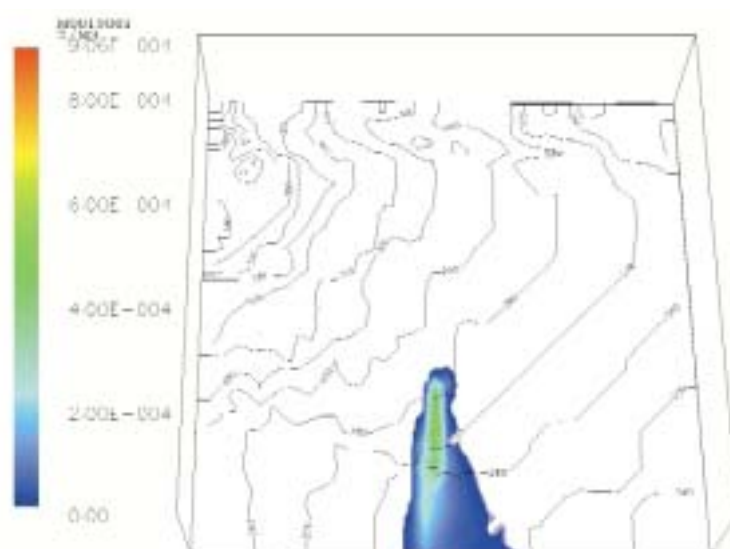


FIGURA 89: campo di concentrazioni al suolo alle ore 06:00 del 28/01/2000.

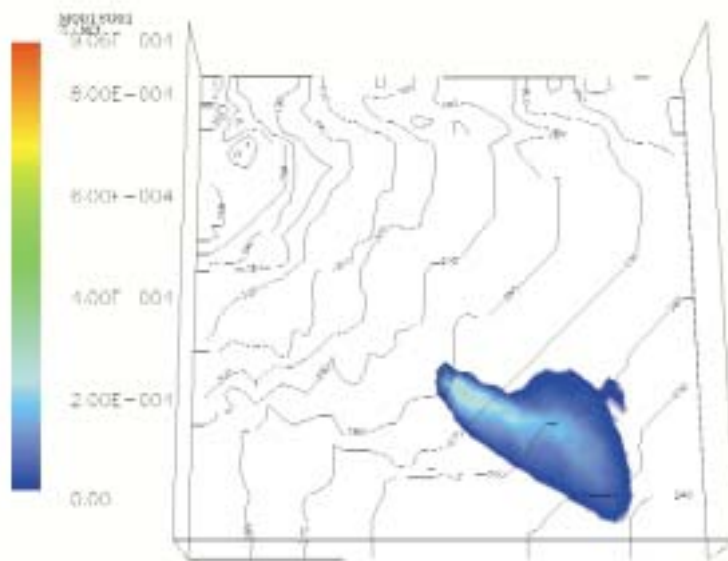


FIGURA 90: campo di concentrazioni al suolo alle ore 24:00 del 28/01/2000.

Durante le ore diurne del 28/01/2000 si assiste invece ad una situazione di vento variabile che porta il pennacchio ad interessare diverse porzioni del dominio, come indicato nelle figure 91 e 92 che illustrano le situazioni rispettivamente del 28/01/2000 alle ore 10:00 e 14:00. In questi casi il campo di concentrazione al suolo risulta essere allargato a causa della rotazione del vento che si manifesta all'interno del periodo di media di un'ora.

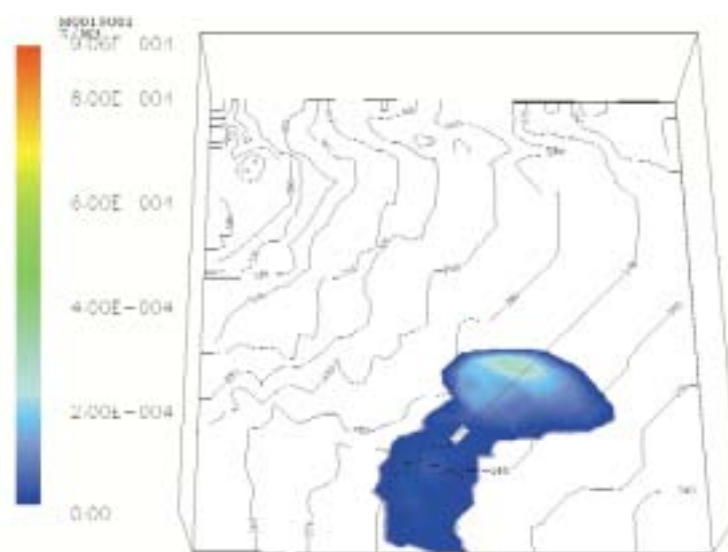


FIGURA 91: campo di concentrazioni al suolo alle ore 10:00 del 28/01/2000.

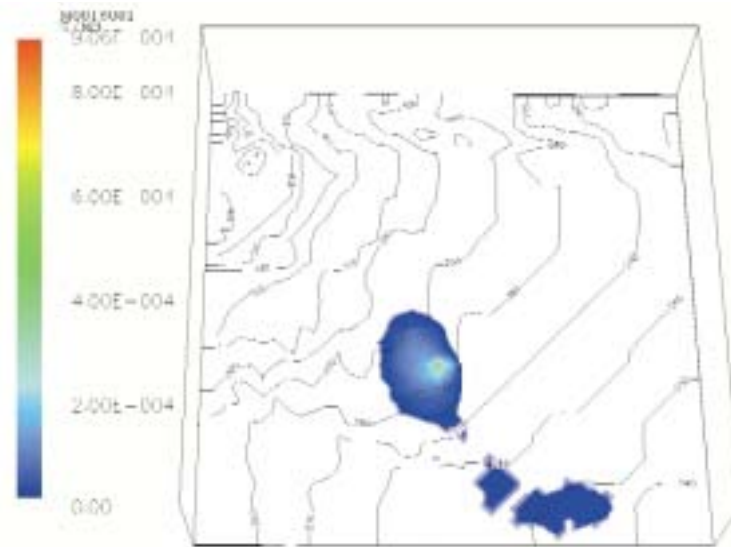


FIGURA 92: campo di concentrazioni al suolo alle ore 14:00 del 28/01/2000.



### Analisi dei risultati

Per ottenere un quadro riassuntivo dei risultati delle simulazioni, vengono presentati di seguito i valori massimi orari assoluti di concentrazione al suolo nell'intero dominio e i valori massimi orari di concentrazione al suolo su circonferenze poste alla distanza di 500m e 2000m dalla sorgente. Come detto nella parte di descrizione delle emissioni di questo paragrafo, le concentrazioni al suolo simulate dal modello possono essere interpretate come rapporto rispetto alla concentrazione all'emissione. Vengono inoltre presentati i fattori di diluizione corrispondenti, ottenuti come l'inverso dei valori di concentrazione massimi simulati.

Come indicato in figura 93, per quanto riguarda il periodo 23-24/09/1999 il rapporto tra la concentrazione massima al suolo e la concentrazione all'emissione su tutto il dominio scende di poco sotto il livello 0.0002, che corrisponde ad una diluizione massima di circa 5000 volte. Nel caso peggiore, ottenuto solo in una particolare ora, il livello di concentrazione è pari a 0.00098, che corrisponde ad un fattore di diluizione pari a 1014. L'andamento di questi valori massimi non tiene conto della distanza della sorgente e mostra andamenti temporali dei fattori di diluizione piuttosto piatti.

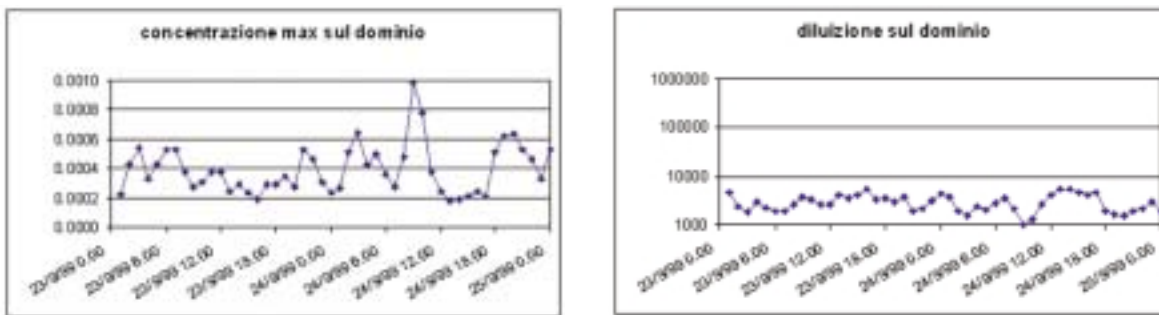


FIGURA 93: rapporto tra la concentrazione al suolo massima e la concentrazione all'emissione (sinistra) e corrispondente fattore di diluizione al suolo (destra) rilevati ora per ora su tutto il dominio di calcolo nel periodo 23-24/09/1999.

Poiché a diverse ore del giorno corrispondono diverse regioni di impatto della sorgente, è utile verificare gli andamenti dei valori massimi a diverse distanze dalla sorgente emissiva. Le figure 94 e 95 mostrano i valori massimi e i corrispondenti fattori di diluizione in scala logaritmica rispettivamente a 500 m e 2000 m dalla sorgente, indipendentemente dalla direzione. La distanza di 2000 m dalla sorgente risulta particolarmente significativa in quanto a tale distanza, soprattutto nella regione a sud dell'impianto, si trovano i principali centri abitati.

Dall'analisi dei grafici si può notare che sia alla distanza di 500 m sia a quella di 2000 m dalla sorgente i valori massimi di concentrazione si presentano nelle ore notturne.

Si può dedurre, dalle analisi fatte osservando la dispersione nel dominio, che i massimi assoluti sono sistematicamente contenuti all'interno di una distanza di 500 m dalla sorgente e conseguentemente che tale valore rappresenta la distanza entro la quale vengono circoscritti gli episodi di massima ricaduta.

Alla distanza di 2000 m è invece molto evidente sia il ciclo giorno notte sia che la dispersione atmosferica è tale da non determinare valori significativi di ricaduta durante le ore diurne. Le diluizioni massime infatti sono superiori ad un fattore 10000. Durante le ore notturne i valori di concentrazione al suolo sono più elevati raggiungendo valori di diluizione anche inferiori a 3000. Tali concentrazioni avvalorano le numerose segnalazioni della cittadinanza che in quel periodo lamentavano proprio nelle ore notturne la presenza di odori sgradevoli nelle zone collocate a sud dell'impianto.

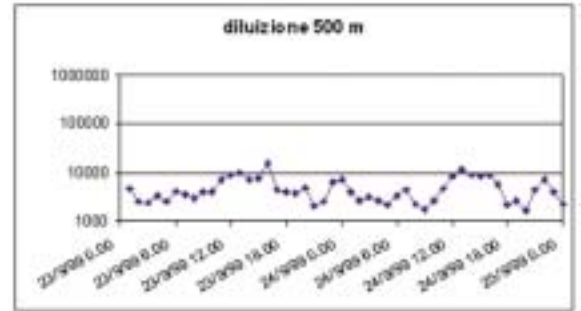


FIGURA 94: come per la FIGURA 93, ma riferita ad una distanza di 500m dalla sorgente.

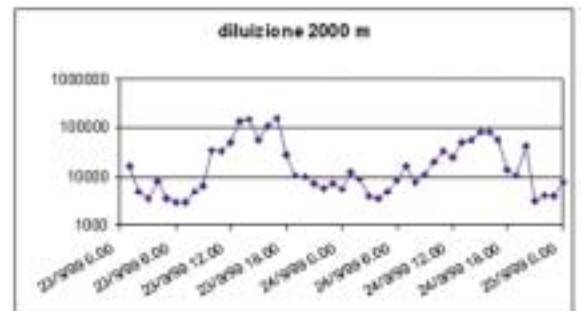
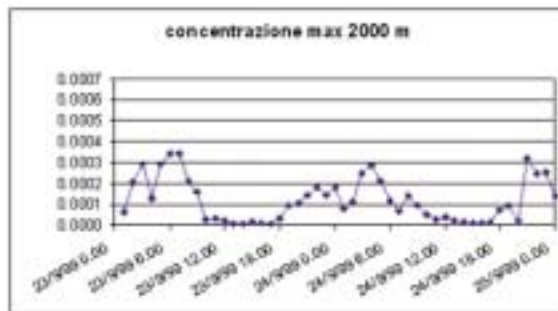


FIGURA 95: come per la FIGURA 93, ma riferita ad una distanza di 2000m dalla sorgente.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per il periodo 27-28/01/2000, come indicato nelle figure 96 - 98 che rappresentano rispettivamente concentrazioni orarie massime e fattori di diluizione su tutto il dominio, a 500m e a 2000m dalla sorgente durante questo periodo.

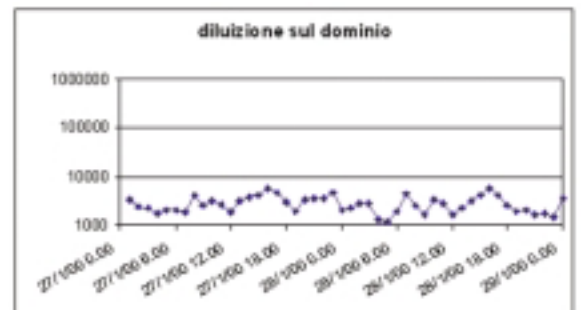


FIGURA 96: rapporto tra la concentrazione massima al suolo e la concentrazione all'emissione (sinistra) e corrispondente fattore di diluizione al suolo (destra) rilevati ora per ora su tutto il dominio di calcolo nel periodo 27-28/01/2000.

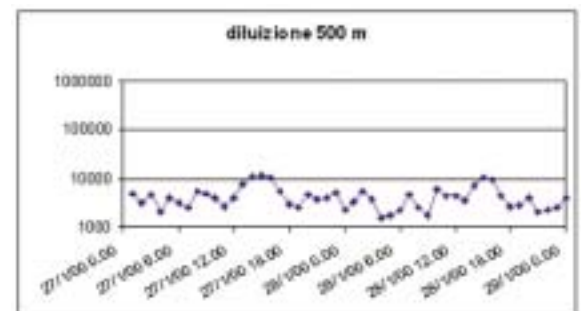


FIGURA 97: come per la FIGURA 96, ma riferita ad una distanza di 500m dalla sorgente.

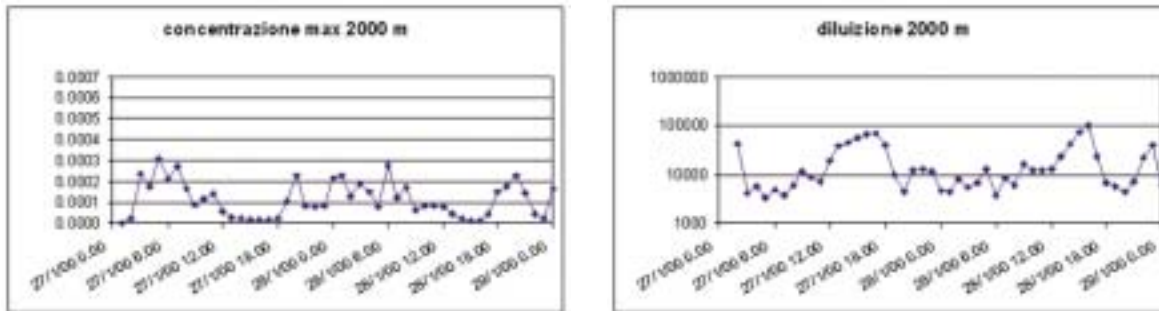


FIGURA 98: come per la FIGURA 96, ma riferita ad una distanza di 2000m dalla sorgente.

## CONCLUSIONI

Sia le simulazioni relative alle emissioni da traffico che quelle relative alle emissioni della ditta Servizi Industriali sono state effettuate per un periodo di 4 giorni, (due estivi e due invernali) caratterizzati da condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli all'accumulo di inquinanti al suolo.

Per quanto riguarda l'inquinamento causato dal traffico indotto dall'insediamento del CAAT, le simulazioni modellistiche hanno evidenziato un significativo impatto della presenza del CAAT in termini di valori massimi di concentrazione di ossidi di azoto che ricadono nell'area nell'area di installazione durante le ore mattutine, maggiormente interessate dal traffico indotto dalle attività del centro, caratterizzato da mezzi pesanti con motori alimentati a gasolio. L'aumento delle concentrazioni medie giornaliere di CO ed NO<sub>x</sub> è invece trascurabile in tutta la zona esaminata.

Per quanto riguarda le emissioni della ditta Servizi Industriali, i livelli di concentrazione più elevati si verificano nei periodi notturni durante i quali nei centri abitati limitrofi si possono avere valori corrispondenti a fattori di diluizione di circa 3000. L'applicazione di tecniche modellistiche, come nel caso trattato, consente di valutare le zone e i periodi di massima ricaduta al suolo dell'inquinante, fornendo una stima dell'impatto sulla qualità dell'aria di tale insediamento industriale, analizzando i fattori di diluizione in particolari condizioni meteorologiche.

Gli studi di modellistica sono stati realizzati in collaborazione con:

CESI Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano G. Motta

(G. Decimi, G. Tinarelli, S. Alessandrini)

CNR ISTITUTO DI COSMOGEOFISICA DI TORINO

(D. Anfossi, S. Riccardo)

## BIBLIOGRAFIA

Bertacchi M., Captano F., Fornaciari S., Franzoni C., Renna E., Vivi B., "Discarica per RSU,: controllo della qualità dell'aria e ricerca delle sostanze odorigene", Ingegneria Ambientale, Ottobre 1996.

ENEL 1994 "Il modello lagrangiano a particelle SPRAY. Descrizione generale e validazioni." Rapporto ENEL - E1/94/10/MI.

ENEL RICERCA, "Software EMIGRA - Descrizione e manuale d'uso", AMB-RT-99-0308, Dicembre 1999.

P.GEAI, "Méthode d'interpolation et de reconstitution tridimensionnelle d'un champ de vent: le code d'analyse objective MINERVE", EDF-DER 1987 - Ref:HE 34-87.03.

L. Ntziachristos, Z. Samaras, "COPERT III - Methodology and Emission Factors", European Environment Agency, July 1999.

In relazione alla stretta correlazione esistente fra il consumo di energia e l'inquinamento atmosferico si è cercato con il presente capitolo di fornire alcune informazioni aggiornate sugli andamenti della produzione e dei consumi di energia nella Provincia di Torino.

Il Servizio Risorse Energetiche della Provincia di Torino ha recentemente aggiornato il bilancio energetico provinciale, per monitorare l'andamento dei consumi finali dei principali vettori energetici negli anni tra il 1990 ed il 1999. Tali analisi sono contenute nel Secondo Rapporto sull'energia il cui testo è a disposizione presso l'Area Ambiente della Provincia di Torino.

A parte alcune oscillazioni, il periodo considerato è caratterizzato da un costante incremento dei consumi, superando il livello dei 4.500 ktep già dal 1998. Complessivamente, nel 1999 i consumi energetici sono aumentati del 13,4% rispetto ai valori del 1990.

**EVOLUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI SUDDIVISI PER VETTORE  
IN PROVINCIA DI TORINO RIFERITI AL PERIODO 1990 - 1999**

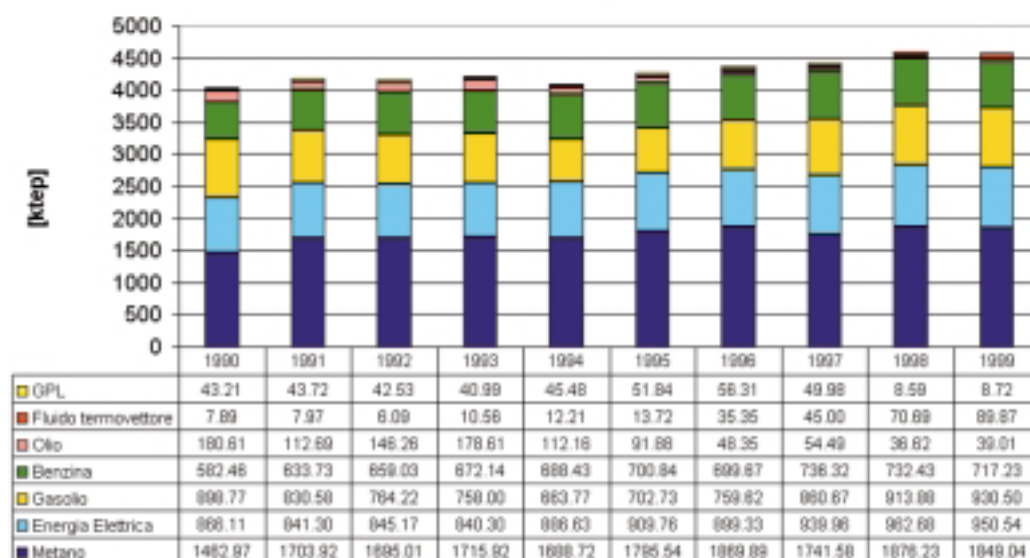


FIGURA 99: evoluzione dei consumi energetici. Disaggregazione vettoriale.

Dal grafico precedente appare evidente la progressiva perdita di importanza relativa dell'olio combustibile e il conseguente aumento del fluido termovettore da cogenerazione (raggiungendo nel 1999 quasi il 2% dei consumi totali), ma a parte tali variazioni, nel complesso il mix energetico della provincia rimane abbastanza stabile nel corso del decennio.

Per quanto riguarda la distribuzione dei consumi energetici nei settori di utilizzo, le attività produttive (industria e agricoltura) nel 1999 rappresentavano il 27,2% dei consumi totali, gli usi civili (residenziale e terziario) il 43,4% mentre i trasporti si assestavano al 29,4%. Nel periodo analizzato solo il macro settore attività produttive resta stazionario, mentre gli usi civili e i trasporti fanno registrare un aumento complessivo di circa il 20%.

Osservando inoltre l'andamento del rapporto tra i consumi energetici e i residenti della provincia di Torino (figura 100), si nota un trend in continua crescita, particolarmente rilevante nella seconda metà del decennio. La popolazione residente in provincia di Torino, nel 1999 pari a 2.214.282 unità, ha registrato infatti una diminuzione dell'1,3%, mentre i consumi energetici un aumento molto consistente (+13,4%). Questo indice dimostra che le dinamiche demografiche che hanno coinvolto la provincia di Torino nel corso degli anni '90 non hanno influenzato l'andamento dei consumi energetici, i quali sono stati influenzati per lo più da stili di vita sempre più "energivori". I consumi specifici per abitante sono quindi aumentati superando i 2tep pro-capite. È da notare che tale dato è relativo solo agli usi finali, senza conteggiare la quota di energia primaria destinata alla produzione di energia elettrica.

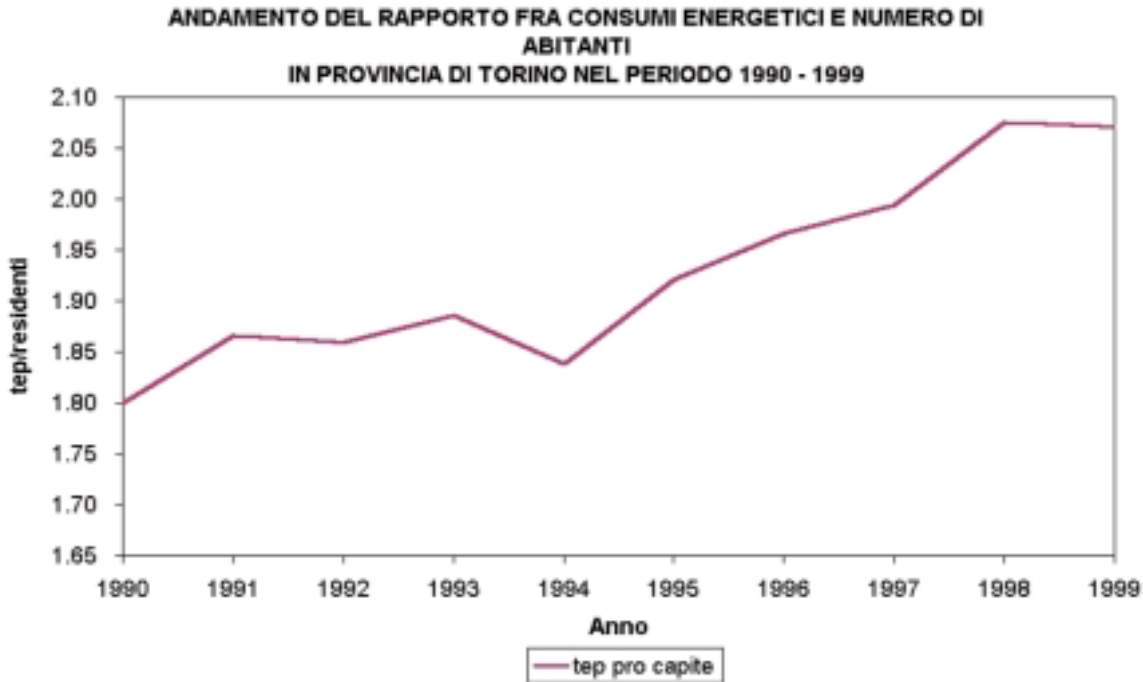


FIGURA100: andamento del rapporto tra i consumi energetici e i residenti della provincia di Torino

### CONSUMI ENERGETICI COMPLESSIVI PRO CAPITE

Il Rapporto sull'energia propone anche altri indici di intensità energetica per i tre macrosettori di utilizzo: consumi di energia elettrica nel settore domestico in relazione ai residenti, consumi energetici dell'industria su addetti e consumi specifici di carburante per autotrazione. Tutti gli indici mostrano un andamento crescente nel decennio. A titolo esemplificativo si riporta in figura 101 il grafico relativo ai consumi specifici del parco veicoli circolante in provincia.

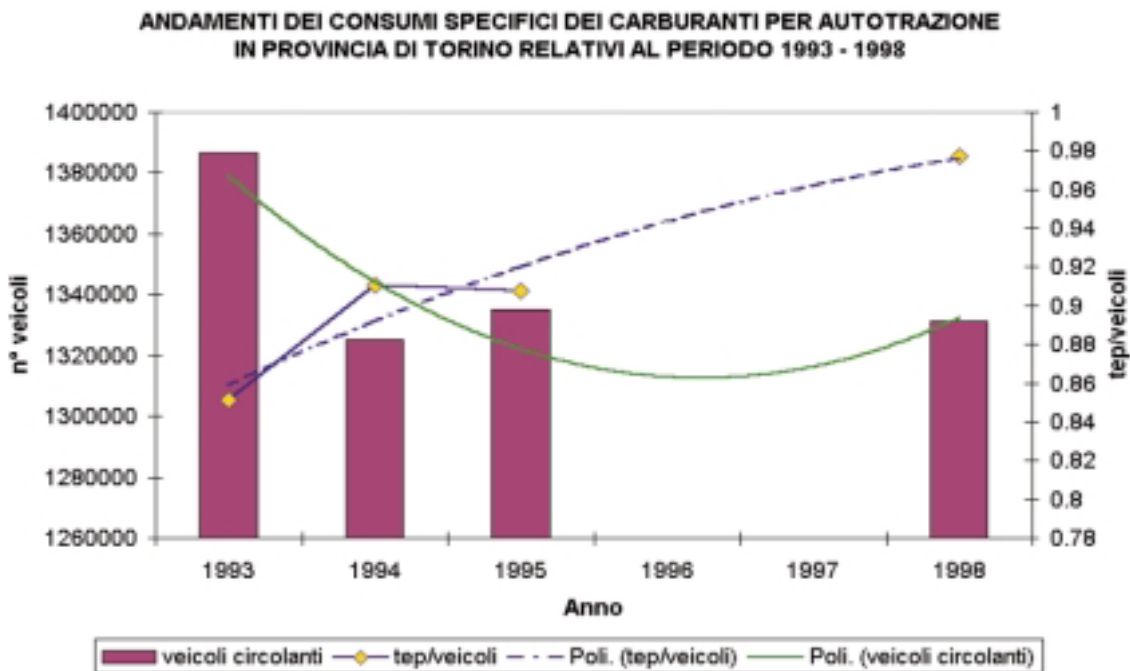


FIGURA101: consumi specifici di carburanti per autotrazione



La parte conclusiva del rapporto riporta una dettagliata analisi dell'offerta di energia in provincia di Torino. Dal censimento effettuato si riscontra che la potenza installata totale ammonta a circa 2.000 MW, di cui circa 1.230 MW per il termoelettrico e 785 MW per l'idroelettrico, suddivisa rispettivamente in 122 e 143 impianti. La tabella 60 riassume questi dati.

Tipo Impianto	Numero di impianti	Potenza installata [kW]	Potenza media [kW/Impianto]
Idroelettrico	143	784' 364	5'485
Termoelettrico con cogenerazione	55	606' 974	11' 035
Termoelettrico senza cogenerazione	67	621' 830	9' 281

TABELLA 60: suddivisione della potenza elettrica installata per tipologia di impianto

Il grafico seguente riportato in figura 102 mette inoltre in evidenza che circa il 50% dell'energia consumata viene prodotta al di fuori dei confini provinciali, individuando nella provincia di Torino un territorio a importazione netta di energia elettrica.

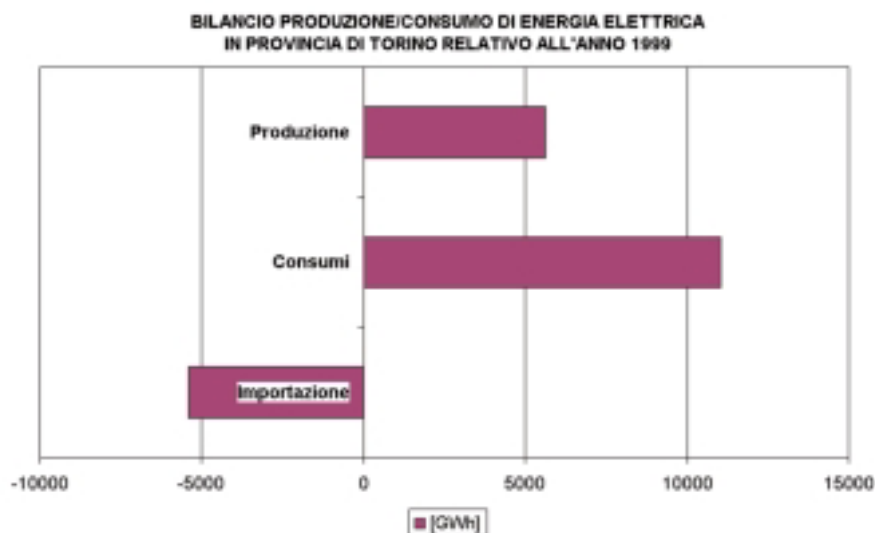


FIGURA 102: bilancio produzione/consumo di energia elettrica

Tale dato, seppur significativo, deve essere letto in un contesto dinamico in funzione dell'andamento del mercato italiano di produzione elettrica degli ultimi anni. La liberalizzazione di quest'ultimo ha fatto sì che ci siano un numero non trascurabile di impianti termoelettrici in corso di valutazione di impatto ambientale per una potenza complessiva aggiuntiva di 4.560 MWe pari al 227% del parco attualmente installato. È bene evidenziare che questo dato si riferisce solo alle proposte di installazione di nuove centrali termoelettriche e non ad impianti già in via di realizzazione. È comunque significativo riportarlo poiché fornisce un ordine di grandezza del tasso di trasformazione dello scenario di riferimento. Le nuove centrali proposte (cicli combinati di media-grossa taglia) se da un lato porterebbero ad un sostanziale aumento di efficienza del sistema di produzione, dall'altro farebbero aumentare il dato di potenza installata sul territorio (con annesse problematiche sociali ed ambientali locali) di ordini di grandezza non giustificati dall'attuale livello di crescita dei consumi elettrici nella provincia di Torino.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al Secondo Rapporto sull'energia.



Finito di stampare nel mese di novembre 2001  
presso la Tipolito Subalpina - Rivoli (TO)