



Uno sguardo all'aria

2003



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

Anno 2003



Testi ed elaborazioni a cura di:

Provincia di Torino – Area Ambiente - Servizio Qualità dell’Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico:

F. Pavone, A. Bertello, S. Riccardo.

ARPA Dipartimento di Torino:

M. Grosa, F. Lollobrigida, L. Badan, M. Bondi, C. Cascone, G. Castrogiovanni, M. Clemente, R. De Maria, M. Maringo, F. Motta, M. Sacco.

ARPA Settore Meteoidrografico

M. Nicolella, G. Paesano, L. Tedici.

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all’acquisizione dei dati ed alle attività analitiche:

ARPA Dipartimento di Torino:

V. Cordova, A. D’Aloia, S. D’Attilio, D. Di Martino, L. Forlano, P. Fin, N. Martire, C. Otta, A. Pelizzetti, M. Pereno, F. Romeo, E. Vicenzino.

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

INDICE

PRESENTAZIONE	5
PREFAZIONE	6
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2003	9
GENNAIO, FEBBRAIO 2003	9
MARZO, APRILE, MAGGIO 2003	10
GIUGNO, LUGLIO, AGOSTO 2003	10
SETTEMBRE, OTTOBRE, NOVEMBRE 2003.....	11
DICEMBRE 2003	12
LA NORMATIVA IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	18
PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	25
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	28
MONOSSIDO DI CARBONIO	33
DESCRIZIONE	33
DANNI CAUSATI	33
METODO DI MISURA	33
ESAME DEI DATI	33
BIOSSIDO D'AZOTO	37
DESCRIZIONE	37
DANNI CAUSATI	37
METODO DI MISURA	37
ESAME DEI DATI	37
BIOSSIDO DI ZOLFO	42
DESCRIZIONE	42
DANNI CAUSATI	42
METODI DI MISURA	42
ESAME DEI DATI	43
OZONO	46
DESCRIZIONE	46
DANNI CAUSATI	46
METODO DI MISURA	46
ESAME DEI DATI	46
PIOMBO	52
DESCRIZIONE	52
DANNI CAUSATI	52
METODO DI MISURA	52
ESAME DEI DATI	52
BENZENE	54
DESCRIZIONE	54
DANNI CAUSATI	54
METODO DI MISURA	54
ESAME DEI DATI	54

PARTICOLATO SOSPESO	56
DESCRIZIONE	56
DANNI CAUSATI	56
METODO DI MISURA	56
ESAME DEI DATI	56
<i>Frazione PM10</i>	56
<i>Particelle sospese totali</i>	58
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	66
DESCRIZIONE	66
DANNI CAUSATI	67
METODO DI MISURA	67
ESAME DEI DATI	67
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	73
ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI	86
PREMESSA	86
ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI	87
<i>Sistemi di rilevamento</i>	87
<i>Elaborazione dei dati di Velocità e direzione del vento</i>	88
<i>Elaborazione dei dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni</i>	96
ANALISI DI EPISODI ACUTI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO	104
EPISODIO DI INQUINAMENTO DA PM10 (5-17 FEBBRAIO 2003)	104
<i>Situazione meteorologica</i>	104
<i>Descrizione dell'evento di inquinamento</i>	105
EPISODIO DI INQUINAMENTO DA OZONO (9-25 SETTEMBRE 2003)	107
<i>Situazione meteorologica</i>	107
<i>Descrizione dell'evento di inquinamento</i>	109
COSTRUZIONE DI UNA BASE DATI METEOROLOGICI SULLA PROVINCIA DI TORINO CON L'AUSILIO DELLA MODELLISTICA NUMERICA	115
INTRODUZIONE	115
ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO	115
ANALISI E SELEZIONE DELLE OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE DISPONIBILI	116
COSTRUZIONE DELLA BASE DATI ANNUALE	118
<i>Modelli meteorologici diagnostici utilizzati</i>	118
OPERAZIONI NECESSARIE ALLA COSTRUZIONE DELLA BASE DATI ANNUALE	119
CASI TEST PER LA MESSA A PUNTO DELLE SIMULAZIONI DI LUNGO PERIODO	122
VERIFICA DEI RISULTATI ED ANALISI DI QUALITÀ DELLA BASE DATI	126
ANALISI DELLE STATISTICHE DI LUNGO PERIODO	131
<i>Analisi della struttura spaziale dei campi di vento</i>	131
<i>Analisi della variazione temporale dei campi di vento</i>	135
CONCLUSIONI	140

La relazione annuale “Uno sguardo all’aria” giunge, con l’edizione 2003, al sesto anno di pubblicazione e rappresenta ormai un appuntamento fisso per fare il punto della situazione e riflettere sull’efficacia delle azioni che sono state intraprese.

L’analisi dei dati, riportata nel presente volume, evidenzia che alcuni inquinanti responsabili dell’inquinamento atmosferico sono stati eliminati, altri hanno subito nel corso degli ultimi 15 anni una forte riduzione e alcuni sono ancora presenti in atmosfera in concentrazioni sensibilmente superiori ai valori limite. I dati confermano che le azioni di risanamento adottate hanno, in alcuni casi, portato dei grossi benefici ma complessivamente non si sono rivelate completamente risolutive e sottolineano come l’inquinamento atmosferico sia una problematica ambientale estremamente attuale e pressante.

Purtroppo non esistono strumenti e metodi per ripulire permanentemente l’aria, i fenomeni meteorologici come pioggia e vento, fondamentali per disperdere temporaneamente l’inquinamento e allentare la pressione, sono di grande aiuto ma non possono essere sufficienti anche perché sono fenomeni non governabili dall’uomo. La strategia che possiamo mettere in campo è quindi la prevenzione: dobbiamo evitare di immettere inquinanti in atmosfera.

La Provincia, nel corso degli ultimi anni, ha definito, nell’esercizio delle proprie competenze amministrative e territoriali e a seguito di un confronto con le amministrazioni comunali, un piano di lavoro che ha come obiettivo la limitazione delle emissioni provenienti dai principali settori responsabili dell’inquinamento: le attività produttive, il riscaldamento civile e il trasporto su strada.

In tutti i settori le azioni sono volte alla riduzione delle emissioni alla fonte attraverso l’adozione di tecnologie che permettono una maggiore efficienza ambientale, l’uso di combustibili meno inquinanti e la promozione, attraverso campagne di informazione, di comunicazione e di sensibilizzazione sulla scelta di comportamenti che riducano l’impatto sull’ambiente.

In questi anni la tecnologia, il mondo industriale, le pubbliche amministrazioni hanno fatto importanti passi avanti nella direzione del miglioramento della qualità dell’aria ma, come dimostrano i dati riportati in questo volume, è necessario lavorare più intensamente. Occorre quindi avviare un sistema virtuoso che preveda da una parte l’aumento dell’offerta di sistemi produttivi, abitativi e di trasporto sempre meno impattanti ma contestualmente è indispensabile che, da parte dei singoli cittadini, nasca un’imprescindibile domanda di modelli di sviluppo più vicini all’ambiente.

Nella convinzione che la qualità dell’aria rappresenti una risorsa fondamentale per garantire un’adeguata qualità della vita e che vada pertanto tutelata e migliorata, Vi invitiamo alla lettura della presente relazione ringraziandoVi fin da ora per l’attenzione che vorrete porre a questo tema.

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

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

L'analisi dei dati di qualità dell'aria rappresenta lo strumento principale per valutare lo stato dell'ambiente atmosferico e l'efficacia delle politiche di risanamento che le amministrazioni, a tutti i livelli istituzionali, stanno attuando.

Per effettuare una corretta valutazione della qualità dell'aria occorre che i rilevamenti, oltre alla necessaria precisione e accuratezza analitica, abbiano le seguenti prerogative:

- **diffusione sul territorio**, al fine di garantire una corretta rappresentatività spaziale delle informazioni, per valutare le aree di territorio soggette a maggiori livelli di inquinamento e per individuare le principali cause emissive;
- **estensione temporale del rilevamento**, la qualità dell'aria si modifica con tempi molto lunghi, proporzionali ai tempi di adozione delle misure di risanamento, è pertanto necessario, per valutare l'efficacia dei provvedimenti, estendere le misurazioni per lunghi periodi temporali;
- **correlazione con la meteorologia**, gli episodi di inquinamento, soprattutto quelli critici che si verificano su ristrette scale temporali, sono fortemente condizionati dalla meteorologia. Il PM10, ad esempio, può presentare valori elevatissimi in alcune giornate, superiori a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e valori 5 volte più bassi il giorno successivo in relazione alle mutate condizioni meteorologiche.

La Provincia di Torino con il supporto tecnico dell'Arpa Piemonte lavora da anni per garantire un sistema di monitoraggio che attenda a queste tre prerogative principali. A tal proposito è con certa soddisfazione che presentiamo questo volume nel quale sono contenuti dati rilevati in 27 siti distribuiti sul territorio provinciale, serie storiche che per alcuni inquinanti risalgono ai primi anni '70 e sezioni dedicate alla caratterizzazione meteorologica che consentono di valutare criticamente i risultati dei rilevamenti.

Particolare attenzione è stata inoltre posta allo sviluppo della modellistica ambientale come strumento di valutazione di interventi con ricadute sulla qualità dell'aria. Per facilitare l'uso di tali strumenti è stata realizzata, nel corso degli anni 2002 e 2003, una base dati meteorologica progettata come supporto all'uso dei modelli di dispersione. Con lo sviluppo di questo progetto si auspica di agevolare l'utilizzo delle tecniche modellistiche e contestualmente di incrementare l'attendibilità dei risultati.

Il 2005, anno in cui scadranno i margini di tolleranza definiti dal DM 2 aprile 2002 n. 60 per PM10, biossido di zolfo, monossido di carbonio e piombo, si avvicina molto velocemente e non nascondiamo che, nonostante il biossido di zolfo, il monossido di carbonio ed il piombo rispettino già da ora i valori limite, il PM10 rappresenta un evidente problema .

Il valore limite giornaliero per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media giornaliera da non superare più di 35 volte durante il corso dell'anno) non è rispettato in nessuna delle postazioni di monitoraggio, neanche in quella situata a Druento nel Parco Regionale della Mandria rappresentativa di una zona di fondo, e il valore limite annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale) è superato in quasi tutte le stazioni tranne che in quelle di Druento (La Mandria), Susa e Pinerolo, dove il valore medio annuale si assesta tra i 33 e i $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Problemi analoghi sono stati evidenziati sul biossido di azoto, inquinante per il quale i limiti previsti dal DM 2 aprile 2002 n. 60 entreranno in vigore nel 2010. Il biossido di azoto presenta le maggiori criticità soprattutto nei contesti urbani e, al contrario di quanto si rileva per il PM10, nel rispetto del limite annuale per la protezione della salute ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale) piuttosto che nel

rispetto del valore limite orario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria, da non superare più di 18 volte durante il corso dell'anno) che viene già sostanzialmente rispettato in tutti i siti di misura. Sono pertanto questi gli inquinanti su cui si dovranno incentrare gli interventi di miglioramento della qualità dell'aria.

È inoltre opportuno ricordare il prossimo recepimento nel nostro paese della Direttiva 3/CE del 12/02/2002 relativa all'ozono nell'aria che, per la natura secondaria dell'inquinante, non introduce valori limite (già definiti per gli inquinanti precursori) ma valori obiettivo. Sarà pertanto opportuno elaborare ed attuare piani e programmi integrati che garantiscano il raggiungimento dell'obiettivo definito.

Nell'ambito della definizione del Piano d'Azione la Provincia ha predisposto una serie di iniziative che incidono sulle principali fonti di emissione di PM₁₀ e NO_x quali il trasporto su strada, le attività industriali e il riscaldamento domestico.

Tali iniziative, pur interessando settori diversi, posseggono un denominatore comune che prevede l'adozione di tecnologie più efficienti e meno inquinanti e la limitazione delle emissioni "superflue". Si sta pertanto incentivando l'uso del metano per autotrazione, sia sui mezzi di trasporto privato che pubblico, l'utilizzo di forme di mobilità collettiva, la sostituzione degli impianti termici obsoleti con nuovi sistemi caratterizzati da basse emissioni in atmosfera ed alto rendimento energetico, il teleriscaldamento e la definizione di *zone a bassa emissione* all'interno delle nostre aree urbane.

Infine la Provincia ha compiuto una scelta importante sulla comunicazione dei dati attraverso la definizione e la diffusione di un indice di qualità dell'aria perseguendo la finalità di coinvolgere, grazie alla facilità di interpretazione dell'informazione, ogni cittadino nei processi di riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Tutte queste iniziative avranno naturalmente bisogno di qualche tempo per andare a regime e per far sentire i loro effetti ma siamo certi di stare percorrendo la strada corretta.

**Il Responsabile del Settore
Meteoidrografico dell'Arpa Piemonte**
Dott. Stefano Bovo

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

La relazione “Uno sguardo all’aria” costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico. A tale fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici e meteorologici rilevati nel corso del 2003, è stata effettuata una breve caratterizzazione meteorologica dell’anno in esame, suddiviso nei periodi “gennaio - febbraio”, “marzo - aprile - maggio”, “giugno - luglio - agosto”, “settembre - ottobre - novembre”, e “dicembre”. Nella caratterizzazione dei vari periodi del 2003 vengono descritti sinteticamente i seguenti parametri: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell’altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici.

I valori climatologici presi in esame per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra sono relativi al periodo 1951-2002 per le temperature ed al 1927-2002 per le precipitazioni.

Per quanto riguarda i campi in quota (altezza del geopotenziale a 500 hPa e temperatura a 850 hPa) sono stati considerati come riferimento le ri-analisi del Centro Europeo (ECMWF) dal 1979 al 1993.

Anche se i periodi di riferimento sono diversi, l’analisi delle anomalie dei campi in quota permette di interpretare la fenomenologia dell’anno 2003.

Il testo è associato ad alcune mappe meteorologiche di sintesi: per meglio comprendere le informazioni contenute nelle mappe viene riportata di seguito una breve descrizione dell’altezza del geopotenziale, parametro molto usato nelle caratterizzazioni meteorologiche. L’altezza del geopotenziale (espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, nelle mappe seguenti la pressione di 500 hPa o millibar. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isopse, possono assumere la forma di “promontori” (simili a montagne) e di “saccature” (simili a valli): in sintesi, all’altezza definita dalle isopse, i “promontori” sono aree di alta pressione, mentre le “saccature” sono aree di bassa pressione. Queste mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota.

GENNAIO, FEBBRAIO 2003

Nei primi due mesi dell’anno 2003 sono state osservate a Torino temperature e precipitazioni inferiori ai valori climatologici in modo più evidente per il mese di febbraio: in particolare in tale periodo sono state più frequenti le irruzioni di aria polare continentale da nord-est, con conseguente abbassamento delle temperature e contemporaneo scarso apporto di umidità. Le perturbazioni atlantiche sono rimaste perlopiù confinate sul nord Europa. La figura di sintesi, relativa al periodo “gennaio - febbraio”, è il confronto tra l’altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) nel febbraio 2003 (figura 1 - mappa a sinistra) e nel febbraio medio climatologico (figura 1 - mappa a destra). Si può notare come nella mappa a sinistra le isolinee si abbassino marcatamente a sinistra dell’Islanda e sull’Europa orientale formando due saccature. La saccatura sull’Europa orientale è rappresentativa delle frequenti discese di aria polare da nord-est sull’Italia nel febbraio 2003.

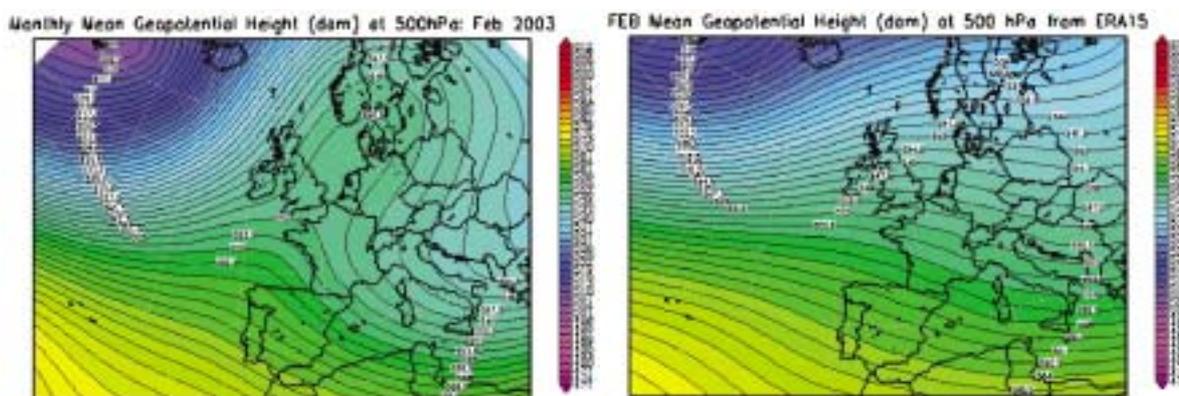


FIGURA 1: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di febbraio dell’anno 2003 (a sinistra) e del mese di febbraio medio del periodo climatico 1979-1993 (a destra).

MARZO, APRILE, MAGGIO 2003

Nella stagione primaverile dell'anno 2003 (marzo-maggio) sono state osservate a Torino temperature in generale nella norma (ad esclusione di alcuni periodi del mese di maggio con valori superiori), mentre le precipitazioni sono risultate ancora inferiori alle medie stagionali.

La figura di sintesi scelta per il periodo "marzo - aprile - maggio" è il confronto tra l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) a marzo 2003 (figura 2- mappa a sinistra) e la climatologia (figura 2- mappa a destra). Si nota nella mappa a sinistra un promontorio di alta pressione sull'Europa occidentale: tale situazione meteorologica del marzo 2003 ha protetto la penisola italiana dalle perturbazioni atlantiche, principali sistemi che apportano precipitazioni sulla nostra regione.

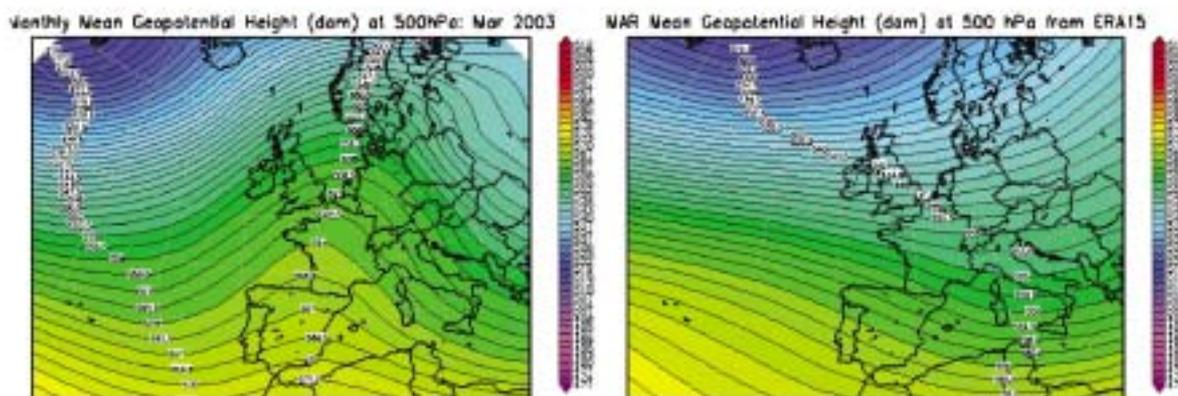


FIGURA 2: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di marzo dell'anno 2003 (a sinistra) e del mese di marzo medio del periodo climatico 1979-1993 (a destra).

GIUGNO, LUGLIO, AGOSTO 2003

L'estate 2003 è stata una stagione fuori dalla norma con valori di temperatura anomali e molto elevati. Anche la persistenza di tali temperature è risultata superiore alla media climatologica: infatti dal mese di giugno fino ad almeno metà agosto le temperature minime e massime sono risultate superiori alla media per numerosi giorni consecutivi. Le precipitazioni anche nella stagione estiva sono state inferiori ai valori climatologici, dell'ordine del 10-12% per i mesi di giugno e agosto, durante i quali si sono registrati giorni piovosi (prima metà di giugno e seconda metà di agosto), e del 60% per il mese di luglio.

Per il periodo "giugno - luglio - agosto" sono state scelte alcune immagini di sintesi. La prima rappresenta il confronto tra l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) di "giugno - luglio - agosto 2003" (figura 3 - mappa a sinistra) e la climatologia dello stesso periodo (Figura 3 - mappa a destra). Si può notare la presenza di un marcato promontorio di alta pressione sull'Europa centrale nella mappa a sinistra, mentre nella climatologia tale configurazione non è presente. L'anomalia positiva del geopotenziale nel 2003 sull'Europa centrale è ancora più rilevante per il fatto che in queste mappe la media temporale è relativa a tre mesi; ne consegue che la situazione di caldo anomalo ha influenzato per lunghi periodi le condizioni meteorologiche sul Piemonte.

La figura 4 riporta la temperatura a 850 hPa (circa 1500 metri) e evidenzia valori molto elevati su tutto il Mediterraneo; la figura 5 presenta invece le temperature massime del giorno 11 agosto 2003 registrate al suolo dalla rete di rilevamento meteorologica di ARPA Piemonte: è da notare il valore massimo di circa +40 °C registrato su molte aree del Piemonte meridionale.

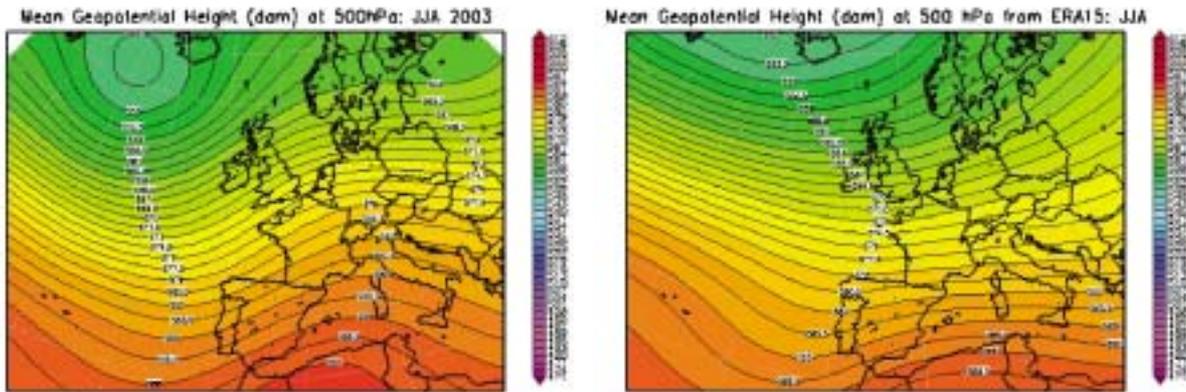


FIGURA 3: geopotenziale a 500 hPa dei mesi giugno – luglio – agosto dell’anno 2003 (a sinistra) e dei mesi giugno – luglio – agosto del periodo climatico 1979-1993 (a destra).

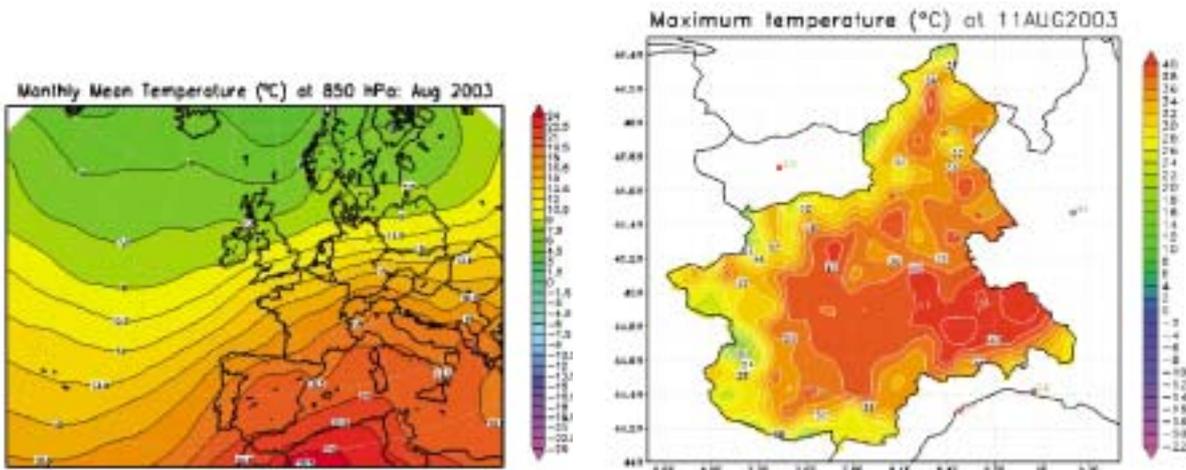


FIGURA 4: temperatura media a 850 hPa (circa 1500 metri) del mese di agosto 2003.

FIGURA 5: temperatura massima del giorno 11 agosto 2003, giorno più caldo a Torino dell’estate 2003.

SETTEMBRE, OTTOBRE, NOVEMBRE 2003

Per quanto riguarda l’autunno a Torino le temperature sono state nella media a settembre e novembre, mentre ad ottobre sono stati registrati valori più bassi di circa 2°C. Le precipitazioni sono state inferiori alla media a settembre ed ottobre, nel mese di novembre sono stati invece registrati valori leggermente superiori.

La figura di sintesi scelta per il periodo “settembre – ottobre – novembre” è il confronto tra la temperatura a 850 hPa (circa 1500 metri) a ottobre 2003 (figura 6 - mappa a sinistra) e la climatologia (figura 6 - mappa a destra): si può notare che nella mappa a sinistra le isolinee di temperatura dipingono un quadro con temperature più fredde sull’Italia e sull’Europa sudoccidentale rispetto alla climatologia.

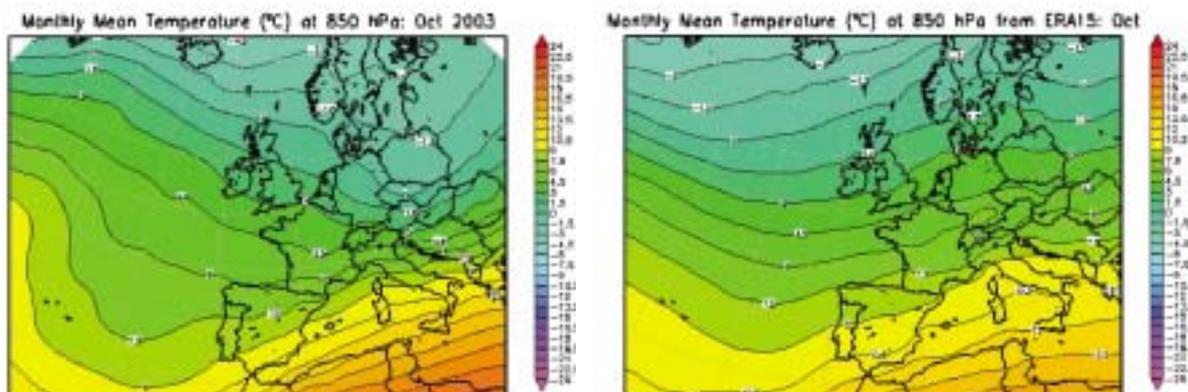


FIGURA 6: temperatura a 850 hPa del mese di ottobre dell'anno 2003 (a sinistra) e del mese di ottobre del periodo climatico 1979-1993 (a destra).

DICEMBRE 2003

Nell'ultimo mese dell'anno 2003 sono state osservate a Torino temperature nella norma, mentre le precipitazioni sono state nettamente superiori in seguito ad un'intensa fase perturbata nella prima settimana di dicembre.

Per il mese di dicembre sono state scelte quattro figure di sintesi: le prime due sono il confronto tra l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) a dicembre 2003 (figura 7 - mappa a sinistra) e la climatologia (figura 7- mappa a destra): è possibile notare nella mappa a sinistra un'ampia saccatura sulla penisola italiana, più marcata rispetto a quella presente sulla mappa media del clima. La figura 8 riporta le precipitazioni cumulate durante la fase acuta del periodo perturbato della prima settimana di dicembre, nel dettaglio dalle ore 00 UTC del 2 dicembre alle ore 18 UTC del 4 dicembre. La figura 9 è un'immagine in pseudocolori ripresa dal satellite Meteosat nel canale dell'infrarosso che rappresenta bene lo sviluppo della copertura nuvolosa estesa dall'Algeria fino al Piemonte e a nord fino all'Inghilterra alle ore 18 UTC del 2 dicembre.

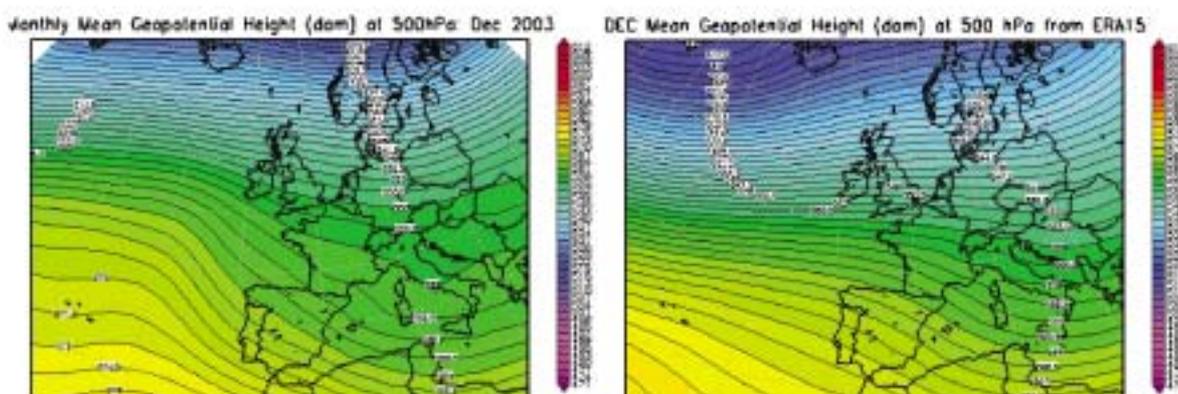


FIGURA 7: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di dicembre dell'anno 2003 (a sinistra) e del mese di dicembre del periodo climatico 1979-1993 (a destra).

Cumulated precipitation in mm at 04DEC2003 18:00 UTC

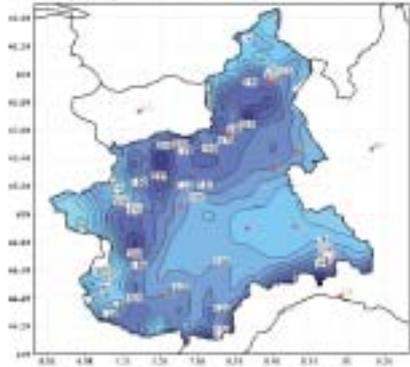


FIGURA 8: precipitazioni cumulate in mm dal 2 al 4 dicembre 2003.

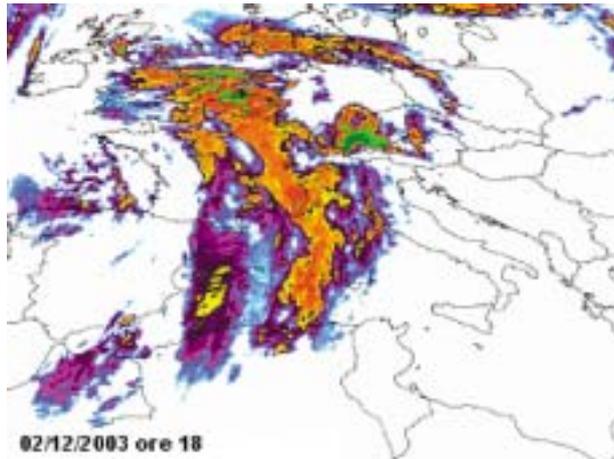


FIGURA 9: immagine Meteosat (IR) del 2 dicembre 2003.

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati dell'anno 2003, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 1993-2002.

La stazione più utile ai fini della valutazione statistica è risultata Torino-Buon Pastore, sita in Corso Regina Margherita a Torino ed appartenente alla Rete Meteoidrografica di A.R.P.A. Piemonte.

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

La **temperatura** media dell'anno 2003 per la stazione Torino-Buon Pastore risulta pari a 14.2 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13.4 °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 del decennio 1993÷2002 (figura 10). Le differenze maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di giugno, luglio, agosto (variazioni termiche percentuali pari rispettivamente al 21 %, al 13% ed al 18 %), e febbraio (variazione termica percentuale pari al 53 %): i valori di giugno, luglio ed agosto sono superiori rispettivamente di circa 5°C, 3°C e 4°C rispetto alle relative medie del periodo decennale, mentre i valori di febbraio risultano inferiori alla rispettiva media decennale di circa 3 °C. Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di febbraio 2003 (nel mese di gennaio nel decennio considerato), mentre il valore massimo è stato registrato nel mese di agosto nel 2003, nel mese di luglio nel decennio considerato.

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2003 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (figura 11) si osserva un picco di temperatura massima (39.6°C) superiore ai valori medi nel giorno 11 agosto 2003: tale valore è conseguente all'ondata di calore che ha interessato la città di Torino e numerose città italiane ed europee; sempre nello stesso grafico si osservano in dicembre valori orari minimi inferiori alla climatologia del decennio (sono stati registrati - 4.6 °C il 25 dicembre 2003).

Per quanto riguarda le **precipitazioni atmosferiche** l'analisi dei dati statistici relativi all'ultimo decennio evidenzia, per l'anno 2003 (figura 12), un totale di precipitazioni di 728 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 62. Quindi il 2003 risulta molto meno piovoso del 2002: 728 mm di pioggia nel 2003 rispetto ai 1365 mm del 2002. Il 1997, il 1998, il 2001 insieme al 2003 rappresentano gli anni meno piovosi del decennio. Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di

pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i due valori più alti sono stati registrati nel 1994 (15.9 mm pioggia/giorno), nel 2000 (16.3 mm pioggia/giorno), nel 2002 (14.1 mm pioggia/giorno); nel 2003 l'intensità giornaliera media è stata pari a 11.7 mm pioggia/giorno.

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il regime pluviometrico di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte¹, 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 13 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2003 con le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 1993 - 2002. Il profilo relativo al decennio conferma il regime pluviometrico come "prealpino", mentre il profilo relativo al 2003 si discosta da tale regime per il massimo secondario registrato a giugno (86.2 mm), il massimo principale a dicembre (146.6 mm) ed il minimo principale in inverno a febbraio.

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella figura 14 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che nei primi tre trimestri 2003 i quantitativi di pioggia sono inferiori alla media del decennio, mentre nel quarto trimestre le precipitazioni sono superiori alla media climatologica (347 mm rispetto ai 209 mm della climatologia).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2003 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 1993÷2002) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

¹ "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.

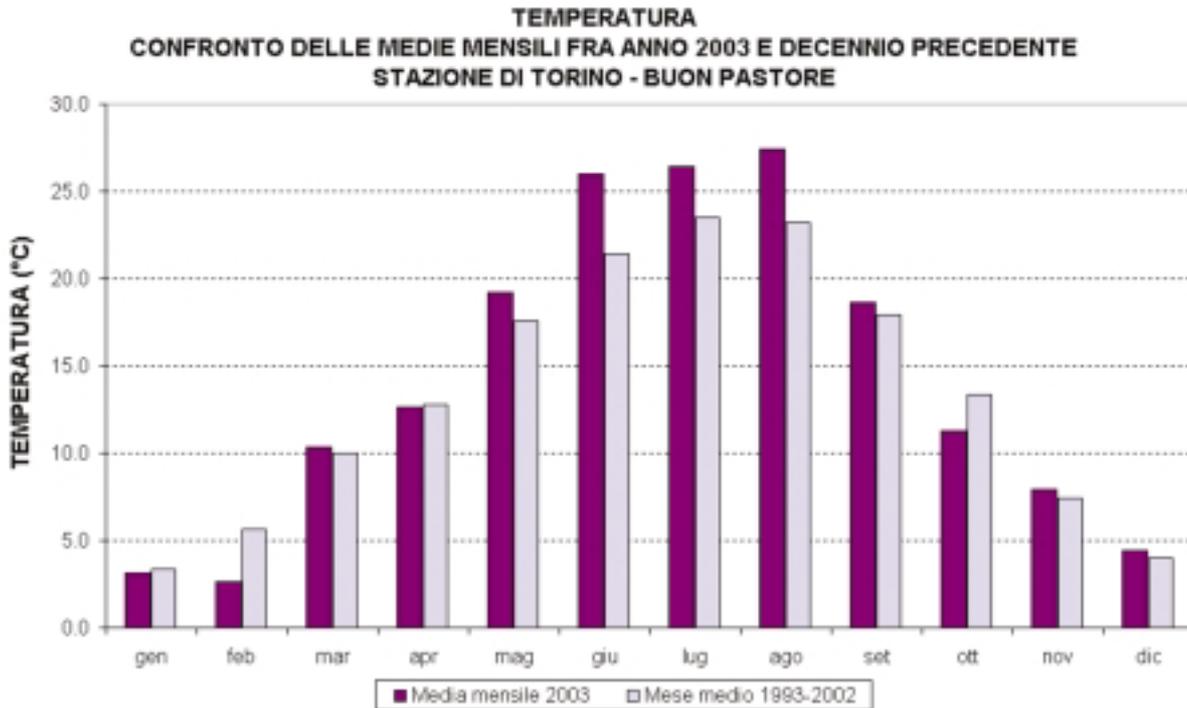


FIGURA 10: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2003 e per il decennio 1993÷2002 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

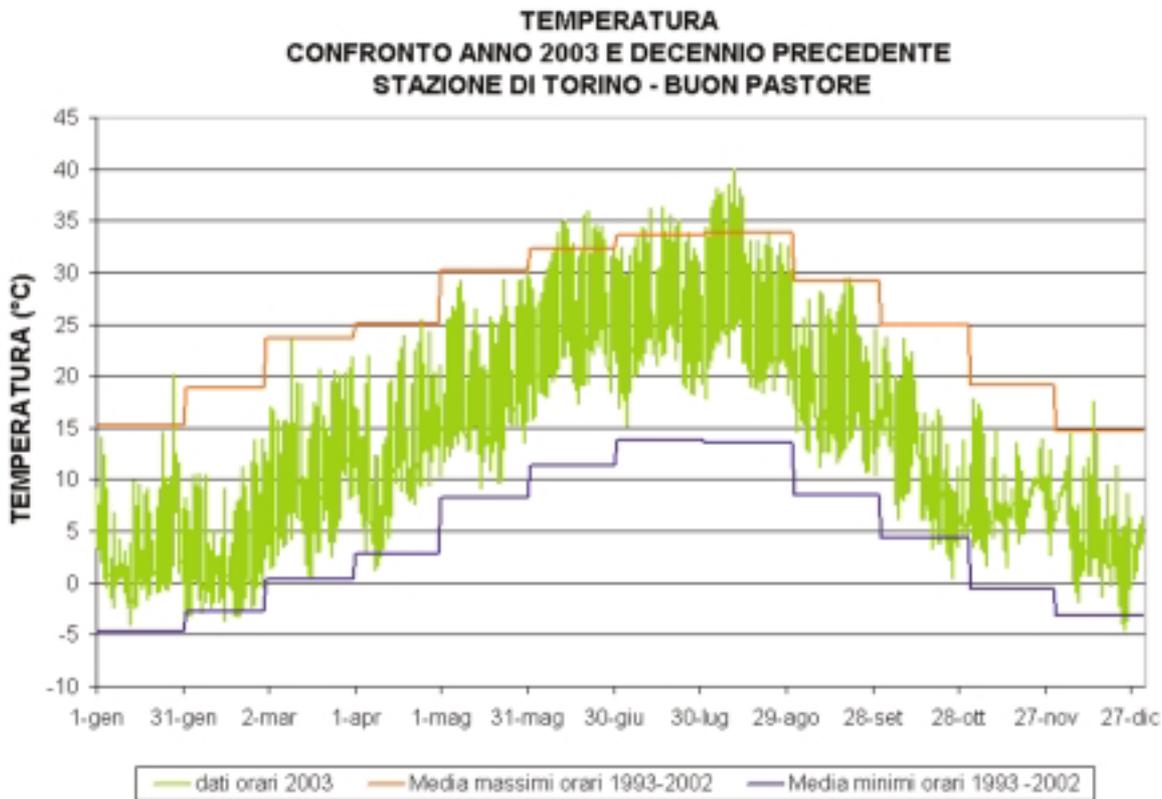


FIGURA 11: temperatura: valori orari per l'anno 2003 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 1993÷2002 presso la stazione di Torino-Buon Pastore.

**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
CONFRONTO ANNO 2003 CON DECENNIO PRECEDENTE
STAZIONE DI TORINO - BUON PASTORE**

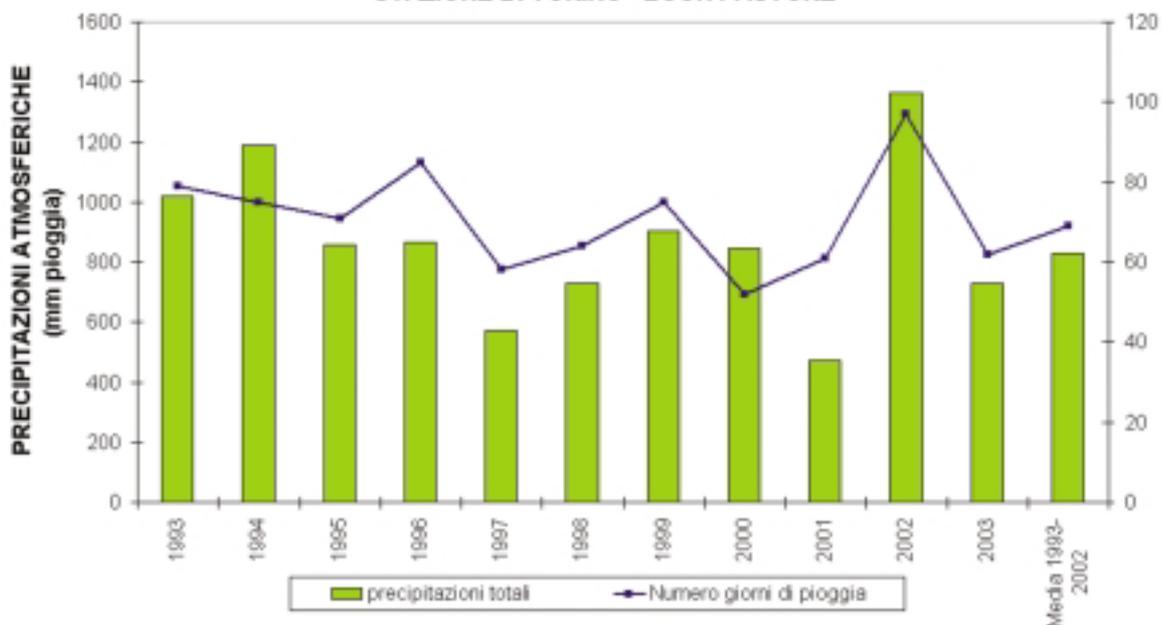


FIGURA 12: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino-Buon Pastore.

**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
CONFRONTO ANNO 2003 E DECENNIO PRECEDENTE
STAZIONE DI TORINO - BUON PASTORE**

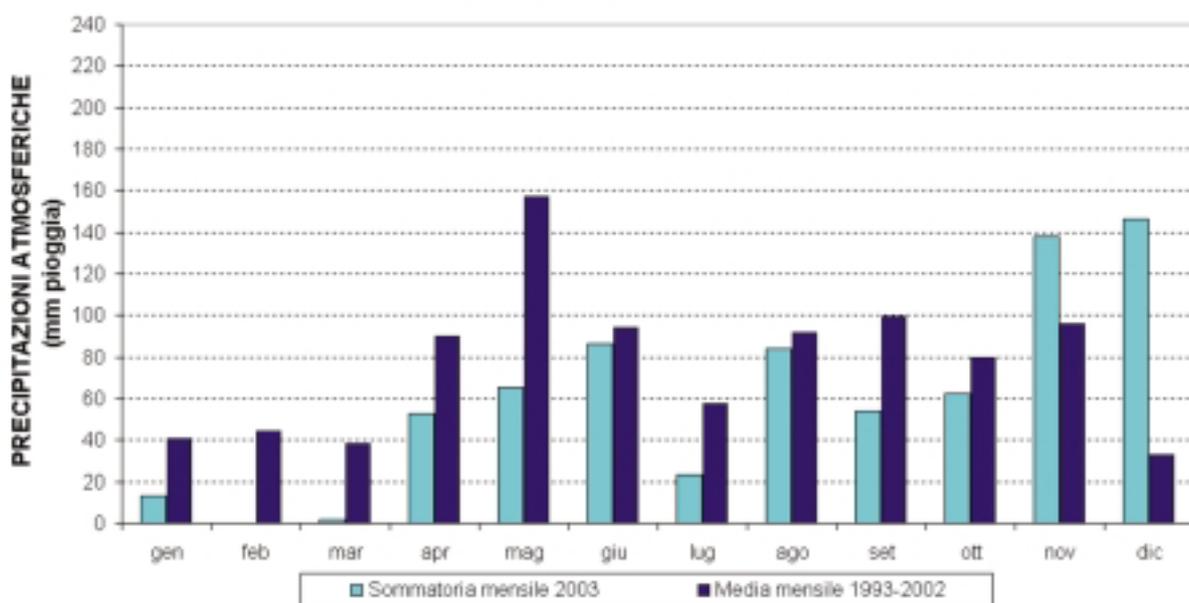


FIGURA 13: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2003 e medie mensili relative al decennio 1993÷2002 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

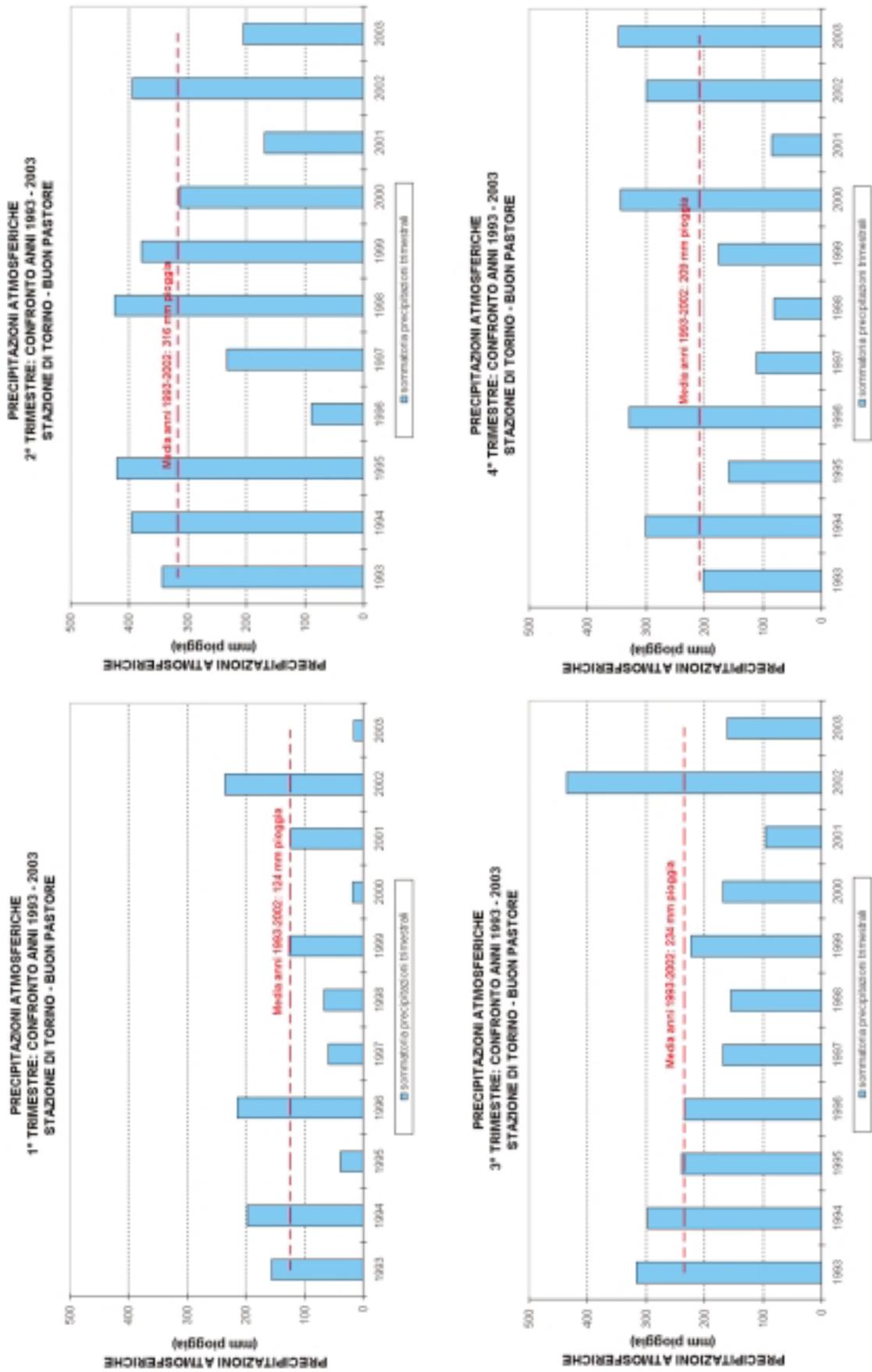


FIGURA 14: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 1993-2003 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

La tutela e la gestione della qualità dell'aria sono oggetto di una specifica normativa nazionale, frutto del recepimento ad opera dell'Italia delle direttive della Comunità Europea, finalizzata ad impedire il costante riprodursi di situazioni di criticità ambientale.

In particolare, il **D.Lgs. 04/08/1999, n. 351** (attuativo della direttiva quadro 1996/62/CE) definisce i principi fondamentali per la diminuzione dell'inquinamento atmosferico prevedendo la fissazione di valori limite e di soglie di allarme per alcune sostanze inquinanti nonché del valore obiettivo per l'ozono al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. Il decreto prevede inoltre l'individuazione di metodi e criteri di valutazione comuni che permettano di distinguere nell'ambito del territorio nazionale le zone in cui è opportuno conservare la qualità dell'aria, perché buona, da quelle in cui è necessario migliorarla. Recentemente il nostro legislatore, con il **D.M. 2/4/2002 n. 60** (attuativo delle direttive figlie 1999/30/CE e 2000/69/CE), ha fissato per una serie di agenti inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio) i predetti valori limite e le soglie di allarme. Tale intervento è l'espressione legislativa di una politica di ampio raggio che si prefigge da un lato di porre rimedio ai fenomeni cronici di inquinamento atmosferico e dall'altro prevede, in occasione di episodi acuti, l'adozione di azioni radicali.

Il decreto stabilisce dei **valori limite annuali** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, materiale particolato PM10, piombo e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi. 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 all'introduzione di misure di contenimento dei picchi. Tali interventi portavano ad una distribuzione dell'emissione nel corso del tempo che non produceva sensibili miglioramenti sulle medie calcolate sul lungo periodo. Inoltre, per il raggiungimento dei limiti, 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. Sono inoltre definiti dei **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM10 e 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. Inoltre per il biossido di zolfo ed il biossido di azoto il decreto ha fissato delle **soglie di allarme**, a cui corrispondono dei livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera il cui superamento determina il sorgere di seri rischi per la salute umana anche in caso di esposizioni di breve durata. In caso si verifici siffatta situazione di pericolo le autorità competenti sono ovviamente tenute all'adozione immediata di misure capaci di portare ad una riduzione delle concentrazioni di inquinante al di sotto del valore di allarme. L'unica direttiva dell'Unione Europea che, allo stato attuale, non è stata ancora recepita dal legislatore italiano è la **direttiva 2002/3/CE** relativa all'**ozono** nell'aria.

Per il parametro Ozono la direttiva individua, come riferimento a lungo termine, i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione. Il valore bersaglio rappresenta il livello fissato al fine di evitare effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo (2010). L'obiettivo a lungo termine rappresenta la concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo deve essere conseguito, salvo quando ciò non sia realizzabile, tramite misure progressive nel lungo periodo, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente. Per l'ozono sono definite inoltre la soglia di allarme e la soglia di informazione alla popolazione.

Per una migliore comprensione di tali dati, riportati nelle tabelle sottostanti, è necessario premettere le definizioni normative dei seguenti concetti:

- **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.

OSSIDI DI AZOTO

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	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 ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010																						
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">300 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">290 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">280 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">270 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">260 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005 - 31/12/2005</td> <td style="text-align: right;">250 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 - 31/12/2006</td> <td style="text-align: right;">240 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 - 31/12/2007</td> <td style="text-align: right;">230 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 - 31/12/2008</td> <td style="text-align: right;">220 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 - 31/12/2009</td> <td style="text-align: right;">210 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2010 ⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">200 µg/m³</td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	300 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	290 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	280 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	270 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	260 µg/m ³	01/01/2005 - 31/12/2005	250 µg/m ³	01/01/2006 - 31/12/2006	240 µg/m ³	01/01/2007 - 31/12/2007	230 µg/m ³	01/01/2008 - 31/12/2008	220 µg/m ³	01/01/2009 - 31/12/2009	210 µg/m ³	01/01/2010 ⇒⇒⇒	200 µg/m ³
←←← 31/12/2000	300 µg/m ³																								
01/01/2001 - 31/12/2001	290 µg/m ³																								
01/01/2002 - 31/12/2002	280 µg/m ³																								
01/01/2003 - 31/12/2003	270 µg/m ³																								
01/01/2004 - 31/12/2004	260 µg/m ³																								
01/01/2005 - 31/12/2005	250 µg/m ³																								
01/01/2006 - 31/12/2006	240 µg/m ³																								
01/01/2007 - 31/12/2007	230 µg/m ³																								
01/01/2008 - 31/12/2008	220 µg/m ³																								
01/01/2009 - 31/12/2009	210 µg/m ³																								
01/01/2010 ⇒⇒⇒	200 µg/m ³																								

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 ³ NO ₂	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 di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010																						
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">60 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">58 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">56 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">54 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">52 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005 - 31/12/2005</td> <td style="text-align: right;">50 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 - 31/12/2006</td> <td style="text-align: right;">48 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 - 31/12/2007</td> <td style="text-align: right;">46 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 - 31/12/2008</td> <td style="text-align: right;">44 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 - 31/12/2009</td> <td style="text-align: right;">42 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2010 ⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">40 µg/m³</td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	60 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	58 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	56 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	54 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	52 µg/m ³	01/01/2005 - 31/12/2005	50 µg/m ³	01/01/2006 - 31/12/2006	48 µg/m ³	01/01/2007 - 31/12/2007	46 µg/m ³	01/01/2008 - 31/12/2008	44 µg/m ³	01/01/2009 - 31/12/2009	42 µg/m ³	01/01/2010 ⇒⇒⇒	40 µg/m ³
←←← 31/12/2000	60 µg/m ³																								
01/01/2001 - 31/12/2001	58 µg/m ³																								
01/01/2002 - 31/12/2002	56 µg/m ³																								
01/01/2003 - 31/12/2003	54 µg/m ³																								
01/01/2004 - 31/12/2004	52 µg/m ³																								
01/01/2005 - 31/12/2005	50 µg/m ³																								
01/01/2006 - 31/12/2006	48 µg/m ³																								
01/01/2007 - 31/12/2007	46 µg/m ³																								
01/01/2008 - 31/12/2008	44 µg/m ³																								
01/01/2009 - 31/12/2009	42 µg/m ³																								
01/01/2010 ⇒⇒⇒	40 µg/m ³																								

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE

Periodo di mediazione	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 ³ NO _x	nessuno	19 luglio 2001

SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI AZOTO

400 µg/m³ (293°K e 101.3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.

TABELLA 2: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per gli ossidi di azoto.

PARTICELLE PM-10 (FASE 1)

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	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 ³ PM ₁₀ non superare più di 35 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	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: 70%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">75 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">70 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">65 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">60 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">55 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">50 µg/m³</td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	75 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	70 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	65 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	60 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	55 µg/m ³	01/01/2005⇒⇒⇒	50 µg/m ³
←←← 31/12/2000	75 µg/m ³														
01/01/2001 - 31/12/2001	70 µg/m ³														
01/01/2002 - 31/12/2002	65 µg/m ³														
01/01/2003 - 31/12/2003	60 µg/m ³														
01/01/2004 - 31/12/2004	55 µg/m ³														
01/01/2005⇒⇒⇒	50 µg/m ³														

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	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 ³ PM ₁₀	20% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 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: 70%;">←←← 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">48 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">46,4 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">44,8 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">43,2 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">41,6 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005⇒⇒⇒</td> <td style="text-align: right;">40 µg/m³</td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	48 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	46,4 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	44,8 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	43,2 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	41,6 µg/m ³	01/01/2005⇒⇒⇒	40 µg/m ³
←←← 31/12/2000	48 µg/m ³														
01/01/2001 - 31/12/2001	46,4 µg/m ³														
01/01/2002 - 31/12/2002	44,8 µg/m ³														
01/01/2003 - 31/12/2003	43,2 µg/m ³														
01/01/2004 - 31/12/2004	41,6 µg/m ³														
01/01/2005⇒⇒⇒	40 µg/m ³														

TABELLA 3: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il PM-10.

PIOMBO

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	100% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:			
	←←← 31/12/2000		1 µg/m ³
	01/01/2001 - 31/12/2001		0.9 µg/m ³
	01/01/2002 - 31/12/2002		0.8 µg/m ³
	01/01/2003 - 31/12/2003		0.7 µg/m ³
	01/01/2004 - 31/12/2004		0.6 µg/m ³
	01/01/2005⇒⇒⇒		0.5 µg/m ³

TABELLA 4: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il piombo.

BENZENE

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	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 ³	100% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 2000/69/CE (13/12/2000). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2006 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 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 ³
	01/01/2006 - 31/12/2006		9 µg/m ³
	01/01/2007 - 31/12/2007		8 µg/m ³
	01/01/2008 - 31/12/2008		7 µg/m ³
	01/01/2009 - 31/12/2009		6 µg/m ³
	01/01/2010⇒⇒⇒		5 µg/m ³

TABELLA 5: D.M. 2/4/2002 n.60, 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 ³	60% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 2000/69/CE (13/12/2000). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2003 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:			
⇐⇐⇐ 31/12/2003		16 mg/m ³	
01/01/2003 - 31/12/2003		14 mg/m ³	
01/01/2004 - 31/12/2004		12 mg/m ³	
01/01/2005⇒⇒⇒		10 mg/m ³	

TABELLA 6: Dir D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il monossido di carbonio.

OZONO

Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
STANDARD DI QUALITÀ (D.P.C.M. 28/3/83)	media oraria (a)	1 mese	200 µg/m ³
LIVELLO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (D.M. 16/5/96)	media (mobile trascinata) su 8 ore (b)	8 ore	110 µg/m ³
LIVELLO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (D.M. 16/5/96)	media oraria	1 ora	200 µg/m ³
	media giornaliera	ogni giorno	65 µg/m ³
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 ³
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 ³

(a): La concentrazione di 200 µg/m³ non deve essere raggiunta più di una volta al mese.

(b): La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h-(h-7); deve essere assicurato al minimo il calcolo di medie mobili, con parziale sovrapposizione, calcolata 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).

TABELLA 7: ozono, valori di riferimento e normativa in vigore.

OZONO		
VALORI BERSAGLIO		
	Parametro	Valore bersaglio per il 2010 (a)
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore (b)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (c)
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ come media su 5 anni (c)
<p>(a) Data a partire dalla quale si verifica la rispondenza ai valori bersaglio. Ciò significa che i valori del 2010 saranno utilizzati per verificare la concordanza con gli obiettivi nei successivi 3 o 5 anni.</p> <p>(b) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.</p> <p>(c) Se non è possibile calcolare la media di 3 o 5 anni poiché non si ha un insieme completo di dati relativi a più anni consecutivi, i dati annuali minimi per la verifica della rispondenza con i valori bersaglio sono i seguenti: per il valore bersaglio per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno per il valore bersaglio per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni</p> <p>Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'europa centrale.</p>		
OBIETTIVI A LUNGO TERMINE		
	Parametro	Obiettivo a lungo (a)
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massima media giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<p>(a) I progressi realizzati dalla Comunità nel conseguimento dell'obiettivo a lungo termine, prendendo come riferimento l'anno 2020, sono riesaminati nell'ambito del processo di cui all'art. 11 della presente direttiva.</p> <p>Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'europa centrale.</p>		
SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME		
	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme (a)	Media di 1 ora	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<p>(a) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 7 della presente direttiva, il superamento della soglia va superato per tre ore consecutive.</p>		

TABELLA 8: Dir 2002/3/CE, valori bersaglio, obiettivo e soglie di informazione e allarme per l'ozono.

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
OBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (a)	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m^3
<p>(a): La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove $z=3\div 6$; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.</p>			

TABELLA 9: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

- **DPCM 28/03/1983¹**
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° 203²**
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.
- **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. 20/5/1991³**
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.P.R. 25/7/91**
Modifiche dell'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con D.P.C.M. del 21 luglio 1989.
- **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.
- **LEGGE 28/12/1993, n° 549**
Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente.
- **D.M. 15/4/1994⁴**
Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane.

¹ Ai sensi dell'art.40 del D.M.02/04/2002, n.60 sono state abrogate le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nel suddetto decreto.

² Ai sensi dell'art.40 del D.M.02/04/2002, n.60 sono state abrogate le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nel suddetto decreto limitatamente agli artt. 20, 21, 22, 23 e gli allegati I, II, III, IV.

³ Ai sensi dell'art.40 del D.M.02/04/2002, n.60 sono state abrogate le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nel suddetto decreto.

⁴ Ai sensi dell'art.40 del D.M.02/04/2002, n.60 sono state abrogate le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nel suddetto decreto.

- **D.M. 25/11/1994 n° 159⁵**
 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. 14/11/1995**
 Recepimento della direttiva 93/12/CEE relativa al tenore di zolfo di taluni combustibili liquidi.
- **D.M. 21/12/1995**
 Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti industriali.
- **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.
- **Direttiva 13/CE del 11/3/1999**
 Sulla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovuti all'uso di solventi organici in talune attività e in taluni impianti.

⁵ Ai sensi dell'art.40 del D.M.02/04/2002, n.60 sono state abrogate le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nel suddetto decreto.

- **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.
- **Direttiva. 3/CE del 12/02/2002**
Relativa all'ozono nell'aria.
- **DPCM 08/03/2002**
Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.
- **D.M. 2 aprile 2002 n° 60**
Recepimento della direttiva. 1999/30/CE del consiglio 22 aprile 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 e della direttiva 2000/69/CE relativa ai i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. I dati del 2001, pubblicati in questa relazione, non sono ancora sottoposti a questa normativa.
- **D.M. 20/9/2002**
Attuazione dell'art. 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico.
- **D.M. 20/9/2002**
Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/1999.

L'elenco di normativa riportata rappresenta un riepilogo delle norme che in qualche modo concorrono alla tutela e al miglioramento della qualità dell'aria.

LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Provincia di Torino, è composta da 30 postazioni fisse e da un mezzo mobile per il monitoraggio in continuo di parametri chimici e meteorologici. Tutte le postazioni 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. Solo le 3 stazioni per il campionamento di particolato atmosferico non sono collegate attraverso linee telefoniche, in quanto le strumentazioni che misurano con sistema gravimetrico i parametri PM-10 e polveri totali non necessitano di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione, i parametri misurati e la zonizzazione del territorio provinciale, effettuata ai sensi delle L.R. 7 aprile 2000 n. 43 dalla D.G.R. 11 novembre 2002 n. 14-7632, sono riportati in TABELLA 10 e in FIGURA 15.

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 ripetibili 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, come il numero di postazioni da installare in relazione alle dimensioni delle aree urbane, e sulla progettazione delle singole postazioni di rilevamento, come la tipologia dei parametri da misurare in relazione all'ubicazione della cabina sul territorio. Nel dettaglio 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 fondo).
- 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 (SO₂, NO_x);
- 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 (O₃, NO_x).

La classificazione delle postazioni di misura definita dal D.M.A. del 20/05/91 è ancora in vigore anche se la recente normativa di settore ha introdotto nuovi criteri di classificazione. Nella TABELLA 12 si riporta una breve descrizione dei siti di misura, realizzata secondo le indicazioni contenute nel DM 2 aprile 2002 n. 60 e nella normativa che regola lo scambio di informazioni a livello europeo (Guidance on the annexes to decision 97/101/EC on exchange of information as revised by decision 2001/752/EC).

Il laboratorio mobile rappresenta inoltre un versatile strumento in dotazione alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La sua peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocato ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa.

Il laboratorio mobile fornisce, in questo senso, un valido supporto nella valutazione di situazioni di impatto ambientale, quali la costruzione di nuovi insediamenti produttivi o la modifica della rete viaria, offrendo significativi elementi per un corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

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

TABELLA 10: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NO_x	Ossidi di azoto
O₃	Ozono
P	Pressione atmosferica
PV	Quantità di pioggia
RDN	Radiazione solare netta
RDG	Radiazione solare globale
SO₂	Biossido di zolfo
TEMP	Temperatura
PM10	Particolato sospeso < 10 µm
PTS	Polveri totali sospese
UMID	Umidità
VV-DV	Velocità e direzione del vento

TABELLA 11: descrizione dei codici dei parametri.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	PRINCIPALI FONTI EMISSIVE	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Alpignano	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Beinasco	suburbana	industriale residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale -industriale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Borgaro	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Buttigliera	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Carmagnola	urbana esterna	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Chieri	suburbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Chivasso	urbana esterna	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Cirie	urbana esterna	residenziale	fondo	Stazione collocata in area urbana esterna di carattere residenziale in una zona non soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Druento	remota	naturale	fondo	Stazione collocata in area remota in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa della qualità dell'aria per la protezione degli ecosistemi.
Grugliasco	suburbana	residenziale industriale commerciale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale in una zona non soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
I.T.I.S. Grassi		residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare ed industriale. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Ivrea	urbana esterna	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Nichelino	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Orbassano	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Pinerolo	urbana esterna	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	PRINCIPALI FONTI EMISSIVE	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Pino Torinese	Remota	naturale	fondo	Stazione collocata in area remota in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa della qualità dell'aria per la protezione degli ecosistemi.
Rivoli	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Settimo	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine veicolare e industriale. Rappresentativa dei livelli di inquinanti più elevati a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Susa	urbana esterna	commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
TO-Consolata	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO-Cristina	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
TO-Gaidano	urbana	residenziale industriale	fondo	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare ed industriale. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO-Lingotto	urbana	industriale residenziale	fondo	Stazione collocata in una zona di fondo urbano non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
TO-Rebaudengo	urbana	industriale residenziale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona direttamente soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO-Rivoli	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Venaria	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Vinovo	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.

TABELLA 12: descrizione del posizionamento delle stazioni di misura.

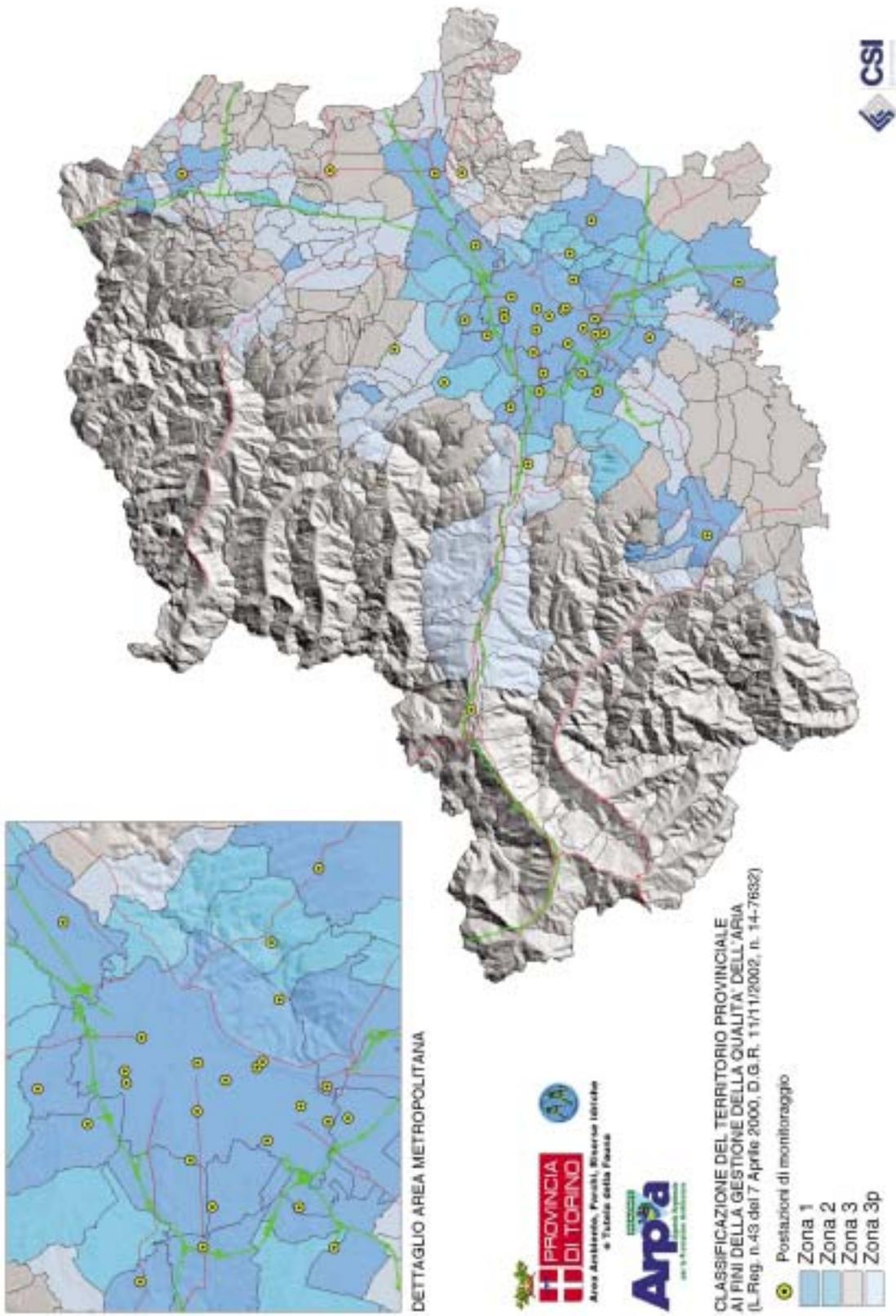


FIGURA 15: zonizzazione del territorio della provincia di Torino e disposizione dei punti di misura.

DESCRIZIONE

Il carbonio, che costituisce lo 0.08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare sia allo stato 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 (CO₂).

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³). 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 l'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 ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

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 si esprimono le concentrazioni di monossido di carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m³).

ESAME DEI DATI

Le rilevazioni effettuate nel corso dell'anno 2003, riportate in tabella 13 hanno evidenziato concentrazioni medie annuali comprese fra 0.5 e 2.2 mg/m³, con punte occasionali di 15-17 mg/m³ come valore orario nelle realtà urbane ad intenso traffico. Se si confrontano i valori medi annuali con quelli registrati negli anni precedenti si nota una sostanziale stabilità, confermata dalla mancanza quasi totale (1 caso su 16), di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata (DM 60 del 2 aprile 2002).

Al fine di rendersi conto dell'evoluzione delle concentrazioni del monossido di carbonio avvenuta nel corso degli ultimi anni e quindi comprendere se vi è stata una tendenza positiva o negativa, è indispensabile analizzare le serie storiche. Come si può osservare nel grafico in figura 16, che riporta le concentrazioni medie annue misurate negli ultimi 23 anni nella stazione urbana di Torino - Rebaudengo, il CO ha evidenziato 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, dall'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici a tre vie.

Ulteriori miglioramenti saranno possibili fino alla completa sostituzione delle auto a benzina non catalizzate con veicoli dotati di marmitta catalitica.

In relazione a quanto appena detto, si può ragionevolmente sostenere che il CO in atmosfera non rappresenterà nei prossimi anni una criticità ambientale per il nostro territorio. Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 17 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 2001, 2002 e 2003.

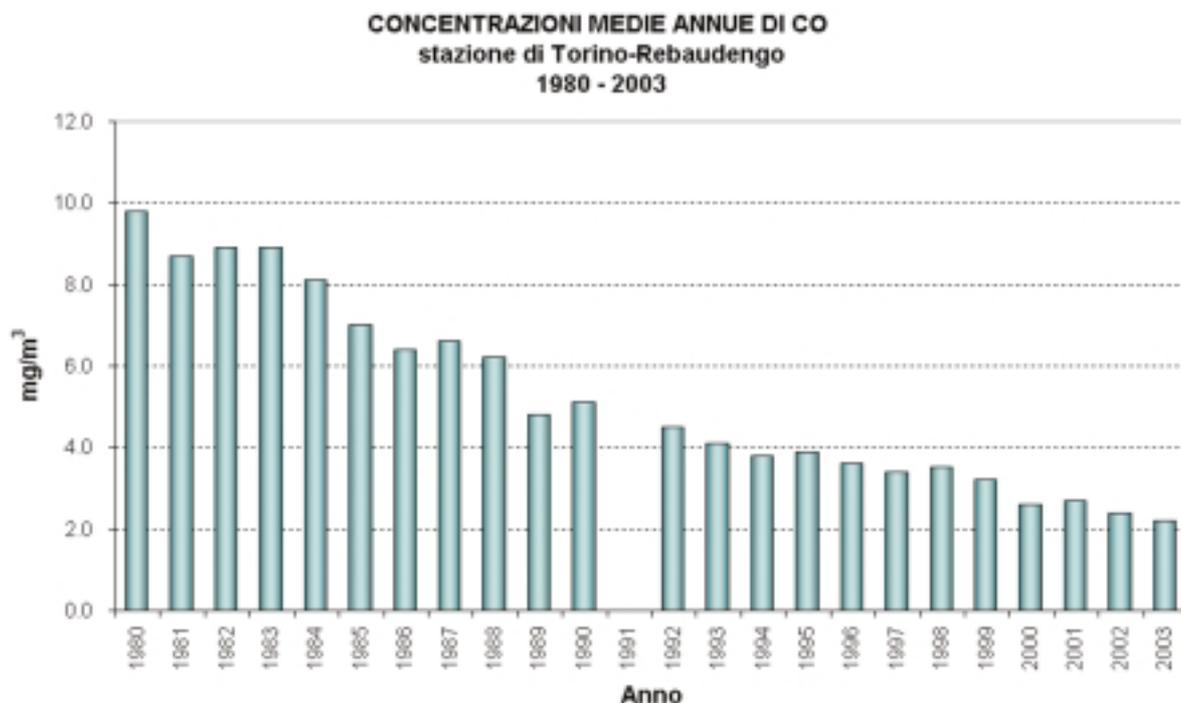


FIGURA 16: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo nell'ultimo ventennio.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale, 2002 (% dati validi)	Media Annuale			Valore limite per la protezione della salute umana. Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m ³			Massimo orario		
			2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
CHIERI	C.so Buozzi,1	87%	0,8	0,9	0,7	0	0	0	6,3	8,4	5,5
CHIVASSO	Via Torino,1	92%	1,1	0,9	0,9	0	0	0	9,8	13,9	5,4
DRUENTO	Cascina Peppinella	75%	*	0,5	0,5	*	0	0	*	2,8	2,4
IVREA	P.zza Freguglia	89%	1,4	1,3	0,9	0	0	0	12,0	12,0	6,9
NICHELINO	Via XXV Aprile,111	94%	1,8	2,0	1,8	0	7	0	16,0	16,4	14,1
PINEROLO	P.zza Alpini,1	91%	1,1	0,8	0,7	0	0	0	6,6	8,6	5,3
RIVOLI	P.zza Togliatti,1	92%	0,9	0,9	0,7	0	0	0	7,8	13,2	7,8
SETTIMO	Via Milano,31	92%	1,2	1,5	1,2	0	1	0	9,5	12,4	7,2
SUSA	P.zza della Repubblica	71%	0,9	0,6	0,5	0	0	0	4,8	4,0	2,6
TO-CONSOLATA	Via Consolata,10	97%	1,9	2,1	1,6	0	0	0	14,0	13,6	11,5
TO-GAIDANO	Via Gaidano	99%	1,8	1,8	1,5	0	0	0	14,0	13,9	13,9
TO-LINGOTTO	Via A.Monti,21	77%	0,9	1,2	1,0	0	0	0	8,2	8,8	6,9
TO-CRISTINA	Via M. Cristina,129	99%	1,6	1,6	1,5	0	0	0	8,3	7,8	10,1
TO-REBAUDENGO	P.zza Rebaudengo,23	86%	2,7	2,4	2,2	0	0	0	14,0	15,4	15,8
TO-RIVOLI	P.zza Rivoli,4	99%	2,6	2,2	2,0	0	4	2	21,0	16,5	16,2
VENARIA	C.so Garibaldi	91%	0,9	0,7	0,5	0	0	0	4,5	4,8	4,6

* dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 13: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

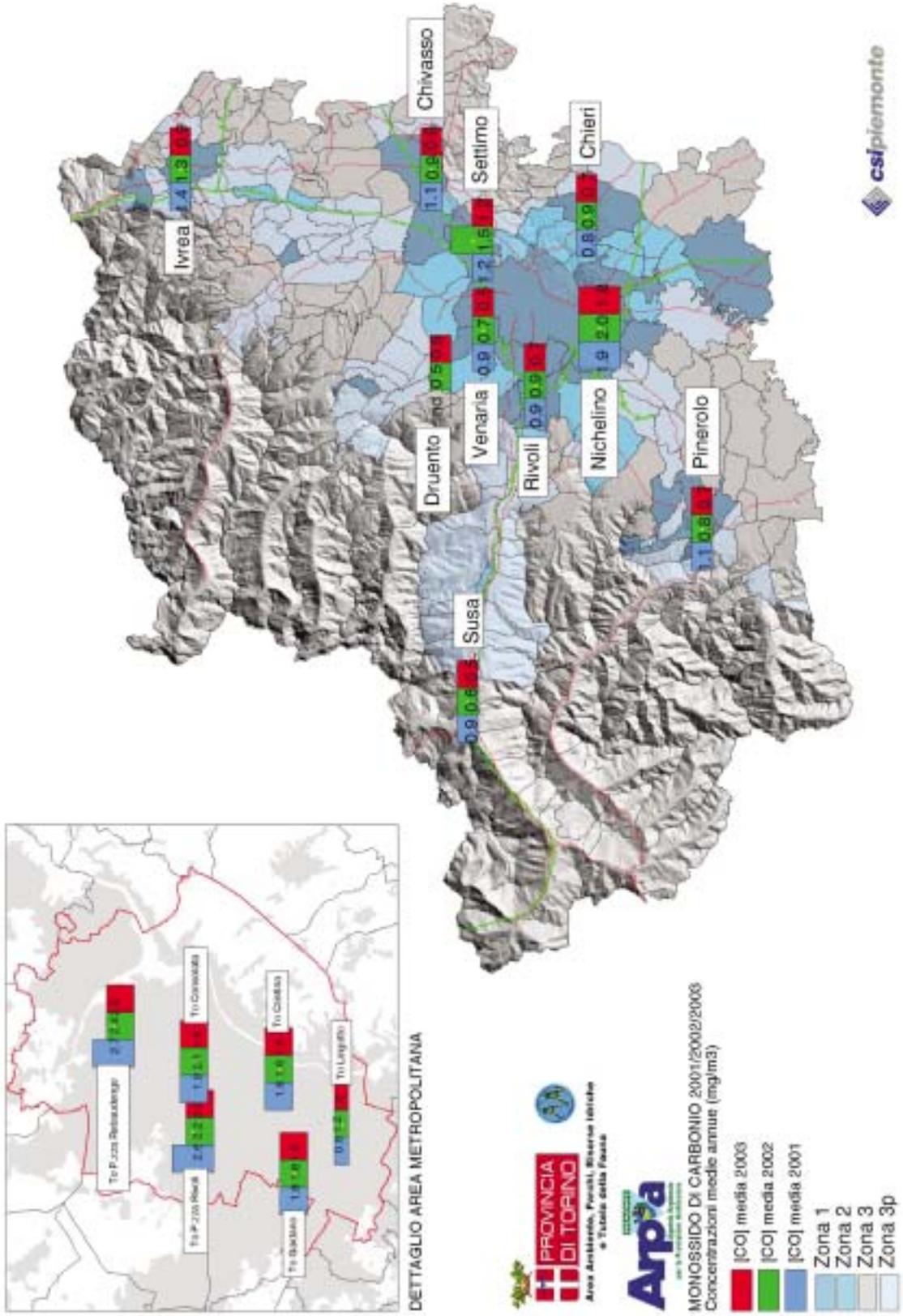


FIGURA 17: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni , 2001, 2002 e 2003.

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂ ed altri) sono 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 quali l'ozono, 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, in modo particolare per il biossido 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 diminuzioni 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

Per la determinazione degli ossidi di azoto si utilizza un 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 l'intensità della 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 dosare 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 il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ESAME DEI DATI

Dall'analisi degli indicatori statistici, riportati in tabella 14, si osserva che nel corso dell'anno 2003 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 negli anni precedenti. Tuttavia il limite orario di protezione della salute ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), è stato superato, seppur in modo meno spiccato rispetto agli anni 2000-2002. Le situazioni più critiche si sono verificate in Torino nelle stazioni di p.zza Rebaudengo e di via Gaidano. In controtendenza rispetto alla media è risultata la stazione di Grugliasco che ha registrato un aumento dei superamenti di tale limite.

Analizzando la distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto si osserva che la maggior parte dei superamenti del valore limite orario per la protezione della salute si sono verificati principalmente nelle stazioni ubicate nell'area urbana torinese (p.zza Rebaudengo e via Gaidano), che rappresenta indiscutibilmente la zona più critica. Occorre però osservare che anche le stazioni di Nichelino, Settimo e Grugliasco hanno misurato un discreto numero di superamenti di tale livello, confermando che l'inquinamento da biossido di azoto non è esclusiva prerogativa dei grandi centri urbani e che anche le conurbazioni di minore entità sono interessate, seppure marginalmente, dalla presenza di questo fenomeno.

La distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto, riportata in figura 18, conferma la presenza nel corso dell'anno 2003 di diversi periodi di criticità ambientale. Infatti contrariamente agli anni precedenti, nell'anno 2003 non sono stati solo i mesi invernali critici, ma si sono avuti episodi particolari anche nei mesi di marzo e settembre. Ulteriori considerazioni emergono dai confronti dei dati relativi alle concentrazioni di biossido di azoto rilevate nell'anno 2003 con i valori definiti dalla normativa (Decreto Ministeriale di n° 60 del 2 aprile 2002). Da un'osservazione più generale il valore medio annuale del biossido di azoto è sostanzialmente stabile in tutte le stazioni ed è superiore al limite annuale per la protezione della salute umana, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in due terzi dei siti di misura. Dato questo che conferma critica la situazione di questo inquinante.

Per quanto riguarda il valore limite annuale per la protezione della vegetazione, da applicarsi ai dati misurati in zone rurali, la stazione più indicativa è quella di Druento in quanto collocata all'interno del Parco Regionale La Mandria. A causa di un problema dell'alimentazione elettrica non si è, purtroppo, potuto misurare per un numero di ore sufficienti per effettuare un computo statisticamente corretto del limite annuale. Tuttavia, effettuando comunque il calcolo, si osserva che la media annuale degli ossidi di azoto, espressa come NO_2 , raggiunge i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore ben superiore al limite pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'analisi delle serie storiche relative alle concentrazioni di tale inquinante non ha evidenziato nel corso degli ultimi anni una marcata riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto ma solo una lieve diminuzione delle sue concentrazioni, come si può osservare in figura 19.

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 inoltre, la presenza di altre sorgenti, come i veicoli a ciclo Diesel e gli 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.

In considerazione dei rilevamenti effettuati nel corso dell'anno 2003, per rispettare il valore limite definito per il 2010 sarà necessario adottare provvedimenti che portino ad una riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto, quantificabile per le aree urbane in percentuali variabili fra il 20 e il 50%.

Appare evidente come l'abbattimento di questo inquinante rappresenterà uno dei principali obiettivi che le amministrazioni dovranno perseguire per la tutela della salute umana e dell'ambiente.

Si riporta in conclusione in figura 20, per una visualizzazione immediata delle rilevazioni effettuate nella provincia di Torino, una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO_2 misurate nel triennio 2001 - 2003.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale, 2002 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) Media Annuale			Valore limite orario per la protezione della salute (200 µg/m³) Numero di superamenti			Soglia di allarme (400 µg/m³) Numero di superamenti			Valore massimo orario		
			2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
ALPIGNANO	Via F.Baracca, 12	97	62	37	36	0	2	0	0	0	0	n.d.	269	173
BEINASCO	Via S.Pellico, 5	90	45	52	51	0	1	0	0	0	0	192	207	178
BORGARO	Via Italia	74	48	42	44	27	1	0	0	0	0	318	230	171
CHIERI	C.so Buozzi, 1	97	43	38	39	0	0	0	0	0	0	154	156	160
CIRIE'	Via Teneschie, 2	75	32	29	31	0	0	0	0	0	0	183	145	132
DRUENTO(1)	Cascina Peppinella	32	19	22	24	0	0	1	0	0	0	143	182	201
GRUGLIASCO	Via Roma, 15	98	52	53	52	0	1	2	0	0	0	220	213	220
IVREA	Pizza Freguglia	95	54	48	50	5	1	5	0	0	0	225	204	251
NICHELINO	Via XXV Aprile, 111	88	64	71	63	7	59	17	0	0	0	280	274	243
ORBASSANO	Via Gozzano	77	46	42	40	0	0	0	0	0	0	172	169	143
PINEROLO (2)	Pizza Alpini, 1	48	n.d.	46	29	n.d.	0	0	0	0	0	n.d.	171	119
RIVOLI	Pizza Togliatti, 1	95	n.d.	58	57	n.d.	0	3	0	0	0	n.d.	190	214
SETTIMO	Via Milano, 31	98	58	72	65	20	73	14	0	0	0	252	345	228
SUSA (2)	Pizza della Repubblica	49	n.d.	25	22	n.d.	0	0	0	0	0	n.d.	107	156
TO-CONSOLATA	Via Consolata, 10	92	59	72	73	4	20	6	0	0	0	253	258	236
TO-GAIDANO	Via Gaidano	97	65	68	65	9	23	8	0	0	0	245	316	284
TO-LINGOTTO	Via A.Monti, 21	80	45	59	54	2	0	3	0	0	0	209	163	207
TO CRISTINA	Via M. Cristina, 129	95	62	77	74	0	5	3	0	0	0	197	230	220
TO-REBAUDENGO	Pizza Rebaudengo	97	75	79	71	30	45	4	0	0	0	326	374	285
TO-RIVOLI	Pizza Rivoli, 4	97	78	73	71	36	26	12	0	0	0	298	276	234
VINOVO	Via Garibaldi, 3	98	42	43	41	0	0	0	0	0	0	163	157	187

(1) La stazione è stata spenta dal 17/08/03 al 4/09/03 per problemi relativi alla linea di fornitura elettrica.

(2) Lo strumento ha presentato parecchi problemi tecnici di difficile risoluzione

TABELLA 14: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

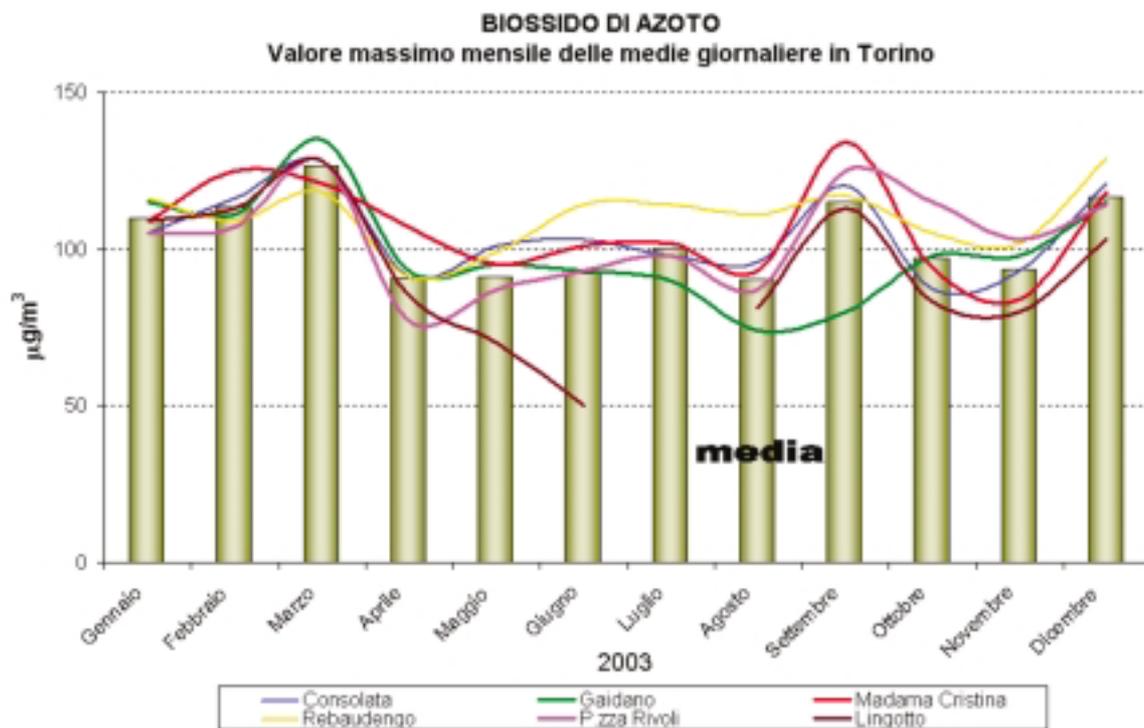


FIGURA 18: parametro NO₂ valore massimo mensile delle medie giornaliere in Torino.

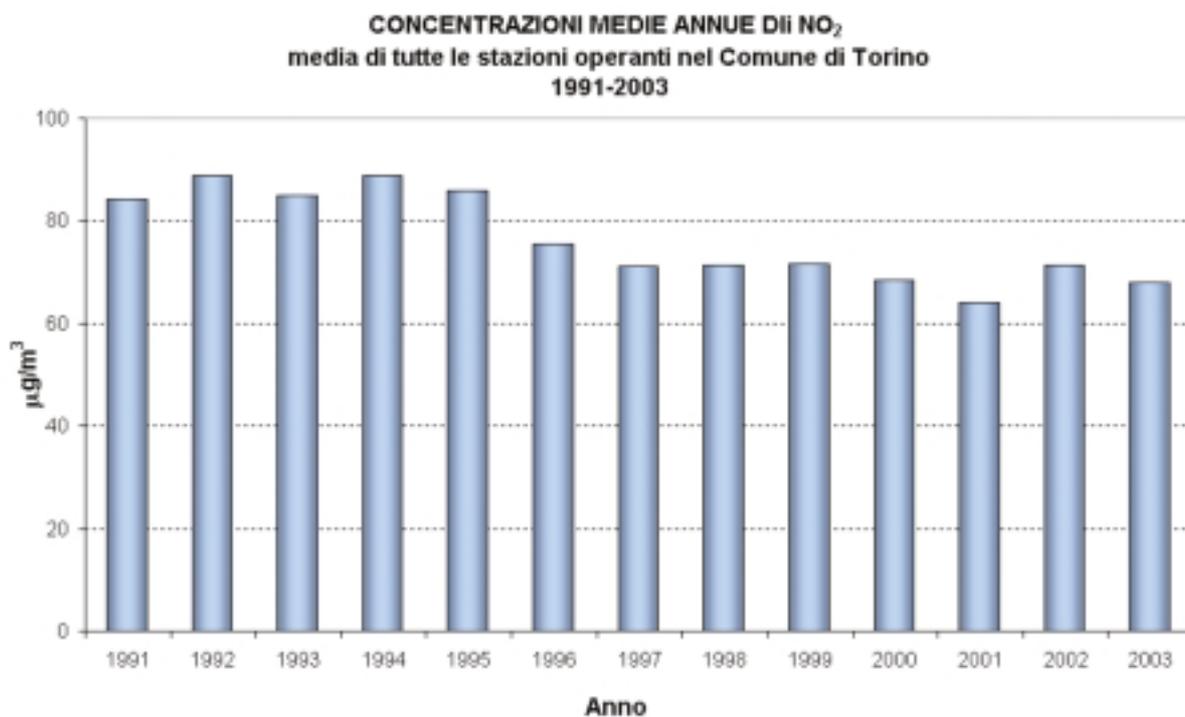


FIGURA 19: parametro NO₂, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino negli ultimi 13 anni.

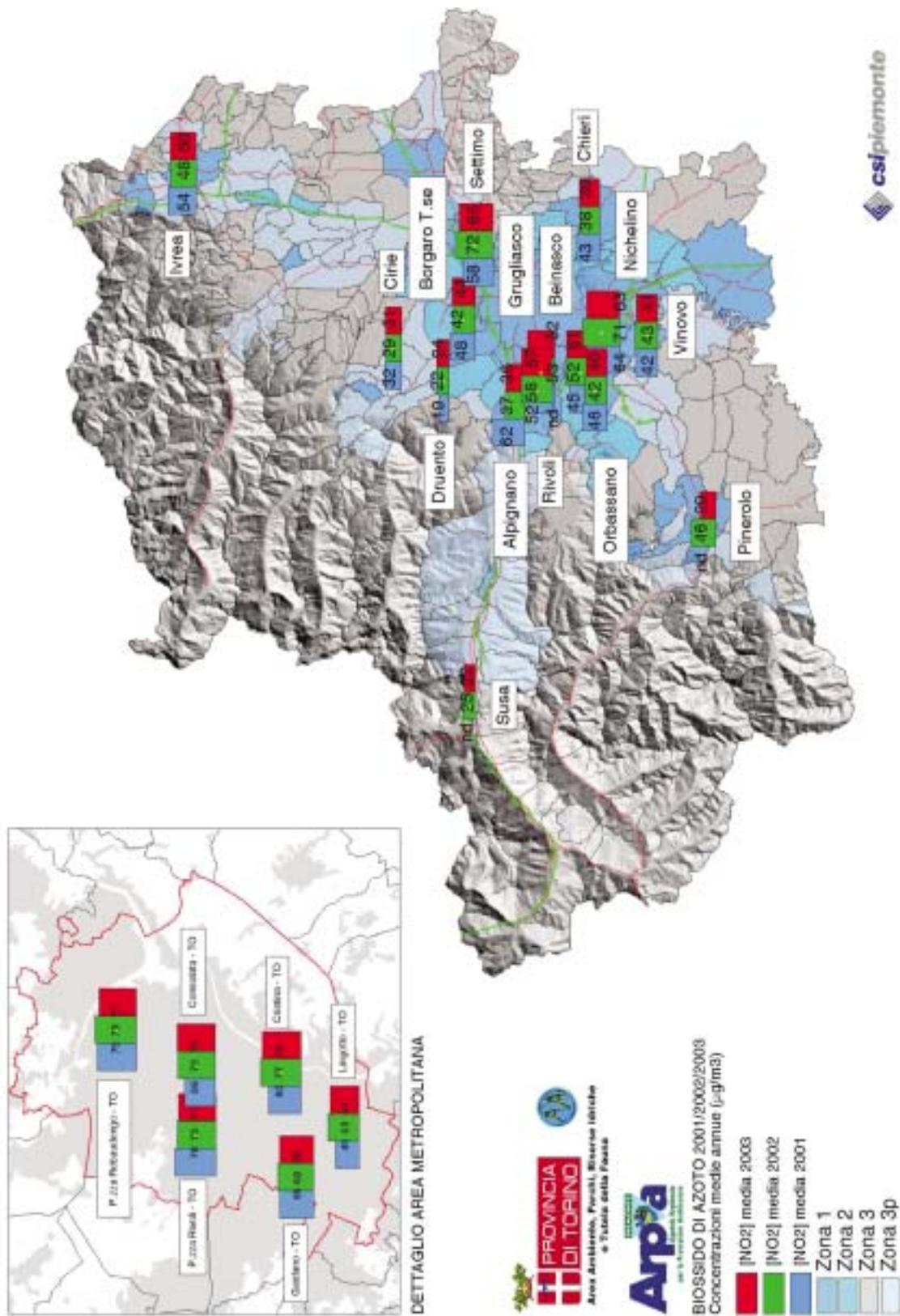
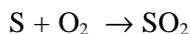


FIGURA 20: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO₂ misurate negli anni 2001, 2002 e 2003.

DESCRIZIONE

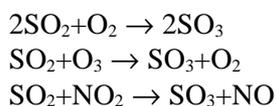
È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:



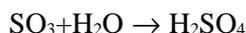
È un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa 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 il biossido di zolfo (SO_2) è ossidato a triossido di zolfo (SO_3). L'ossidazione può avvenire direttamente in presenza di ossigeno atmosferico o di altri inquinanti per via chimica, secondo le reazioni:



Il triossido di zolfo successivamente, in presenza di umidità, è convertito 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 raffineria, 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 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 misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale vengono inviate 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 rilevatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di anidride solforosa presente nell'aria.

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

ESAME DEI DATI

In tutti i siti oggetto di monitoraggio, come si può osservare nel riepilogo statistico riportato in tabella 15, i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati. La situazione è del tutto analoga a quella rilevata nel corso degli ultimi anni e le differenze rispetto ai valori riscontrati nel 2001 e 2002 sono assolutamente minime e rientrano nella fluttuazione statistica del dato.

Da un'analisi comparata dei dati rilevati nei diversi siti di monitoraggio, non si osservano zone che presentino una particolare criticità o quantomeno una diversità sostanziale delle concentrazioni misurate.

I massimi valori orari, rilevati nel corso dell'anno 2003, sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti su questa base temporale e un'analoga considerazione è valida anche per il limite su base giornaliera.

Il valore limite per la protezione degli ecosistemi è rispettato in tutti i siti di monitoraggio, anche in quelli soggetti ad una forte pressione antropica che non sarebbero idonei per effettuare confronti con il limite per la protezione degli ecosistemi. La normativa prevede infatti di confrontare con tale valore limite i dati rilevati in aree remote non soggette a fonti dirette di emissione.

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.

Il parametro SO₂ non rappresenta una criticità per il territorio della provincia di Torino, sarà comunque opportuno, nel corso dei prossimi anni, mantenere attivo il monitoraggio di tale parametro per controllare il conseguimento dei risultati raggiunti.

Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 22 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di SO₂ misurate negli anni 2001, 2002 e 2003.

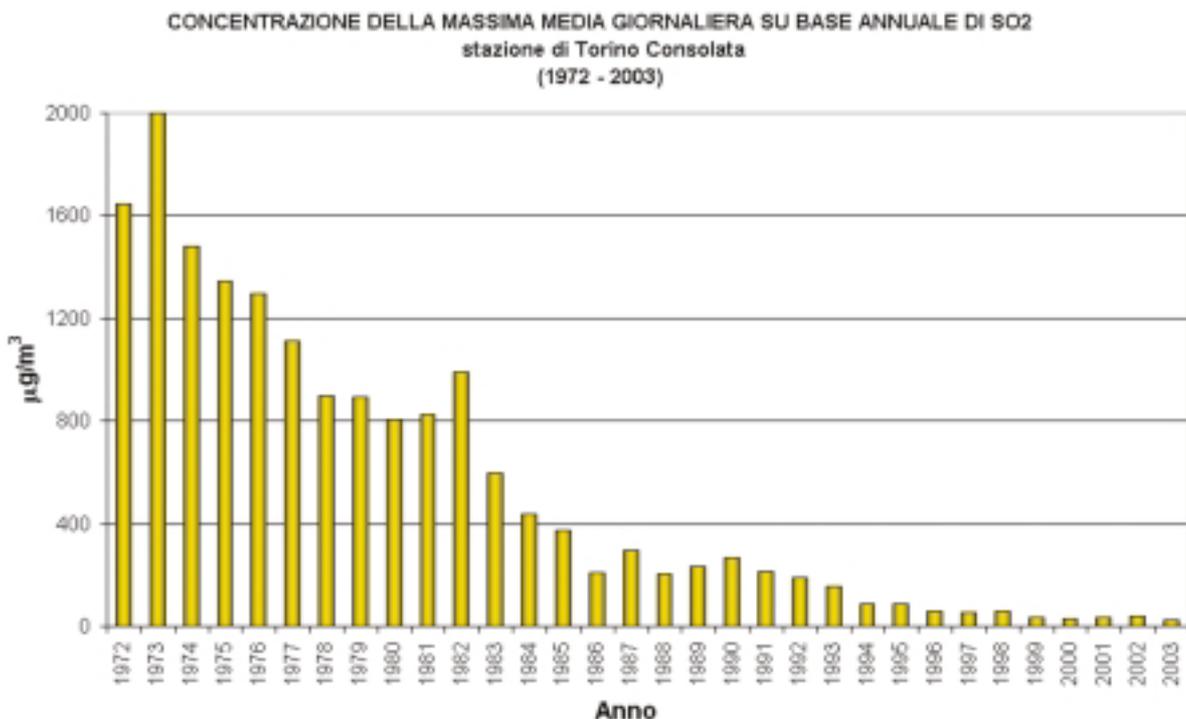


FIGURA 21: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino – Consolata.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale, 2003 (% dati validi)	Media Annuale			Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti			Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti			Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 µg/m³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic			Soglia di allarme 500 µg/m³ Numero di superamenti			Massimo orario		
			2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
BEINASCO	Via S. Pellico, 5	89 %	4	5	4	0	0	0	0	0	0	5	6	5	0	0	0	36	103	32
CIRIE'	Via Teneschie, 2	77 %	*	7	4	*	0	0	*	0	0	*	11	5	*	0	0	*	51	39
DRUENTO	Cascina Peppinella	86 %	*	4	4	*	0	0	*	0	0	*	5	4	*	0	0	*	32	18
GRUGLIASCO	Via Roma, 15	95 %	6	6	5	0	0	0	0	0	0	12	9	7	0	0	0	46	55	60
IVREA	P.zza Freguglia	93 %	6	6	5	0	0	0	0	0	0	8	9	7	0	0	0	50	55	33
TO-CONSOLATA	Via Consolata, 10	97 %	7	9	6	0	0	0	0	0	0	11	14	9	0	0	0	84	144	44
TO-REBAUDENGO	P.zza Rebaudengo, 23	97 %	6	6	6	0	0	0	0	0	0	10	9	9	0	0	0	47	83	93

* dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 15: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

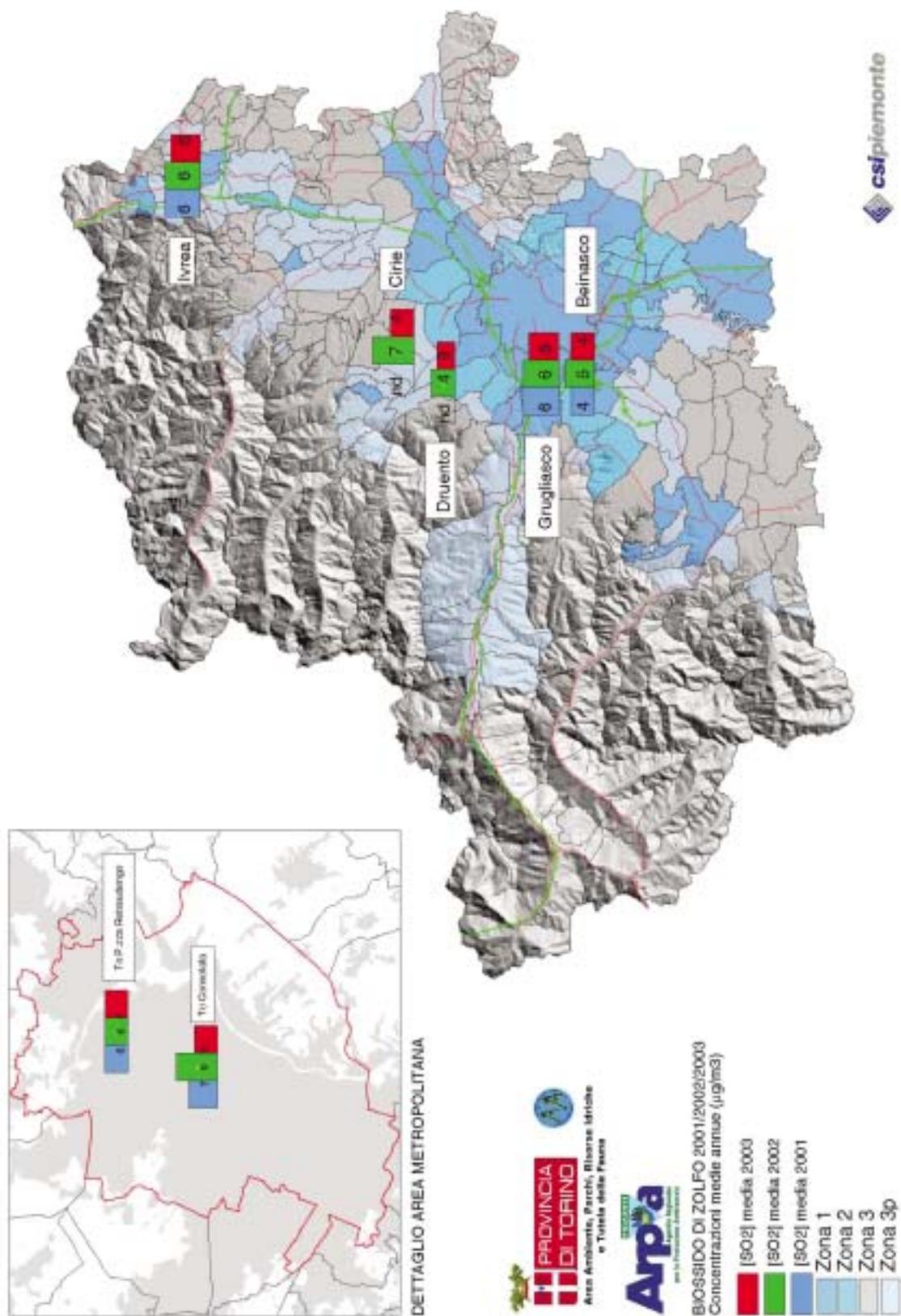


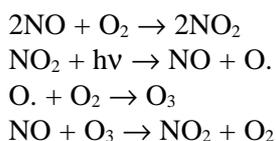
FIGURA 22: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di SO₂ misurate negli anni 2001, 2002 e 2003.

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, la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero 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 un'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:



La presenza in atmosfera di composti organici volatili compete con l'ozono nell'ossidazione del monossido di azoto alterando gli equilibri delle reazioni precedenti e portando così alla produzione di 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 citato 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 presenza di ozono).

METODO DI MISURA

L'ozono è misurato con un metodo basato sull'assorbimento, caratteristico delle molecole di ozono, di radiazioni UV ad una lunghezza d'onda di 254 nm. La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di ozono ed è misurata da un apposito rilevatore.

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

ESAME DEI DATI

Nel corso dell'anno 2003, 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 superato in tutti i siti oggetto di rilevamento, ed in modo più marcato rispetto agli anni precedenti.

L'aumento del numero complessivo di superamenti del livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevato nel corso dell'anno 2003 rispetto a quanto osservato nel corso del 2001 e del 2002 è da attribuirsi alle condizioni meteorologiche dell'estate 2003.

Analizzando i valori della piovosità media e della media delle temperature massime relative agli anni, 2001 - 2003, riportate in figura 23, si osserva che le temperature raggiunte sono state più elevate rispetto agli anni precedenti e non solo nel periodo estivo, ma anche nei mesi tipicamente invernali, mentre la quantità media di pioggia caduta nell'arco dell'anno è stata particolarmente bassa.

ANDAMENTI DELLA PIOVOSITA' MEDIA E DELLA MEDIA DELLE TEMPERATURE MASSIME RELATIVE AL PERIODO 2001-2003

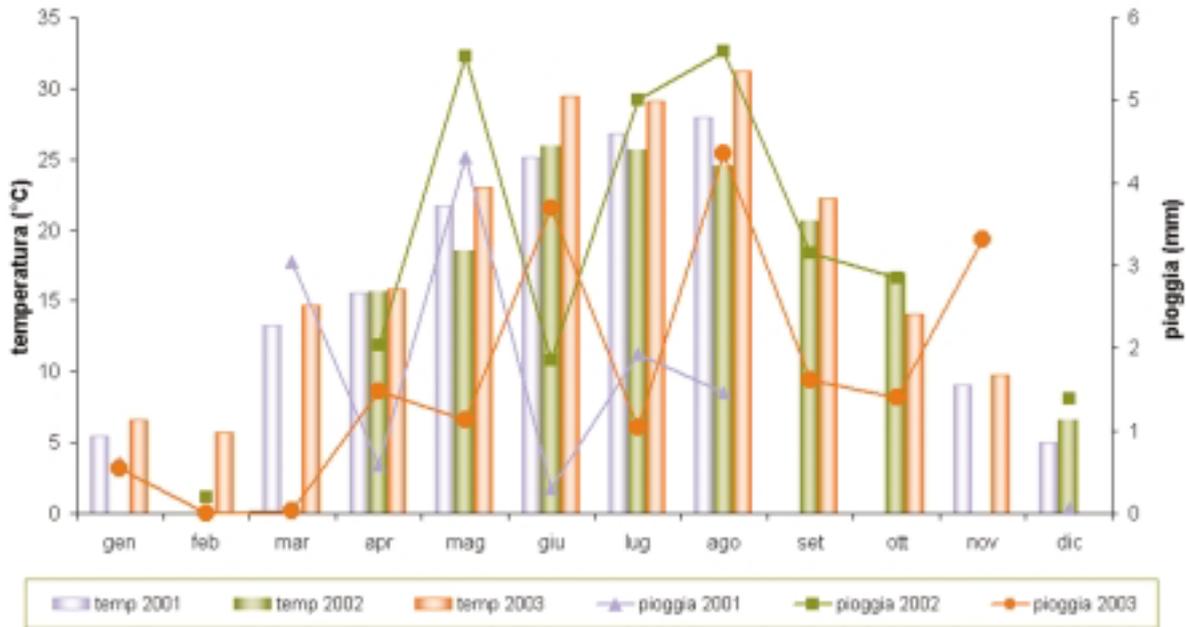


FIGURA 23: andamenti della piovosità media e della media delle temperature massime relative al agli anni 2001 2002 e 2003.

L'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (figura 24) evidenzia una sostanziale stabilità nella situazione con una leggera variabilità dovuta alla situazione meteorologica dell'anno.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ESTIVE (maggio-settembre) DI OZONO
stazioni di Pino Torinese e Torino-Lingotto
1993 - 2003**

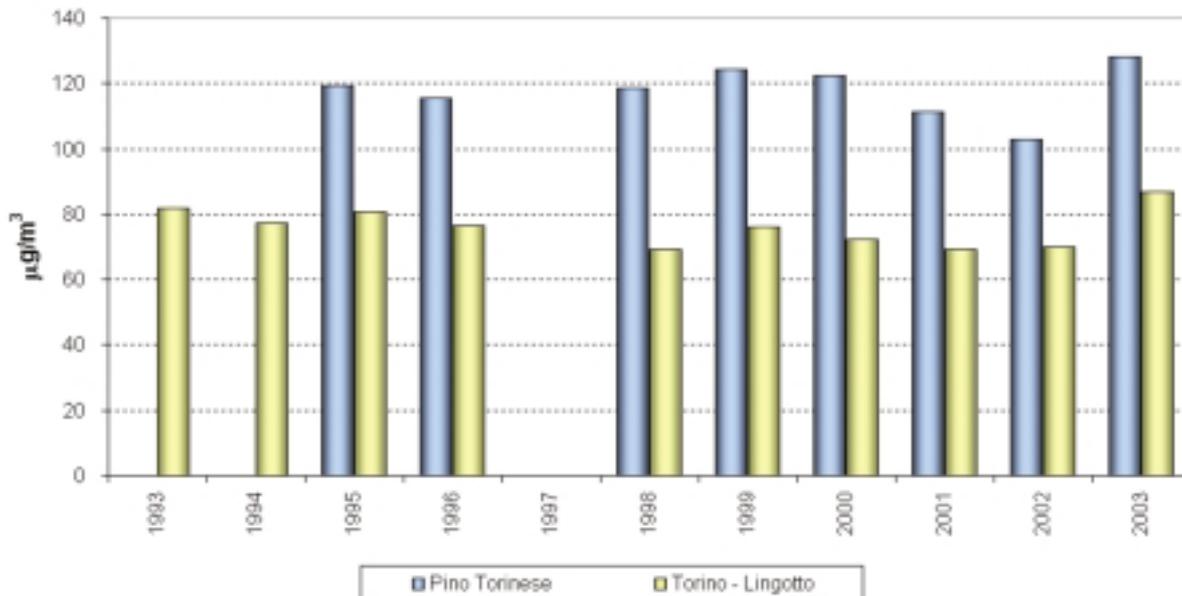


FIGURA 24: parametro ozono, medie del periodo maggio - settembre dell'ultimo decennio.

L'ozono si conferma uno degli inquinanti maggiormente presenti sul nostro territorio sia in relazione alle elevate concentrazioni che si raggiungono nei periodi critici sia in termini di diffusione sul territorio, come si può osservare nei grafici di figura 26 e figura 27, che riportano le distribuzioni spaziali e temporali dei superamenti del livello di attenzione.

Dall'analisi della distribuzione spaziale dei superamenti del livello di attenzione, si evince che 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.

Oltre al livello di attenzione è importante sottolineare l'elevato numero dei superamenti, riscontrato presso tutti i siti, 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) che rappresenta un indice di esposizione sul medio periodo. In relazione a tale livello è di particolare interesse il sito di Pino Torinese, collocato sulla collina torinese ad un'altitudine di circa 600 m., che presenta una frequenza di superamenti tre volte maggiore rispetto agli altri siti di pianura. Tale situazione è causata dalla persistenza notturna di valori elevati, presumibilmente legata a fenomeni di accumulo in quota provocati da moti di trasporto verticale sia dell'ozono sia dei precursori emessi a livello del tessuto urbano.

A seguito dell'emanazione della direttiva 2002/3/CE del 12 febbraio 2002 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'ozono nell'aria, si è provveduto a confrontare i valori dei rilevamenti effettuati nel corso dell'anno 2003 con i limiti previsti nella normativa stessa (tabella 18).

È importante osservare che nessuno dei valori di riferimento stabiliti, siano essi valori obiettivo o valori bersaglio, viene attualmente rispettato nel nostro territorio ma anche che nel corso del 2003 la soglia di allarme si è raggiunta molto sporadicamente.

Il contenimento delle emissioni degli ossidi di azoto rappresenta anche in questo caso l'elemento chiave su cui occorre agire per ottenere un sensibile miglioramento della qualità dell'aria anche nella stagione estiva.

Si riporta a conclusione in figura 25 una cartina riportante i valori delle medie delle concentrazioni di O_3 rilevate nei mesi estivi negli anni 2001, 2002 e 2003, tale raffigurazione è fortemente esemplificativa di come gran parte del territorio della provincia di Torino sia interessato in modo omogeneo dal fenomeno di inquinamento di ozono.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale. 2002 (%dati validi)	Valori Medi Annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Valore Massimo Orario		
			2001	2002	2003	2001	2002	2003
ALPIGNANO	Via F.Baracca, 12	89	*	50	55	*	259	247
BORGARO	Via Italia	95	52	45	52	271	251	266
CHIERI (1)	C.so Buozzi,1	95		39	52		170	225
DRUENTO	Cascina Peppinella	76	57	51	52	324	264	270
ORBASSANO (4)	Via Gozzano	87	*	41	48	*	241	236
PINEROLO (2)	P.zza Alpini,1	80		16	49		86	237
PINO T.SE	Oss. Astronomico	98	92	77	89	257	262	238
SUSA (3)	P.zza della Repubblica	76		56	63		215	228
TO LINGOTTO	Via A.Monti, 21	91	43	43	52	246	230	242
VINOVO	Via Garibaldi, 3	88	46	41	49	242	203	245

* dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

(1) strumento operativo dal 1/8/02 (2) strumento operativo dal 9/10/02 (3) strumento operativo dal 22/07/02

(4) strumento spento per prove di interlaboratorio nel periodo mag-giu 2003

TABELLA 16: dati statistici relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

STAZIONE	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 protezione della salute (D.M. 16/5/96) indice: media (mobile trascinata) di 8 h periodo di osservazione: un mese valore di riferimento: 110($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Numero superamenti livello di protezione vegetazione (D.M. 16/5/96) 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. 16/5/96) indice: media giornaliera periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 65($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
ALPIGNANO	*	47	144	*	0	0	*	712	1034	*	28	62	*	130	127
BORGARO	224	40	188	0	0	0	1006	627	974	117	14	89	126	114	130
CHIERI (1)		0	82		0	0		31	972		0	16		22	138
DRUENTO	121	64	176	0	0	0	605	752	772	73	29	88	95	119	105
ORBASSANO	*	52	107	*	0	0	*	523	751	*	17	32	*	81	111
PINEROLO (2)		0	45		0	0		0	522		0	17		0	83
PINO T.SE	91	74	340	0	0	0	1629	1596	2801	28	29	131	175	217	247
SUSA (3)		34	85		0	0		540	946		5	25		68	131
TO LINGOTTO	72	80	255	0	0	0	540	671	1125	30	23	98	82	96	121
VINOVO	147	34	104	0	0	0	711	608	990	63	2	136	95	92	111

*dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

(1) strumento operativo dal 1/8/02 (2) strumento operativo dal 9/10/02 (3) strumento operativo dal 22/07/02.

TABELLA 17: parametro ozono, confronto con i limiti previsti dalla normativa in vigore.

STAZIONE	DIRETTIVA 2002/3/CE valore bersaglio per la protezione della salute umana (1) numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile			DIRETTIVA 2002/3/CE valore bersaglio per la protezione della vegetazione (2) AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) Calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio			DIRETTIVA 2002/3/CE Soglia di informazione 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria Numero di superamenti		DIRETTIVA 2002/3/CE Soglia di allarme 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria per 3 ore consecutive Numero di giorni con superamento	
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2002	2003	2002	2003
ALPIGNANO	*	79	85	*	37545	40487	47	144	0	0
BORGARO	100	66	97	54969	37482	45629	40	188	0	1
CHIERI (3)		3	98			31994	0	82	0	0
DRUENTO	66	82	74	37992	37829	44512	64	176	0	1
ORBASSANO	14	57	78	*	29796	27677	52	107	0	0
PINEROLO (4)		0	29			7223	0	45	0	0
PINO T.se	92	97	155	42212	37463	58878	74	340	0	0
SUSA (5)		41	69			27608	34	85	0	0
TO LINGOTTO	59	70	104	31859	41595	52034	80	255	0	0
VINOVO	83	79	94	45270	35401	45361	34	104	0	1

* dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

(1) i dati riferiti al valore bersaglio sono relativi esclusivamente all'anno 2001 e non a una media di 5 anni come previsto dalla direttiva 2002/3/CE

(2) per AOT40 (espresso in $\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e 80 mg/m^3 in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'europa centrale.

(3) strumento operativo dal 1/08/02 (4) strumento operativo dal 9/10/02 (5) strumento operativo dal 22/07/02

TABELLA 18: ozono, confronto con la normativa europea 2002/3/CE.

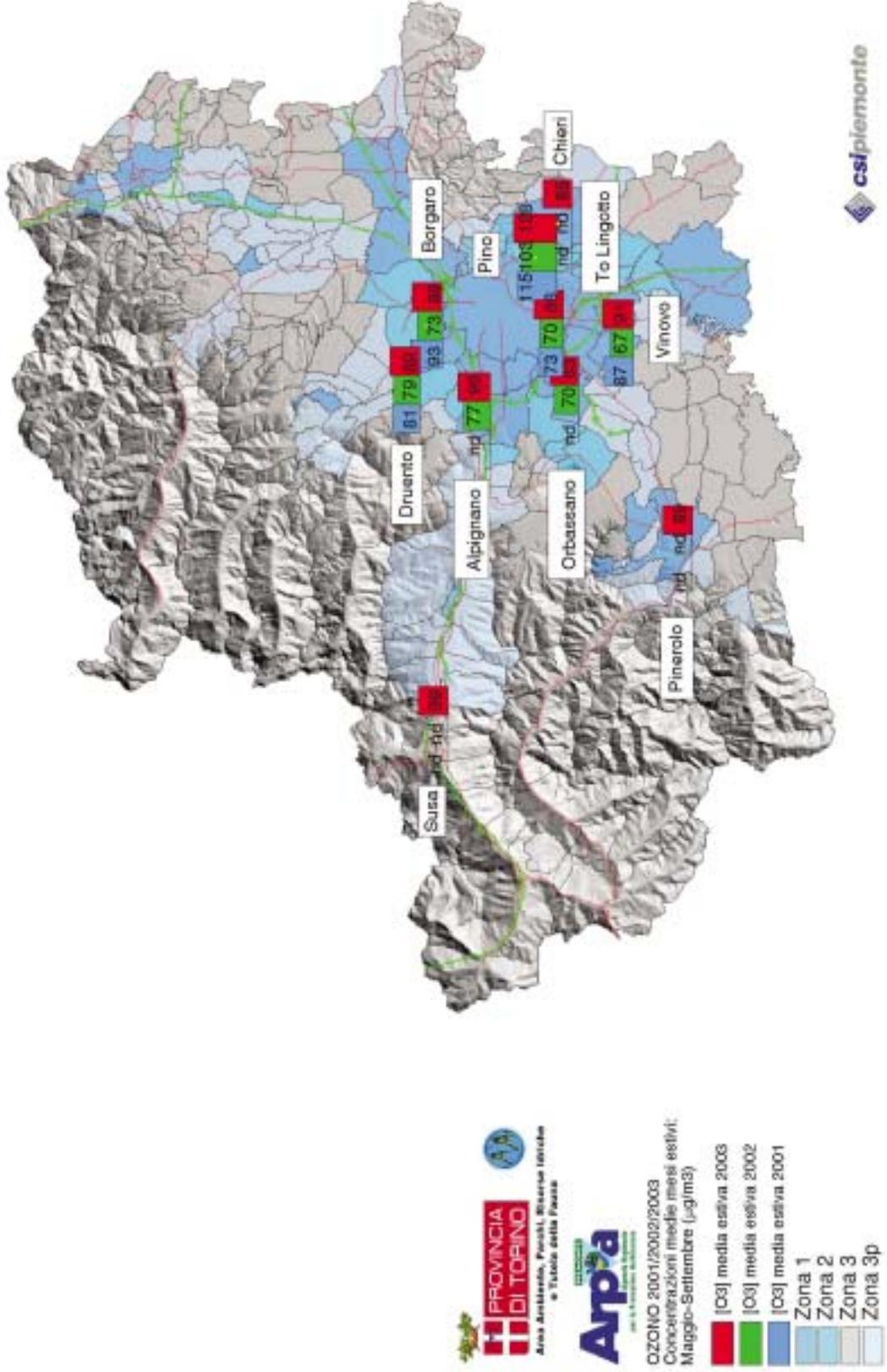


FIGURA 25: carta riportante il valore medio delle concentrazioni medie di O₃ misurate nei mesi estivi (maggio-settembre) negli anni 2001, 2002 e 2003.

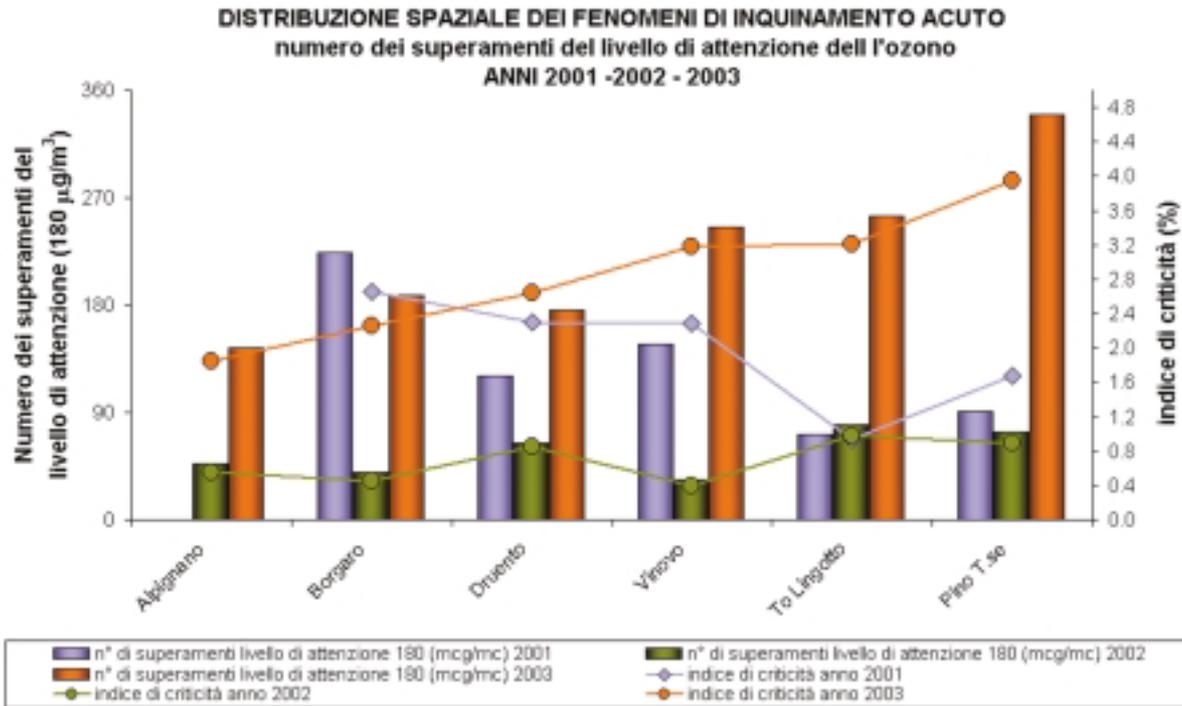


FIGURA 26: ozono, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

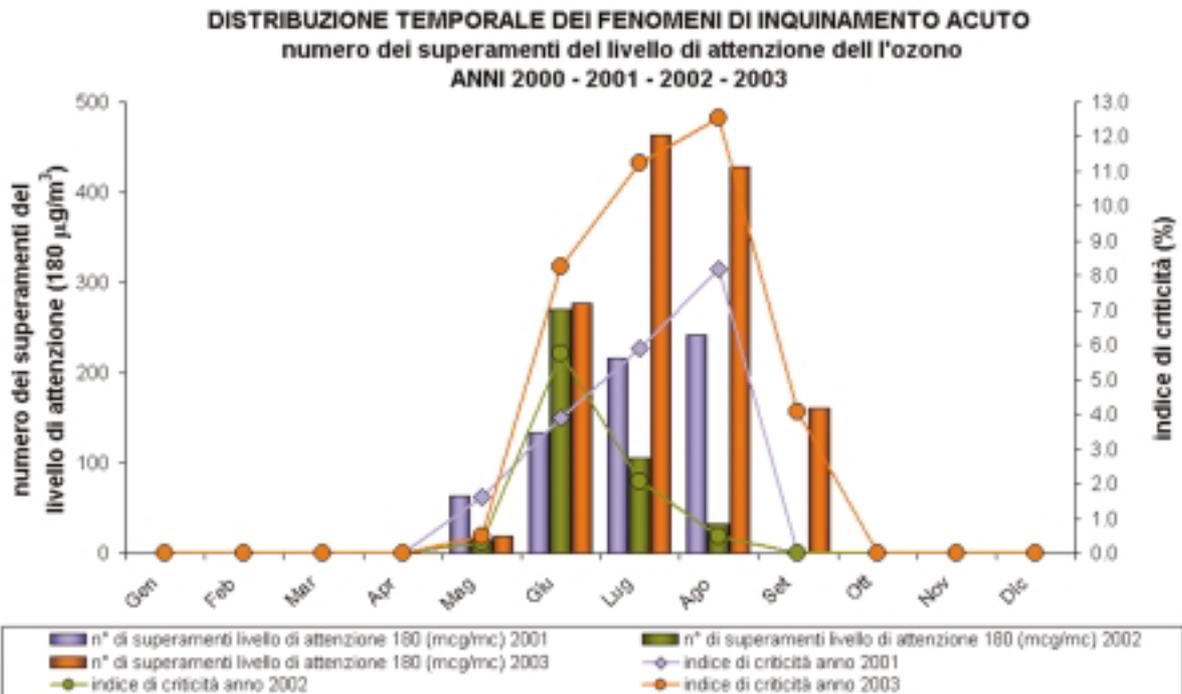


FIGURA 27: ozono, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.

DESCRIZIONE

Il Piombo è un metallo pesante presente in natura sia come composti inorganici che organici. La fonte principale era rappresentata dall'utilizzo delle benzine tradizionali (super) nelle quali veniva impiegato, sotto forma di composti metallo-organici (piombo tetraetile), come additivo anti-detonante. Nei paesi in cui viene ancora utilizzata la benzina col piombo, il traffico può contribuire per l'80-90% della concentrazione atmosferica di questo inquinante.

In Europa le concentrazioni di piombo in atmosfera, in particolare nei pressi di zone industriali e nelle aree urbane con alta densità di traffico, sono diminuite costantemente in questi ultimi 15 anni. Questo miglioramento è dovuto alla riduzione delle emissioni industriali, all'eliminazione del piombo nella benzina e all'adozione di sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per auto. Tuttavia il piombo viene ancora utilizzato in medicina, nelle industrie siderurgiche ed in quelle delle vernici speciali. Il tempo di permanenza delle particelle di Pb nell'aria varia secondo un certo numero di fattori, quali la dimensione delle particelle, le correnti del vento, la pioggia e l'altezza del punto di emissione. (Air Quality Guidelines for Europe 2000)

DANNI CAUSATI

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

L'avvelenamento cronico da piombo (saturismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici. Il rischio di intossicazione da piombo è particolarmente grave nei bambini ed è determinato dal danno subclinico (piombemia < 25 mg/dl) con misconoscimento dello stato di intossicazione che può condurre a gravi alterazioni della crasi ematica e a grave ritardo mentale.

METODO DI MISURA

Il particolato sospeso PM10 presente in un volume noto di aria viene raccolto su filtri in fibra di vetro, i quali sono sottoposti a mineralizzazione mediante acido nitrico. Sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione del piombo mediante spettrofotometria di assorbimento atomico o di emissione ICP.

ESAME DEI DATI

I dati riportati in figura 28 mostrano come negli ultimi trenta anni si sia registrata una drastica diminuzione della concentrazione del piombo presente nell'aria. Dalla fine del 2001 è stata eliminata dal commercio la benzina super, principale fonte di questo inquinante, per cui la concentrazione del piombo nel particolato atmosferico non rappresenta più una preoccupazione essendo nettamente inferiore anche al limite definito dalla recente normativa comunitaria. Il limite annuale previsto dal DM n. 60/2002 è pari a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro gennaio 2005, negli ultimi anni le concentrazioni di piombo rilevate nel particolato atmosferico sono di un ordine di grandezza inferiore a tale limite.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PIOMBO
stazione di Torino - Consolata
1973 - 2003

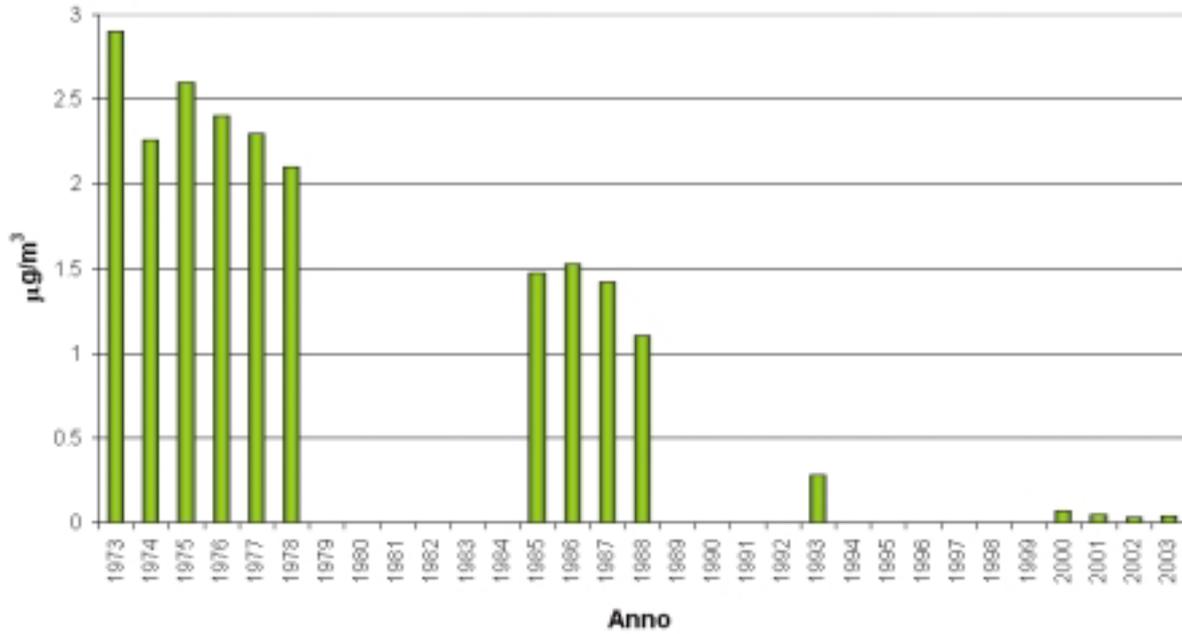


FIGURA 28: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di Torino-Consolata nell'ultimo trentennio.

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 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 misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il valore limite per la protezione della salute umana secondo il DM 2/4/2002 n. 60, è di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare entro il 31/12/2005.

ESAME DEI DATI

L'analisi del benzene è stata compiuta storicamente con prelievi discontinui tramite fiale di carbone attivo e, a partire dal 1995, anche con strumentazione in continuo.

I valori registrati negli ultimi anni confermano le previsioni di una costante e continua diminuzione delle concentrazioni di benzene nell'aria determinata dall'introduzione, nel mese di luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e dall'aumento nel tempo della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Nella stazione di via Consolata nel 2003 è stato registrato un valore medio annuo di $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre nell'anno precedente il valore era di $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e nel 2001 $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (figura 29)

Viene, quindi, ampiamente rispettato il limite di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 31/12/2005 e si è molto vicini al rispetto del valore di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su base annuale previsto per il 1/1/2010.

Con l'immissione sul mercato di veicoli con prestazioni ambientali sempre migliori si ipotizza per i prossimi anni una ulteriore diminuzione delle concentrazioni di questo inquinante e il rispetto del limite previsto per il 2010.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI BENZENE
 stazione di Torino - Consolata
 1996 -2002

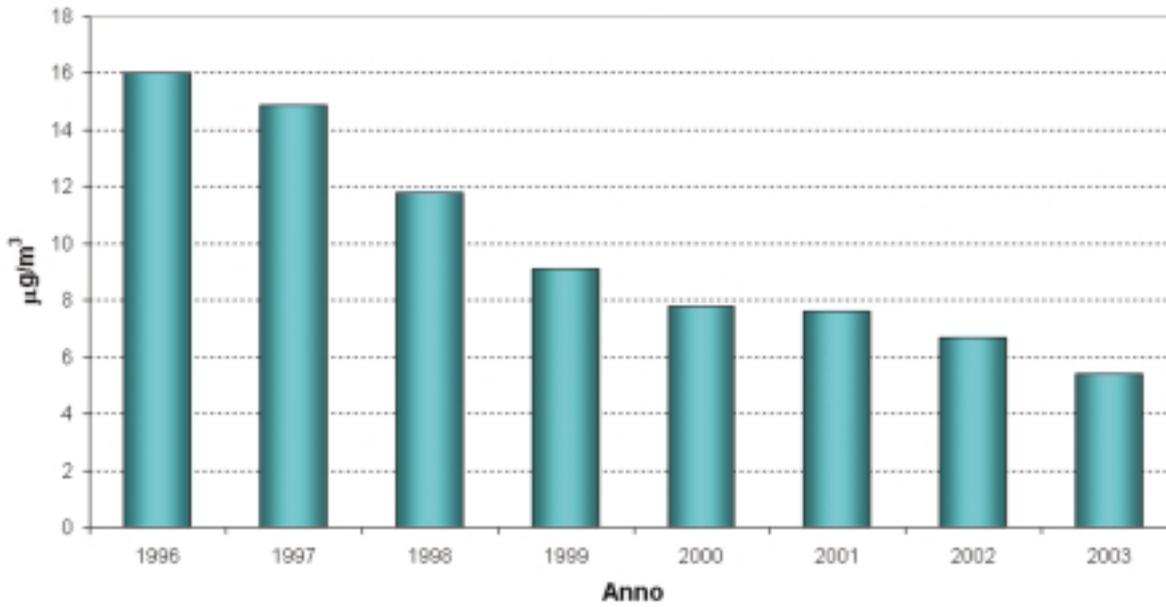


FIGURA 29: concentrazioni medie annue di benzene rilevate presso la stazione di Torino-Consolata nel quadriennio 1996-2003.

DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, 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, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel. Il traffico veicolare urbano contribuisce in misura considerevole all'inquinamento da particolato sospeso; con l'emissione in atmosfera di particelle carboniose, composti inorganici e particelle incombuste di varia natura. Tale particolato, inoltre, costituisce il principale veicolo di trasporto e 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 totale sospeso quella del particolato PM10, cioè della frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, definita anche inalabile, e il recente D.M. 2 aprile 2002 n. 60, che recepisce 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 e enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici.

METODO DI MISURA

Sia il particolato totale che la frazione PM10 vengono misurati mediante raccolta su filtro in condizioni standardizzate e successiva determinazione gravimetrica (vale a dire per 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 arrivino, e siano trattenute, solo le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

ESAME DEI DATI

Frazione PM10

L'esame dei dati relativi all'anno 2003 conferma la criticità dell'inquinante su tutto il territorio provinciale, evidenziando come la frazione fine del particolato possa avere una dispersione e una permanenza in atmosfera assimilabile a quella dei gas. Si sono infatti osservati fenomeni di trasporto per lunghe distanze e, in condizioni meteorologiche sfavorevoli (assenza di precipitazioni meteoriche, stabilità atmosferica), lunghi periodi di accumulo di questo inquinante in atmosfera.

Il valore di 50 µg/m³, come media giornaliera, viene superato più di 35 volte durante il corso dell'anno (numero di superamenti del valore limite delle 24 ore per la protezione della salute umana), in tutte le postazioni di monitoraggio e anche in quella situata nel Parco Regionale della Mandria a Druento, rappresentativa di una zona non direttamente interessata da fonti primarie di emissione (figura 30).

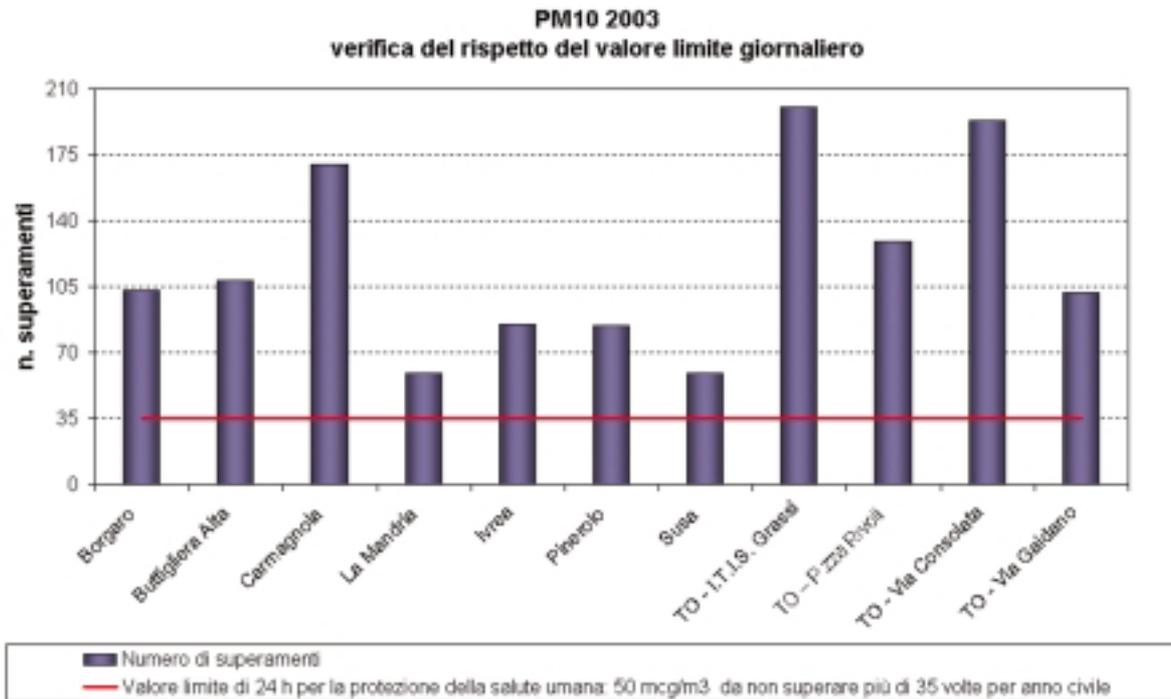


FIGURA 30: numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³: PM10 come media giornaliera).

Il valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³ come media annuale) è superato in quasi tutte le stazioni tranne in quelle di Druento (La Mandria), Susa e Pinerolo, dove il valore medio annuale si assesta tra i 33 e i 38 µg/m³. Il valore relativamente alto anche nelle stazioni esterne all'area metropolitana torinese, in virtù dei prossimi obiettivi indicati dalla normativa comunitaria che prescrivono un valore di 20 µg/m³ come media annuale da raggiungere entro il 2010, impongono interventi strutturali che agiscano sulla riduzione delle emissioni primarie provenienti dai veicoli e dagli impianti di combustione. Alla luce degli orientamenti normativi che concentreranno l'attenzione anche sulle polveri più fini (PM_{2,5} e PM_{1,0} aventi rispettivamente diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 e 1,0 µm), bisognerà agire anche sulle fonti di emissione che emettono precursori quali gli ossidi di zolfo, gli ossidi di azoto, i composti organici volatili e l'ammoniaca, che contribuiscono alla frazione secondaria del particolato, in modo particolare per quello con minori dimensioni aerodinamiche.

I valori più alti si verificano in genere nei mesi invernali; nel corso del 2003 i mesi più critici sono stati febbraio e marzo; il massimo valore medio mensile si è misurato in marzo per tutte le stazioni tranne che per Carmagnola che ha presentato il massimo a febbraio. In corrispondenza nei mesi di febbraio e marzo 2003 si sono rilevate condizioni di alta pressione ed elevata stabilità atmosferica e i minimi di piovosità.

I valori medi mensili si riducono di più della metà nei mesi più caldi, periodo dell'anno in cui l'atmosfera è caratterizzata da condizioni che facilitano la dispersione degli inquinanti primari e in cui non è presente il contributo degli impianti di riscaldamento, l'altro fattore oltre al traffico veicolare maggiormente incidente sull'andamento del parametro. In figura 31 si può comparare l'andamento delle medie mensili di PM₁₀ con quello delle precipitazioni atmosferiche per le stazioni di rilevamento situate a Torino.

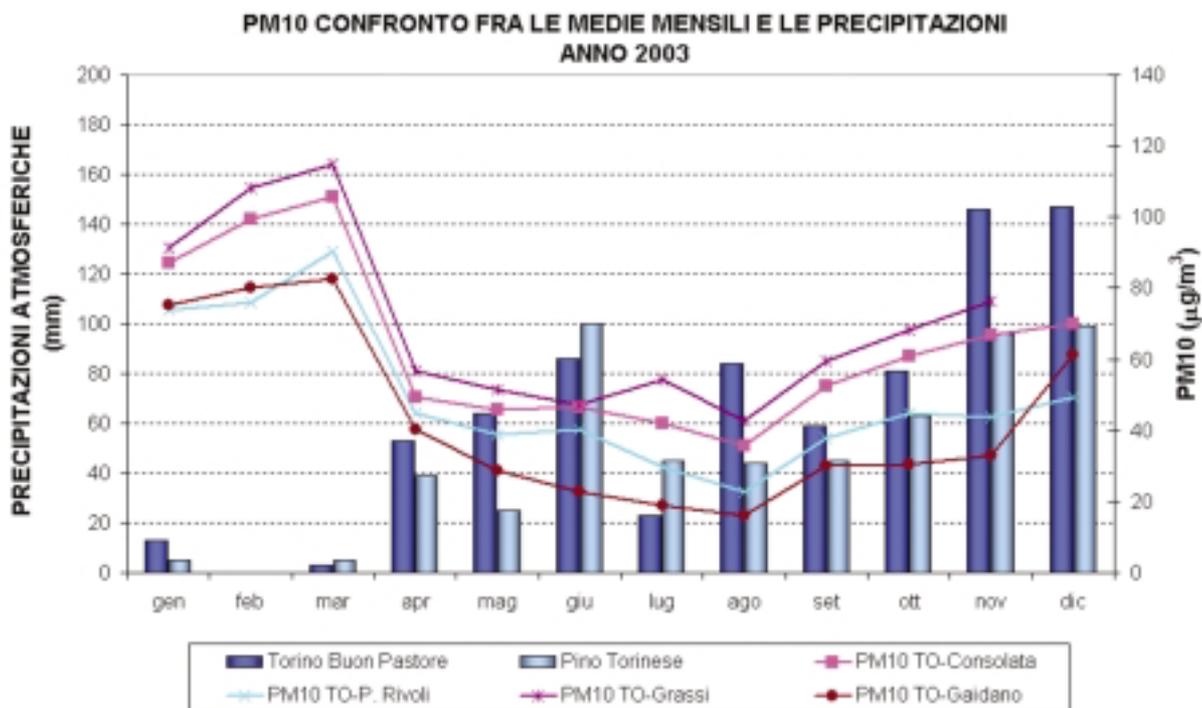


FIGURA 31: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di Torino nell'anno 2003 e delle precipitazioni atmosferiche.

Dall'esame dell'andamento dei dati come medie annuali, riportati nelle tabelle successive, per le stazioni per le quali si hanno serie storiche più lunghe (dal 1999 al 2003 nelle stazioni di via Consolata e di quella collocata presso l'ITIS Grassi a Torino) si evince una sostanziale omogeneità di valori. Il valore relativo all'anno 2003 della stazione Grassi è leggermente sottostimato a causa di un periodo di fermo strumentale accaduto nel mese di dicembre, normalmente caratterizzato da valori elevati. Per Torino-Consolata i valori sono stabili, a differenza di quanto emerge dall'osservazione dell'andamento dei dati relativi al particolato sospeso totale, che evidenziano una graduale diminuzione delle concentrazioni. Si riporta in figura 33 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di PM10 misurate nel triennio 2001-2003.

Particelle sospese totali

Attualmente non sono più previsti dalla legislazione italiana limiti per tale parametro, l'attenzione normativa si è focalizzata sulla frazione fine delle polveri (PM10), più pericolosa per la salute umana.

Può essere in ogni caso utile esaminare l'evoluzione della concentrazione delle polveri totali vista la lunga serie storica di dati, rilevati fin dagli inizi degli anni 80. Nel 2003 il livello di allarme, che era stabilito dal DM 25-11-94 pari a $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera, non è stato mai superato, mentre il livello di attenzione, pari alla metà del livello di allarme, è stato superato in tutte e 3 le centraline in cui attualmente vengono misurate le polveri totali. Inoltre, a conferma della criticità del periodo, l'83% dei superamenti è avvenuto nei mesi di gennaio, febbraio e marzo. 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) non è stato superato in nessuna stazione.

In figura 32 sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate nell'ultimo ventennio. Dal 1980 si è

registrata una diminuzione generalizzata del particolato sul territorio cittadino. Il miglioramento della qualità dell'aria relativamente al parametro PTS è più significativo in stazioni quali Rebaudengo e Lingotto che sono caratterizzate dalla presenza di elevato traffico ed impianti produttivi, rispetto alla stazione di via della Consolata che è rappresentativa di una realtà urbano/commerciale.

La progressiva dismissione delle industrie a maggiore impatto sull'ambiente, il miglioramento delle prestazioni ambientali di quelle ancora presenti e la diminuzione delle emissioni di particolato da parte degli autoveicoli sono i motivi principali del notevole decremento del particolato totale sospeso, tuttavia i frequenti superamenti del livello di attenzione confermano le criticità già emerse dall'analisi delle concentrazioni di PM10.

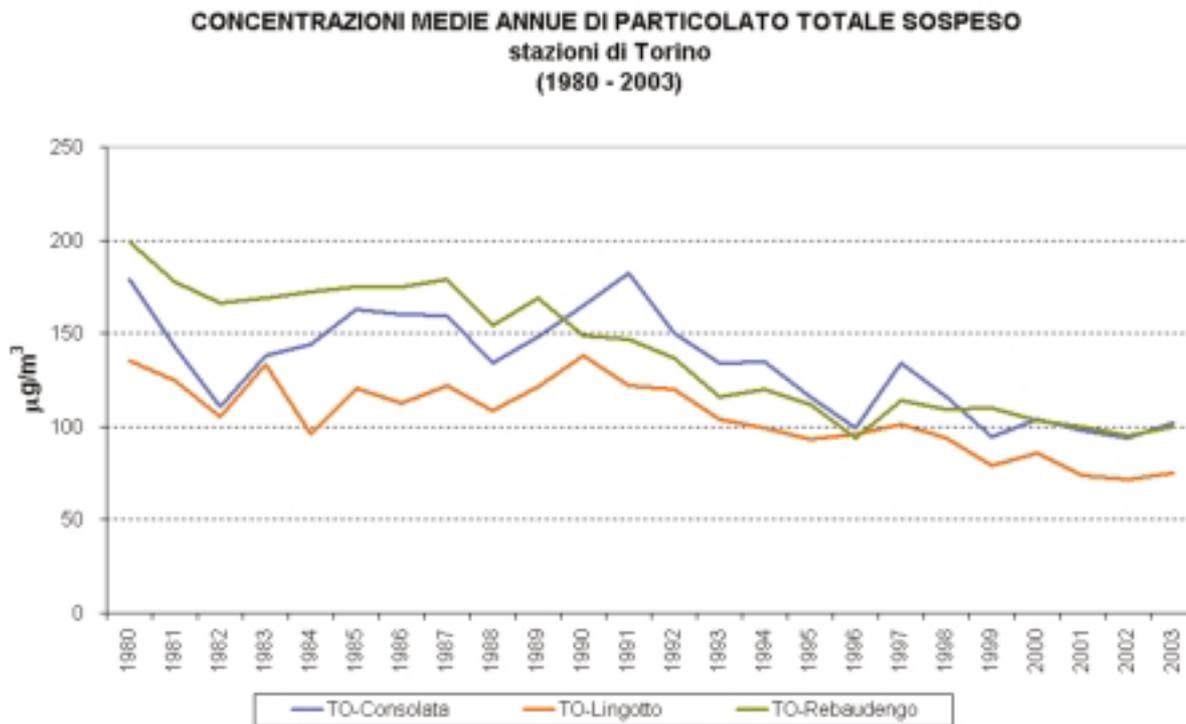


FIGURA 32: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino nell'ultimo ventennio.

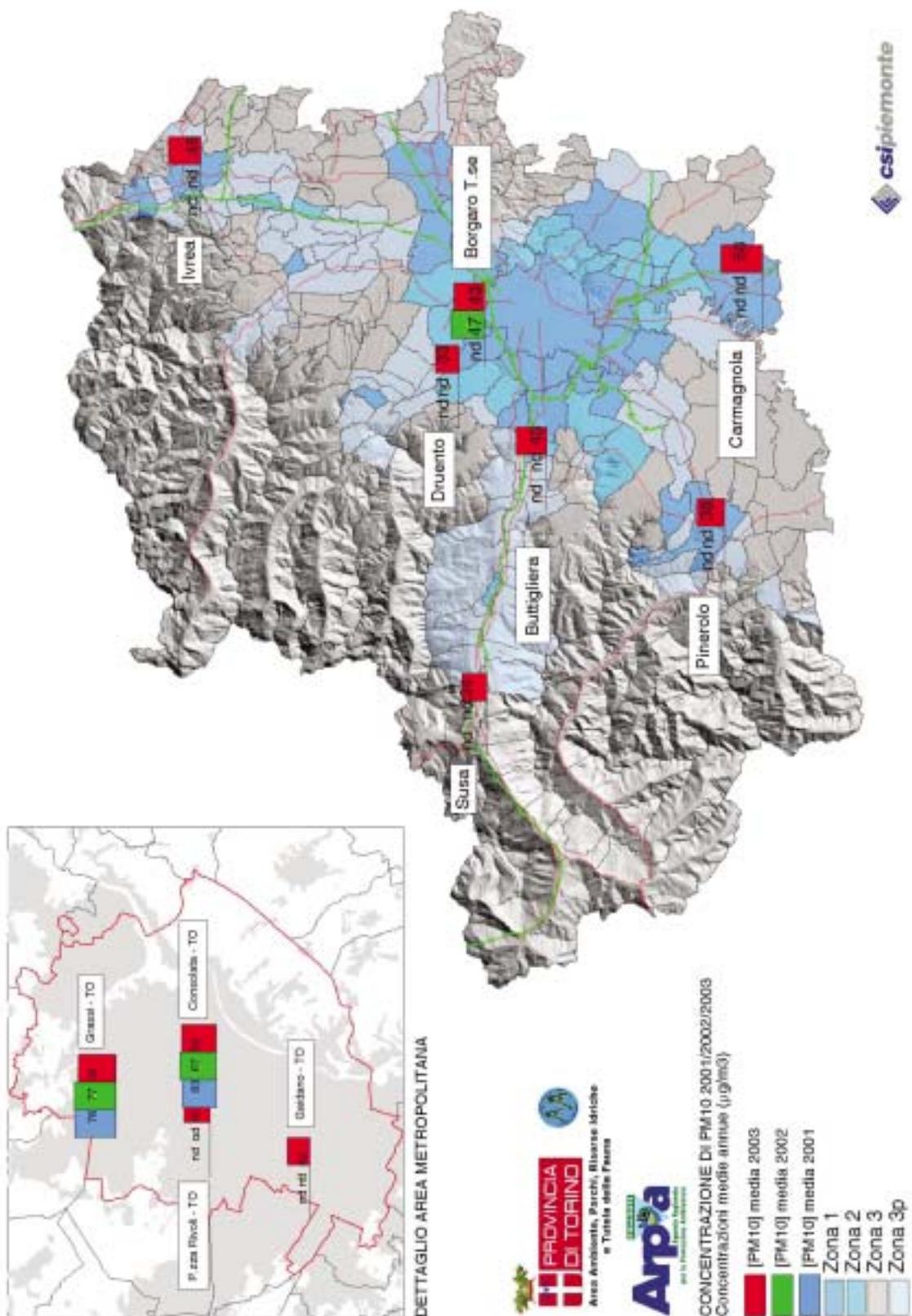


FIGURA 33: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di PM10 misurate negli anni 2001, 2002 e 2003

PM10 Stazione di TO-Consolata	Riepilogo annuale				Anno 2003 - dettaglio mensile												
	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	358	353	331	356	141	31	28	31	26	31	30	30	31	30	30	29	31
n° sup 50 µg/m³	193	198	186	214	84	26	24	29	12	10	10	10	3	13	18	17	21
Valore medio	64	67	63	71	68	87	100	106	49	46	47	42	36	53	61	67	70
Valore minimo	12	7	17	8	15	12	24	43	27	19	24	16	13	13	22	16	16
Valore massimo	165	243	179	222	200	165	157	155	90	94	67	64	56	111	115	120	156

TABELLA 19: stazione di TO-Consolata, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di TO-Grassi	Riepilogo annuale				Anno 2003 - dettaglio mensile												
	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	314	348	352	333	155	31	27	31	28	31	29	30	26	29	22	27	4
n° sup 50 µg/m³	200	251	254	264	98	25	24	27	16	13	14	19	9	18	16	19	0
Valore medio	70	77	76	82	64	92	108	115	57	51	47	54	43	60	68	76	20
Valore minimo	5	10	13	10	13	17	42	45	25	16	18	19	15	5	35	17	10
Valore massimo	173	256	197	222	215	170	164	173	101	110	76	82	72	98	119	136	28

TABELLA 20: stazione di TO-Grassi, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Borgaro	Riepilogo annuale				Anno 2003 - dettaglio mensile												
	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	336	335	135	31	27	28	26	26	31	27	26	23	23	30	30	30	27
n° sup 50 µg/m³	103	125	67	18	20	24	2	2	2	0	0	0	8	8	6	8	15
Valore medio	43	47	52	57	63	77	38	30	30	29	25	24	35	39	39	40	55
Valore minimo	4	4	4	22	14	34	17	11	7	7	9	4	4	4	8	15	6
Valore massimo	118	178	131	96	98	118	66	54	43	43	42	48	109	109	72	89	109

TABELLA 21: stazione di Borgaro, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di TO-Gaidano	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	349	196	31	24	25	30	31	30	31	28	30	31	30	28
n° sup 50 µg/m³	102	50	24	19	23	6	0	0	0	1	4	2	6	17
Valore medio	42	36	75	80	82	40	29	23	19	16	30	31	33	61
Valore minimo	1	5	12	26	34	15	16	10	5	4	7	1	2	6
Valore massimo	162	107	162	134	148	77	49	32	32	95	68	61	63	132

TABELLA 22: stazione di TO-Gaidano, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di TO-Rivoli	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	328	212	23	21	31	30	25	30	31	25	25	31	30	26
n° sup 50 µg/m³	129	73	18	16	30	12	4	4	1	0	8	12	11	13
Valore medio	49	44	74	76	90	45	39	40	30	23	38	45	44	49
Valore minimo	5	7	26	22	48	17	16	20	13	12	9	11	13	5
Valore massimo	140	132	139	133	140	82	74	57	58	34	68	74	79	86

TABELLA 23: stazione di TO-Rivoli, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Buttigliera	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	337	61	31	28	29	28	30	23	31	31	22	24	30	30
n° sup 50 µg/m³	108	19	13	22	26	4	0	3	1	1	5	8	12	13
Valore medio	43	42	46	71	78	36	29	35	28	25	34	42	45	46
Valore minimo	4	8	6	15	29	17	6	13	9	4	6	16	8	6
Valore massimo	128	105	101	118	128	81	47	67	51	57	77	77	117	101

TABELLA 24: stazione di Buttigliera, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Carmagnola	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	344	56	31	28	31	30	27	24	27	31	30	31	30	24
n° sup 50 µg/m³	170	25	20	27	29	10	10	4	8	3	15	12	14	18
Valore medio	58	50	62	100	96	48	46	43	42	34	54	48	49	73
Valore minimo	8	13	18	39	43	21	26	23	19	11	15	16	10	8
Valore massimo	147	136	133	139	137	96	70	73	60	82	96	100	108	147

TABELLA 25: stazione di Carmagnola, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Druento	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	303	42	29	27	31	30	23	18	24	11	26	31	25	28
n° sup 50 µg/m³	59	7	5	15	20	1	0	1	3	0	3	2	6	3
Valore medio	33	30	35	47	58	33	23	22	30	20	27	28	31	30
Valore minimo	4	7	16	4	18	7	11	5	7	7	4	8	5	4
Valore massimo	109	67	71	84	109	83	48	54	82	32	62	61	67	85

TABELLA 26: stazione di Druento, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Ivrea	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	295	61	31	28	31	30	31	20	31	16	2	28	29	18
n° sup 50 µg/m³	85	23	12	21	29	5	1	0	0	1	0	3	6	7
Valore medio	45	48	52	75	89	36	29	28	21	29	24	34	38	51
Valore minimo	4	5	6	8	33	16	15	13	5	12	14	12	11	4
Valore massimo	142	139	126	119	142	69	52	48	33	64	34	81	83	142

TABELLA 27: stazione di Ivrea, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Pinerolo	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	347	54	29	28	31	30	31	24	26	30	30	31	29	28
n° sup 50 µg/m³	84	14	11	19	25	2	1	2	1	0	5	6	8	4
Valore medio	38	36	42	60	69	33	28	33	29	26	32	34	33	31
Valore minimo	5	6	6	12	19	13	11	20	11	5	8	11	8	6
Valore massimo	124	91	89	124	117	54	57	54	54	45	65	79	78	60

TABELLA 28: stazione di Pinerolo, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

PM10 Stazione di Susa	Riepilogo annuale		Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	320	34	31	28	31	30	31	23	25	25	30	15	24	27
n° sup 50 µg/m³	59	5	6	16	21	2	4	1	3	0	1	2	1	2
Valore medio	34	31	32	55	56	30	35	25	35	23	24	31	26	26
Valore minimo	4	5	5	11	19	10	12	9	14	4	5	6	4	4
Valore massimo	108	73	59	98	91	55	108	56	69	40	63	70	60	67

TABELLA 29: stazione di Susa, parametro PM10, valutazione statistica anno 2003.

Polveri Totali Stazione di TO-Consolata	Riepilogo annuale												Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	2001	2000	1999	1998	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic						
n° prelievi	326	331	311	304	332	329	31	28	30	28	31	26	31	31	13	31	19	27						
n° sup liv. attenzione 150 µg/m³	47	42	39	51	43	68	9	13	19	0	0	0	0	0	0	2	0	4						
n° sup liv. allarme 300 µg/m³	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Valore medio	102	94	98	104	95	115	118	139	157	86	89	82	81	63	100	95	103	108						
Valore minimo	28	17	34	28	15	22	37	61	66	41	50	47	43	38	69	34	28	31						
Valore massimo	220	296	234	268	264	334	220	211	218	129	129	138	115	91	144	156	146	192						
95° percentile	183	187	179	213	186	218																		

TABELLA 30: stazione di TO-Consolata, parametro polveri totali, valutazione statistica anno 2003.

Polveri Totali Stazione di TO-Lingotto	Riepilogo annuale												Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	2001	2000	1999	1998	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic						
n° prelievi	358	348	362	303	362	350	31	27	31	30	31	30	30	30	29	30	30	29						
n° sup liv. attenzione 150 µg/m³	22	19	16	38	25	43	2	4	10	0	0	0	2	0	0	0	0	4						
n° sup liv. allarme 300 µg/m³	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Valore medio	75	72	74	86	79	94	88	106	121	60	65	54	68	49	71	68	68	84						
Valore minimo	7	10	20	14	7	19	20	34	46	23	35	33	26	27	20	27	17	7						
Valore massimo	191	281	225	244	207	332	191	172	179	93	141	89	185	84	133	118	129	175						
95° percentile	155	155	139	181	162	185																		

TABELLA 31: stazione di TO-Lingotto, parametro polveri totali, valutazione statistica anno 2003.

Polveri Totali Stazione di TO-Rebaudengo	Riepilogo annuale												Anno 2003 - dettaglio mensile											
	2003	2002	2001	2000	1999	1998	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic						
n° prelievi	337	325	302	365	285	348	27	23	31	30	31	30	24	27	28	31	30	25						
n° sup liv. attenzione 150 µg/m³	58	33	49	62	62	61	9	18	22	0	0	0	0	0	0	0	0	9						
n° sup liv. allarme 300 µg/m³	0	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Valore medio	100	95	100	103	110	109	120	163	163	90	80	76	73	58	82	95	90	119						
Valore minimo	8	13	29	19	6	28	8	42	75	38	51	35	40	36	31	40	26	14						
Valore massimo	246	293	326	264	322	305	246	239	242	139	137	120	109	82	145	146	150	211						
95° percentile	189	171	202	204	220	213																		

TABELLA 32: stazione di TO-Rebaudengo, parametro polveri totali, valutazione statistica anno 2003.

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici con due o più anelli aromatici fusi. Hanno una solubilità relativamente bassa in acqua e sono altamente lipofili.

Le sorgenti principali degli IPA, presenti nell'aria, sono i processi di combustione degli autoveicoli e del riscaldamento domestico che utilizza combustibili liquidi o solidi. Per quanto riguarda i processi di combustione degli autoveicoli, i motori a benzina senza catalizzatore (specie quelli dei motorini a due tempi) e quelli diesel presentano concentrazioni di IPA in emissione comparabili e piuttosto elevate; la presenza del catalizzatore nei veicoli a benzina riduce invece del 90% le concentrazioni di BaP (benzo(a)pirene) nei gas di scarico.

Gli IPA nelle emissioni veicolari possono derivare da composti già presenti nel carburante, da neoformazione durante la combustione o da perdite di oli lubrificanti. È importante ricordare che la quantità di IPA emessi aumenta con il contenuto di idrocarburi aromatici presenti nel carburante, sia benzina che gasolio.

La ripartizione degli IPA tra fase volatile e fase particellare nei gas di scarico dipende, in buona misura, dalla tipologia di alimentazione: nelle emissioni dei veicoli a benzina gli IPA più leggeri sono associati principalmente alla fase vapore; nelle emissioni di veicoli diesel, dove si riscontra una più alta percentuale di materiale particellare, gli IPA sono soprattutto legati alle particelle.

La parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il metano per il riscaldamento domestico ha ridotto di molto l'emissione di IPA da tale sorgente mentre alcuni insediamenti industriali possono ancora dare origine ad emissioni quantitativamente importanti. In ambienti confinati il fumo di sigaretta è un'importante fonte di inquinamento da IPA.

La maggior parte degli IPA con una bassa volatilità sono adsorbiti sul particolato dove possono subire processi di fotodecomposizione da parte della componente ultravioletta della radiazione solare. Nell'atmosfera, gli IPA possono inoltre reagire con le sostanze inquinanti quali ozono, ossidi d'azoto e biossido di zolfo generando classi di sostanze come azaareni e nitroderivati.

È importante sottolineare che, nelle diverse città soggette a monitoraggio, il cosiddetto "profilo degli IPA" (rapporto quantitativo dei singoli IPA sul totale degli IPA presenti nell'aria di una città) è costante nel tempo, per cui il benzo(a)pirene (BaP), il più studiato della classe, viene spesso utilizzato quale indicatore di esposizione dell'intera classe degli IPA.

Le concentrazioni di IPA presenti in atmosfera presentano un'elevata variabilità stagionale. In Italia si sono rilevate concentrazioni medie mensili 10 volte superiori in inverno rispetto all'estate. Per tale motivo è necessario utilizzare le concentrazioni medie annuali per stimare, sul lungo periodo, l'esposizione individuale. In merito alla tossicità, oltre al benzo(a)pirene, si devono considerare altri IPA presenti nelle emissioni veicolari: il benzo(a)antracene, l'indenopirene.

A titolo informativo questi ultimi tre composti sono stati recentemente proposti quali "IPA cancerogeni" dall'Istituto Superiore di Sanità, ai fini di una stima del rischio sanitario di esposizione umana, insieme ai seguenti altri IPA: benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(j)fluorantene, dibenzo(a,h)antracene (Rapporto ISTISAN n° 91/27, 1991). Ciò in quanto detti composti sono stati classificati, nel 1987, quali probabili e possibili cancerogeni per l'uomo, secondo lo I.A.R.C. (International Association for Cancer Research), e contemporaneamente sono i più frequenti e i più abbondanti tra gli IPA presenti nell'ambiente.

La Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale ha raccomandato un valore guida di 1 ng/m³ per la concentrazione media annuale di BaP, misurata nei luoghi a più alto inquinamento. Tale raccomandazione è stata successivamente recepita nella legislazione italiana nel DM 25/11/94.

La commissione ha stimato che, ad un'esposizione media annua di BaP compresa tra 0,1 e 2 ng/m³, sarebbe attribuibile una proporzione di tumori polmonari variabile tra lo 0,003 e il 0,1% rispetto a tutti i tumori polmonari diagnosticati in Italia.

Per quanto riguarda la dinamica di movimento degli IPA nell'ambiente, si può dire che nel caso delle combustioni veicolari si verifica una veloce condensazione degli IPA in fase vapore ed una rapida

sedimentazione della fase particellare più grossolana.

Inoltre le condizioni meteorologiche agiscono evidentemente sulla dispersione, in particolare il vento, che può trasportare il particolato anche a grandi distanze, e la pioggia, che favorisce la ricaduta al suolo.

DANNI CAUSATI

L'assorbimento degli IPA è di tipo lipo-solubile ed avviene principalmente tramite il polmone, e la pelle dei mammiferi. Secondo i più recenti studi alcuni composti policiclici aromatici presentano caratteristiche di tossicità ed attività cancerogena.

In particolare, si hanno evidenze della cancerogenicità del benzo(a)pirene poiché gli esperimenti in vitro hanno dimostrato la citotossicità di tale composto sulle cellule dei polmoni degli animali da laboratorio e degli esseri umani, dove sono causa dell'insorgenza di forme iperplasiche. Anche gli esperimenti in vivo, fatti in laboratorio, hanno fatto osservare numerosi casi di riduzione dei leucociti nel sangue e di depressione del midollo osseo con distruzione quasi completa delle cellule emopoietiche. Secondo stime dell'OMS, nove persone su centomila esposte ad una concentrazione di 1 ng/m³ di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro.

Tali dati, sebbene limitati, presuppongono una correlazione tra il grado di immunosoppressività e la potenza cancerogena degli IPA.

METODO DI MISURA

La frazione inalabile del particolato (PM₁₀) contenuta in un volume noto di aria viene raccolta su filtro in fibra di vetro o di quarzo; tale filtro viene successivamente sottoposto ad estrazione con cicloesano e sull'estratto gli I.P.A. vengono quantificati mediante un metodo di cromatografia liquida con rivelatore a fluorescenza.

ESAME DEI DATI

L'obiettivo di qualità dell'aria in vigore dal 01/01/1999 per il benzo(a)pirene è pari a 1 ng/m³ come media annuale. Per un esame corretto dei dati occorre considerare che:

- Per le stazioni di Consolata, Grassi, Ivrea e Druento sono stati analizzati campioni mensili, ognuno dei quali costituito da 7 filtri su cui era stato raccolto particolato PM₁₀;
- Per le altre stazioni sono stati analizzati campioni trimestrali, ognuno dei quali costituito da 12 filtri su cui era stato raccolto particolato PM₁₀;
- nel calcolo delle medie i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati posti pari al limite di rilevabilità.

L'obiettivo di qualità di 1 ng/m³ come media annuale è rispettato in 7 siti su 11, come si può osservare dai valori medi per l'anno 2003 riportati nelle tabelle relative alle concentrazioni annuali di IPA (tabelle 33 - 43).

Le concentrazioni più elevate e superiori al valore obiettivo di BaP sono state registrate nei siti caratterizzati da traffico veicolare intenso (To-Consolata 1.06 ng/m³, To-Grassi 1.10 ng/m³, Ivrea 1.33 ng/m³, Carmagnola 1.02 ng/m³) ma, in ogni caso, anche in queste stazioni le concentrazioni non presentano valori particolarmente elevati. Nella stazione di Druento, che è posizionata lontano da fonti di inquinamento di natura antropogenica, si è invece misurato il valore medio annuo di benzo(a)pirene più basso, pari a 0.39 ng/m³.

Si segnala inoltre che il valore annuale della stazione To-Grassi potrebbe essere sottostimato in quanto i dati relativi al mese di dicembre 2003, periodo dell'anno tradizionalmente caratterizzato da valori elevati di BaP, sono largamente incompleti.

I dati del 2003 confermano l'andamento annuale osservato negli anni precedenti con concentrazioni di benzo(a)pirene e degli altri IPA sensibilmente maggiori nei mesi invernali rispetto al periodo estivo, come si può osservare nei grafici riportati in figura 34.

Come noto il periodo invernale è caratterizzato da condizioni meteo-climatiche non favorevoli alla

dispersione degli inquinanti e inoltre, in tale stagione, sono operativi gli impianti di riscaldamento domestico che rappresentano un'ulteriore fonte di IPA. Tutti i valori massimi rilevati sono stati infatti registrati nei mesi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre.

Nel periodo estivo in tutte le stazioni si sono registrati valori inferiori al limite di rilevabilità, soprattutto per le condizioni climatiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti e per la presenza di temperature più elevate e di intensa radiazione solare, che favoriscono la degradazione degli IPA nel giro di qualche giorno.

Si può quindi affermare che le concentrazioni alle quali la popolazione è esposta, variano nel corso dell'anno in maniera non trascurabile in funzione delle condizioni meteo-climatiche.

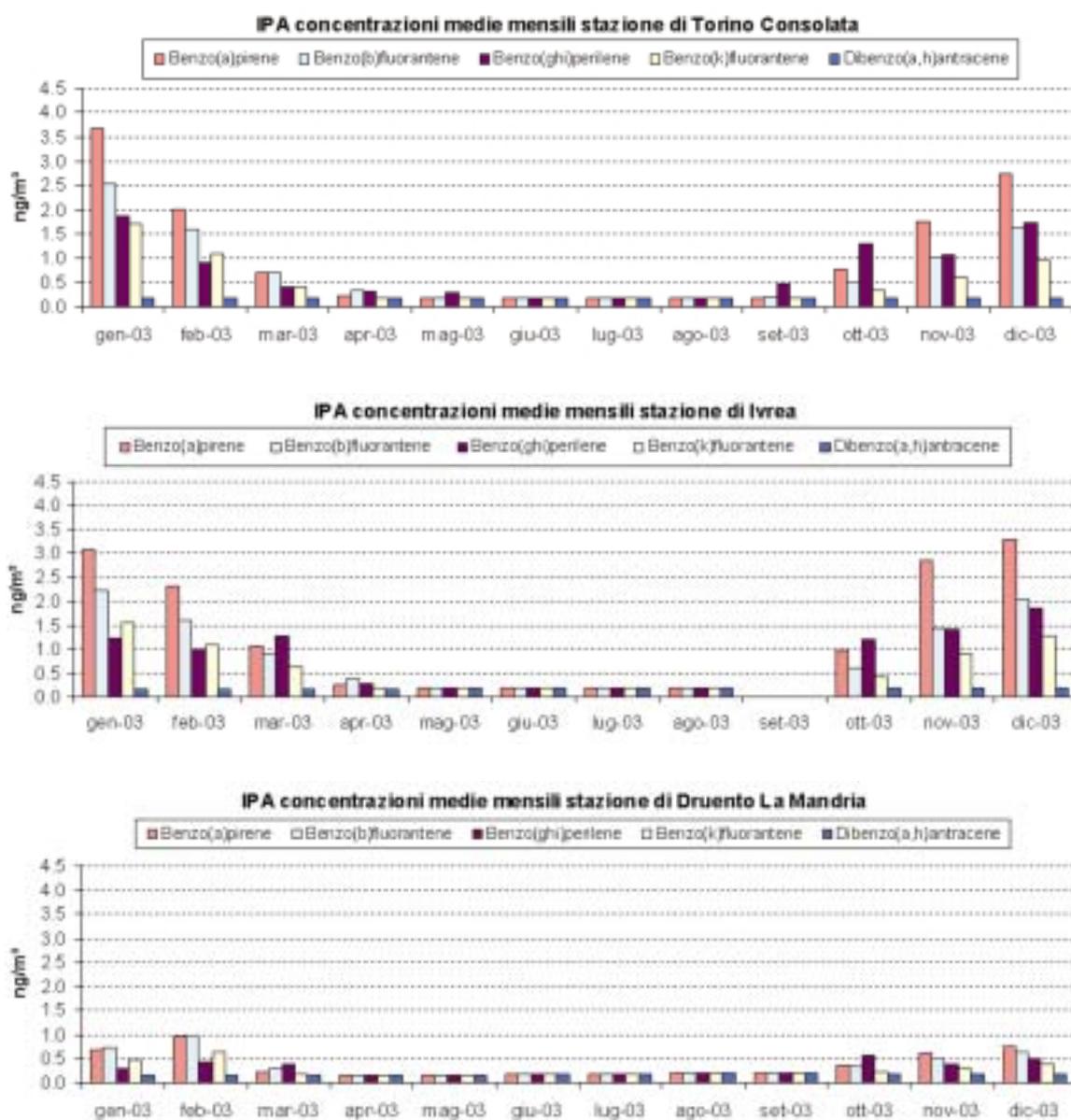


FIGURA 34: IPA, valori medi mensili in tre stazioni di riferimento.

Stazione di Torino Via della Consolata	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	12	12	12	12	12	12
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	1.06	0.77	0.74	0.51	0.17	1.17
valore massimo	3.68	2.53	1.87	1.70	0.17	2.22

TABELLA 33: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Torino Via Consolata. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Torino I.T.I.S. Grassi	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	11	11	11	11	11	11
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	1.10	0.76	0.72	0.54	0.17	1.32
valore massimo	4.24	2.78	1.81	2.00	0.18	3.47

TABELLA 34: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Torino ITIS Grassi. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Ivrea	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	11	11	11	11	11	11
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	1.33	0.90	0.82	0.62	0.17	1.46
valore massimo	3.31	2.22	1.87	1.53	0.19	2.96

TABELLA 35: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Ivrea. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Druento	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	12	12	12	12	12	12
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.39	0.38	0.31	0.28	0.17	0.89
valore massimo	0.96	0.98	0.57	0.66	0.20	1.00

TABELLA 36: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Druento (La Mandria). * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Torino P.zza Rivoli	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.84	0.61	0.85	0.40	0.10	0.87
valore massimo	1.65	1.31	2.23	0.85	0.10	1.26

TABELLA 37: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Torino P.zza Rivoli. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Torino Via Gaidano (TO)	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.96	0.72	0.96	0.51	0.10	1.06
valore massimo	2.19	1.41	1.94	0.98	0.10	1.84

TABELLA 38: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Torino Via Gaidano. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Borgaro	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.93	0.70	0.72	0.50	0.10	0.97
valore massimo	2.12	1.36	1.47	0.98	0.10	1.57

TABELLA 39: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Borgaro. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Buttigliera	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.94	0.67	0.69	0.49	0.11	0.99
valore massimo	2.06	1.33	1.44	0.96	0.13	1.77

TABELLA 40: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Buttigliera. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Carmagnola	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	1.02	0.69	0.65	0.47	0.48	0.66
valore massimo	2.27	1.29	1.46	0.87	1.24	1.14

TABELLA 41: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Carmagnola. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico

Stazione di Susa	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.86	0.61	0.57	0.46	0.10	0.89
valore massimo	2.13	1.36	1.06	0.98	0.11	1.51

TABELLA 42: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Susa. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico.

Stazione di Pinerolo	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
ANNO 2003	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
n° prelievi	4	4	4	4	4	4
valore minimo	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.	< L.R.
valore medio	0.58	0.42	0.50	0.32	0.10	0.81
valore massimo	1.24	0.80	1.00	0.59	0.11	1.26

TABELLA 43: concentrazioni annuali degli IPA presso la stazione di Pinerolo. * L.R. Limite di Rilevabilità del metodo analitico.

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 delle amministrazioni comunali e di specifici obiettivi individuati dagli organismi di coordinamento ARPA- Provincia di Torino.

La stazione mobile è dotata di sensori in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri totali sospese, ozono e dei principali parametri meteorologici. Per adeguare la dotazione a quanto previsto dal D.M. 60/2002, dal novembre 2002 è stato installato sulla stazione mobile un campionatore di PM10 conforme alle specifiche di legge.

Di norma, in ognuno dei siti vengono effettuate campagne di monitoraggio in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno, in modo da tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche ed in particolare di stabilità atmosferica.

Nell'anno 2003 sono state realizzate campagne di rilevamento in 7 comuni, la localizzazione dei punti di monitoraggio è indicata in figura 35.

Tutti i siti monitorati sono stati oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Ambiente della Provincia di Torino.

Per ogni campagna di monitoraggio si riporta nel presente capitolo una breve scheda riassuntiva, che descrive il confronto con i valori limite a oggi in vigore in relazione all'esposizione acuta (D.M. 60/2002 per SO₂, NO₂, CO e PM10, e D.M. 16/5/1996 per quanto riguarda l'O₃). Per completezza di trattazione sono indicati in tabella anche i superamenti dei livelli di attenzione e di allarme per il parametro PTS (Particelle Sospese Totali) previsti dal D.M. 25/11/94, che sono stati abrogati a partire dall'aprile 2002 con l'entrata in vigore del citato D.M. 60/2002.

In ogni tabella il numero di superamenti viene espresso, oltre che in termini assoluti, anche in percentuale, in modo da fornire un'indicazione che tenga conto della durata della campagna di monitoraggio. La percentuale è riferita al numero di unità temporali a cui fa riferimento il valore limite di confronto, cioè al numero massimo teorico di superamenti; nel caso di un valore limite espresso come concentrazione media oraria, ad esempio, la percentuale è riferita al numero totale di dati orari validi.

I dati acquisiti tramite mezzo mobile consentono di integrare le valutazioni sulla qualità dell'aria sul territorio provinciale e di permettere agli amministratori comunali di valutare l'adozione di interventi al fine di migliorare la qualità dell'aria del proprio territorio, dove possono esserci situazioni specifiche, quali ad esempio la presenza di vie di comunicazione o di unità produttive.

Quest'anno quasi tutte le richieste provenienti dai Comuni sono state motivate dall'esigenza di valutare la qualità dell'aria in punti caratterizzati da elevate emissioni provenienti da traffico veicolare, al fine di verificare le strategie, laddove adottate, sulle limitazioni del traffico urbano e gli interventi sulla viabilità attuati nel territorio provinciale. Nel caso del Comune di Mattie, la campagna è stata richiesta per la presenza nelle vicinanze di una discarica.

In linea generale si può dire che i dati provenienti dai rilevamenti temporanei con mezzo mobile confermano la situazione emersa dall'analisi dei dati della rete fissa, si sono infatti registrati valori di molto inferiori ai limiti per le concentrazioni di inquinanti quali il CO e il SO₂, mentre sono emerse, quali problematiche comuni, in periodo invernale i superamenti del valore limite di PM10, che sono avvenuti però, pur se con minore frequenza, anche nel periodo estivo, stagione in cui l'inquinante più critico è l'O₃. In relazione a questo inquinante nel periodo luglio-agosto, in cui si sono registrati i valori massimi di temperatura e minimi di umidità relativa, il laboratorio mobile era situato nel comune di Avigliana e il valore limite per la protezione della salute umana è stato superato per il 39% dei dati validi. Per quanto riguarda il biossido di azoto il valore medio orario massimo si è registrato nel comune di Borgone di Susa nel periodo 19 marzo - 14 aprile 2003 (175 µg/m³), a causa del traffico pesante in circolazione, ma comunque in nessuna campagna è stato superato il valore limite per la protezione della salute umana di 200 µg/m³ come valore medio orario.

Per il Comune di Chieri erano disponibili dati relativi ad una campagna di monitoraggio eseguita nel 1998, pertanto è stato possibile effettuare un confronto tra i dati allora rilevati e quelli misurati nel 2003. Per alcuni inquinanti, quali il CO, gli NO_x e l'SO₂, i valori misurati nel 1998 sono superiori a quelli del 2003, sia come media sia come massimo. Naturalmente è opportuno considerare il fatto che le condizioni meteorologiche possono aver influito parzialmente sulle capacità dispersive dell'atmosfera ma, in ogni caso, l'esame delle serie storiche relative ai dati della città di Torino conferma, tranne che per gli ossidi di azoto, questo trend decrescente.

Gli sforzi compiuti in questi anni dalla collettività, con l'adozione di misure quali interventi strutturali sulla viabilità e il rinnovamento del parco veicoli, hanno quindi portato benefici tangibili.

Il PM10, misurato nel periodo invernale della campagna, è stato superiore al limite di 50 µg/m³ per 26 giorni su 27 di campionamento, il che evidenzia una criticità comune alle aree di contesto urbano sottoposte a traffico veicolare intenso.

Nel caso del Comune di Carmagnola, visto che sul territorio comunale era già presente una stazione di rilevamento presso un'arteria viaria caratterizzata da traffico intenso, si è scelta una collocazione soggetta ad un traffico più modesto, tipicamente urbano, che verosimilmente meglio rappresenta il grado di esposizione dei cittadini agli agenti inquinanti.

Interessante è stato osservare che i dati del parametro PM10 misurati nei due siti sono quasi sovrapponibili sia come andamento che come valore. Tale risultato dimostra che, per il parametro PM10, la stazione fissa è anche rappresentativa del livello di inquinamento da PM10 del centro abitato.

Nel caso della campagna di Carignano l'andamento del PM10 nel mese invernale di rilevamento è analogo a quello rilevato dalla stazione fissa di Carmagnola anche se i valori, in termini assoluti, sono inferiori di circa 10 µg/m³ rispetto alla stazione fissa.

Nel caso del comune di Caselle il confronto dei dati può essere effettuato con la stazione fissa di Borgaro, ed in effetti anche in questo caso si osserva che l'andamento delle polveri fini nel periodo monitorato è molto simile per entrambi i siti.

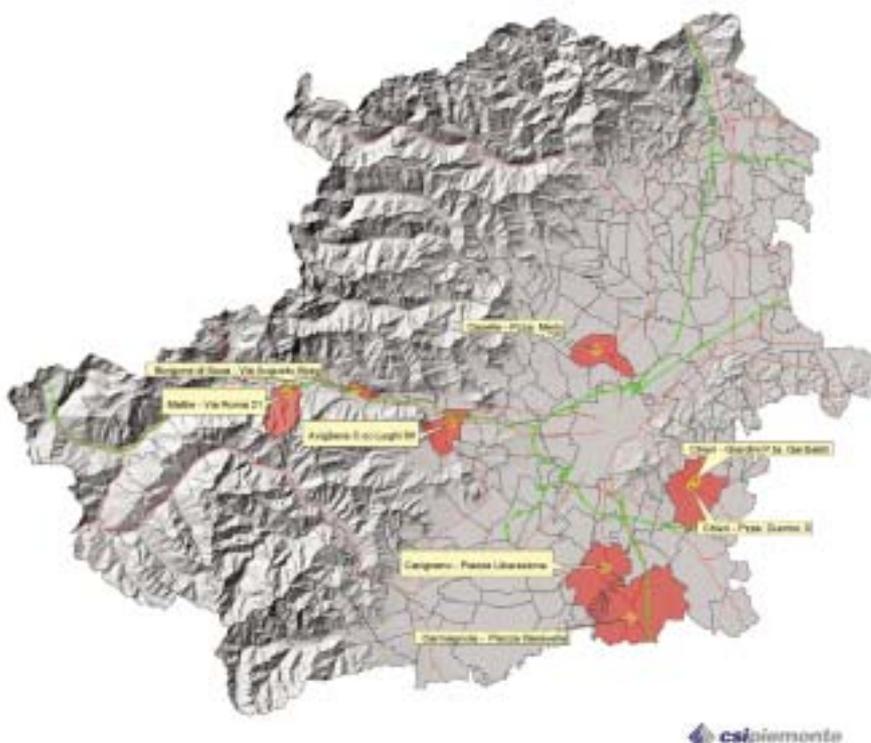


FIGURA 35: campagne di monitoraggio effettuate con il laboratorio mobile nell'anno 2003.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BORGONE DI SUSA

Periodo di monitoraggio: 19 Marzo – 14 Aprile 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Livello di attenzione				Soglia – Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione			
			Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%
SO ₂	DM 60/2002	100	17 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0	17 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0								
NO ₂	DM 60/2002	100	7 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0	175 µg/m ³ (1)	400 µg/m ³	0	0								
CO	DM 60/2002	100	1.2 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0	175 µg/m ³ (3)											
PM10	DM 60/2002	100	107 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	16	59												
O ₃	DM 16/05/96	100	154 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	73	11	171 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	171 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	171 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
															112 µg/m ³ (2)	65 µg/m ³	9	33

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

FIGURA 38: Comune di Borgone di Susa – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Livello di attenzione				Soglia - Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione								
			Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%					
SO ₂	DM 60/2002	97	7 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0																	
			5 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0																	
NO ₂	DM 60/2002	97	128 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0																	
			1.5 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0																	
CO	DM 60/2002	100	81 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	6	22																	
PM10	DM 60/2002	100	174 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	126	20																	
			195 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	4	1																	
O ₃	DM 16/05/96	97																					
			195 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0																	
			123 µg/m ³ (2)	65 µg/m ³	18	69																	

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

FIGURA 39: Comune di Carmagnola – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI MATTIE

Periodo di monitoraggio: 14 Maggio – 9 Giugno 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Livello di attenzione				Soglia – Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione							
			Valore medio massimo	Valore di riferimento	n° superamenti	% superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n° superamenti	% superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n° superamenti	% superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n° superamenti	% superamenti				
SO ₂	DM 60/2002	58	3 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0																
NO ₂	DM 60/2002	59	3 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0																
CO	DM 60/2002	43	34 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0																
PM10	DM 60/2002	93	0,9 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0																
O ₃	DM 16/05/96	57	39 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	0	-	182 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	1	0,3	182 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	182 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0	120 µg/m ³ (2)	65 µg/m ³	9	82

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

FIGURA 40: Comune di Mattie – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI CARIGNANO

Periodo di monitoraggio: 11 Giugno – 14 Luglio 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana			Livello di attenzione			Soglia – Livello* di allarme			Soglia per la protezione della vegetazione						
			Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %				
SO ₂	DM 60/2002	89	8 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	34	5	249 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	13	2
			4 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0												
NO ₂	DM 60/2002	89	133 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	34	5	249 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	13	2
CO	DM 60/2002	89	1.7 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0	249 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	34	5	249 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	13	2
PM10	DM 60/2002	85	84 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	7	24	249 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	34	5	249 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	13	2
O ₃	DM 16/05/96	86	196 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	177	25	249 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	34	5	249 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	249 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	13	2

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

- (1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

FIGURA 41: Comune di Carignano – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI AVIGLIANA

Periodo di monitoraggio: 16 Luglio – 18 Agosto 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Livello di attenzione				Soglia – Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione			
			Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%
SO ₂	DM 60/2002	63	10 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0												
			3 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0												
NO ₂	DM 60/2002	100	86 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0												
CO	DM 60/2002	87	1.2 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	-												
PM10	DM 60/2002	100	60 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	1	3												
O ₃	DM 16/05/96	91	222 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	288	39	269 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	65	9	269 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	269 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	29	4
																145 µg/m ³ (2)	65 µg/m ³	26

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

FIGURA 42: Comune di Avigliana – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI CHIERI
Periodo di monitoraggio: 20 Agosto – 18 Settembre 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana				Livello di attenzione				Soglia – Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione							
			Valore medio periodo	Valore massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%			
SO ₂	DM 60/2002	76	17 µg/m ³ (1)	6 µg/m ³ (2)	350 µg/m ³	125 µg/m ³	200 µg/m ³	10 mg/m ³ (4)	83 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	17 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	78	89 µg/m ³ (1)	1.3 mg/m ³ (4)	200 µg/m ³	10 mg/m ³ (4)	83 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	179 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	92 µg/m ³ (2)	65 µg/m ³	0	0	89 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	73	1.6 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
PM10	DM 60/2002	87	83 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
O ₃	DM 16/05/96	85	164 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	110 µg/m ³	110 µg/m ³	110 µg/m ³	110 µg/m ³	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	77	1.6 µg/m ³ (5)	5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (6)	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	179 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	179 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

- (1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive
- (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)
- (5) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (6) Concentrazione media annuale

FIGURA 43: Comune di Chieri – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI MATTIE

Periodo di monitoraggio: 25 Settembre – 20 Ottobre 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione salute umana			Livello di attenzione			Soglia – Livello* di allarme			Soglia per la protezione della vegetazione			
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	superamenti n°	superamenti %
SO ₂	DM 60/2002	57	13 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	350 µg/m ³				13 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	500 µg/m ³			0	0
			7 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	125 µg/m ³									0	0
NO ₂	DM 60/2002	86	84 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	200 µg/m ³				84 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	400 µg/m ³			0	0
			1.0 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)										
PM10	DM 60/2002	100	88 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	7	27								
			90 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	110 µg/m ³										
O ₃	DM 16/05/96	86	1.5 µg/m ³ (5)	5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (6)				113 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	180 µg/m ³			0	0
			113 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³ (1)										
C ₆ H ₆	DM 60/2002	69							64 µg/m ³ (2)	65 µg/m ³	65 µg/m ³			0	0

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

(5) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (6) Concentrazione media annuale

FIGURA 44: Comune di Mattie – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI CARIGNANO

Periodo di monitoraggio: 22 Ottobre – 17 Novembre 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione salute umana				Livello di attenzione				Soglia – Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione				
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n° %				
SO ₂	DM 60/2002	70	36 µg/m ³ (1)	36 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0												
NO ₂	DM 60/2002	75	13 µg/m ³ (2)	137 µg/m ³ (1)	125 µg/m ³	0	0												
CO	DM 60/2002	77	2,6 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	200 µg/m ³ (4)	0	0												
PM10	DM 60/2002	100	113 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	17	63												
O ₃	DM 16/05/96	70	48 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³	110 µg/m ³	0	0	63 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	63 µg/m ³ (1)	360 µg/m ³	0	0	63 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	76	5,5 µg/m ³ (5)	5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (6)	0	0												

*Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

(5) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (6) Concentrazione media annuale

FIGURA 45: Comune di Carignano – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.


LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI CASELLE

Periodo di monitoraggio: 19 Novembre – 17 Dicembre 2003

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Livello di attenzione				Soglia – Livello* di allarme				Soglia per la protezione della vegetazione				
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%
SO ₂	DM 60/2002	95		33 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³														
				12 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³														
NO ₂	DM 60/2002	97		122 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³														
				2,5 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)														
PM10	DM 60/2002	100		97 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)														
PTS	DM 25/11/94	97																	
O ₃	DM 16/05/96	91		80 µg/m ³ (4)	110 µg/m ³														
C ₆ H ₆	DM 60/2002	88	3,9 µg/m ³ (5)		5 µg/m ³ (6)														

 *Livello di allarme per O₃ (DM 16/05/96)

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

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

(5) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (6) Concentrazione media annuale

FIGURA 46: Comune di Caselle – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

PREMESSA

La misura regolare e continuativa e l'analisi dei parametri meteorologici costituiscono una parte fondamentale del monitoraggio della qualità dell'aria; esaminandole congiuntamente è infatti possibile caratterizzare le condizioni meteorologiche e climatiche del territorio interessato e valutare i fenomeni di diffusione degli inquinanti.

Il Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio di ARPA Piemonte cura e gestisce un sistema complesso di monitoraggio sul territorio regionale, tra cui un sistema di misure a terra che ad oggi consta di circa 500 stazioni automatiche, di cui circa 115 nella provincia di Torino, 2 sistemi di radiosondaggio, presso l'Aeroporto di Cuneo-Levaldigi ed il comune di Cesana Torinese, in località Pariol, 2 radar doppler ed un profilatore di vento e temperatura collocato nell'area urbana di Torino. Sulla base di rigorose specifiche tecniche, elaborate con la collaborazione del Politecnico di Torino, la rete è stata realizzata per fasi successive. A partire da una prima maglia di stazioni di interesse meteorologico "regionale" si sono via via infittiti i punti di monitoraggio sia a copertura di tutti i principali bacini, sia in base a particolari esigenze locali, legate a situazioni di dissesto createsi a seguito degli eventi alluvionali che hanno ripetutamente colpito il Piemonte, o di controllo di fenomeni in fase evolutiva.

I parametri meteorologici principali misurati dalle stazioni della rete regionale sono la velocità (vv) e la direzione del vento (dv), la radiazione solare globale (rdg) e netta (rdn), la pressione atmosferica (pres), l'umidità relativa (umid), la quantità di pioggia (pv), la temperatura (temp).

La diversa dotazione strumentale è stata adattata alle esigenze di rilevamento di ogni sito, tenendo in considerazione le caratteristiche morfologiche dell'area, la rappresentatività rispetto al territorio e la tipologia della stazione.

Le stazioni della rete sono suddivise in quattro tipologie fondamentali:

- **stazione pluviometrica:** la dotazione strumentale minima consiste in un pluviometro a cui si associano localmente altri sensori meteorologici.
- **stazione meteorologica:** le stazioni complete dispongono di pluviometro, termometro, igrometro, misuratore della velocità e direzione del vento e localmente barometro e radiometro.
- **stazione nivometrica:** in ambiente di alta montagna, le stazioni aggiungono alla normale configurazione meteorologica, i sensori di altezza della neve e temperatura del manto nevoso. I dati nivologici così rilevati integrano quelli raccolti dalla rete nivometrica manuale, fornendo indicazioni relative ad aree non presidiate e di particolare interesse.
- **stazione idrometrica:** la dotazione strumentale minima consiste in un idrometro ad ultrasuoni a cui si associano localmente un idrometro a pressione e vari sensori meteopluviometrici.

Nella figura 47 è rappresentata la collocazione geografica delle centraline meteorologiche nella provincia di Torino differenziate per tipologia.

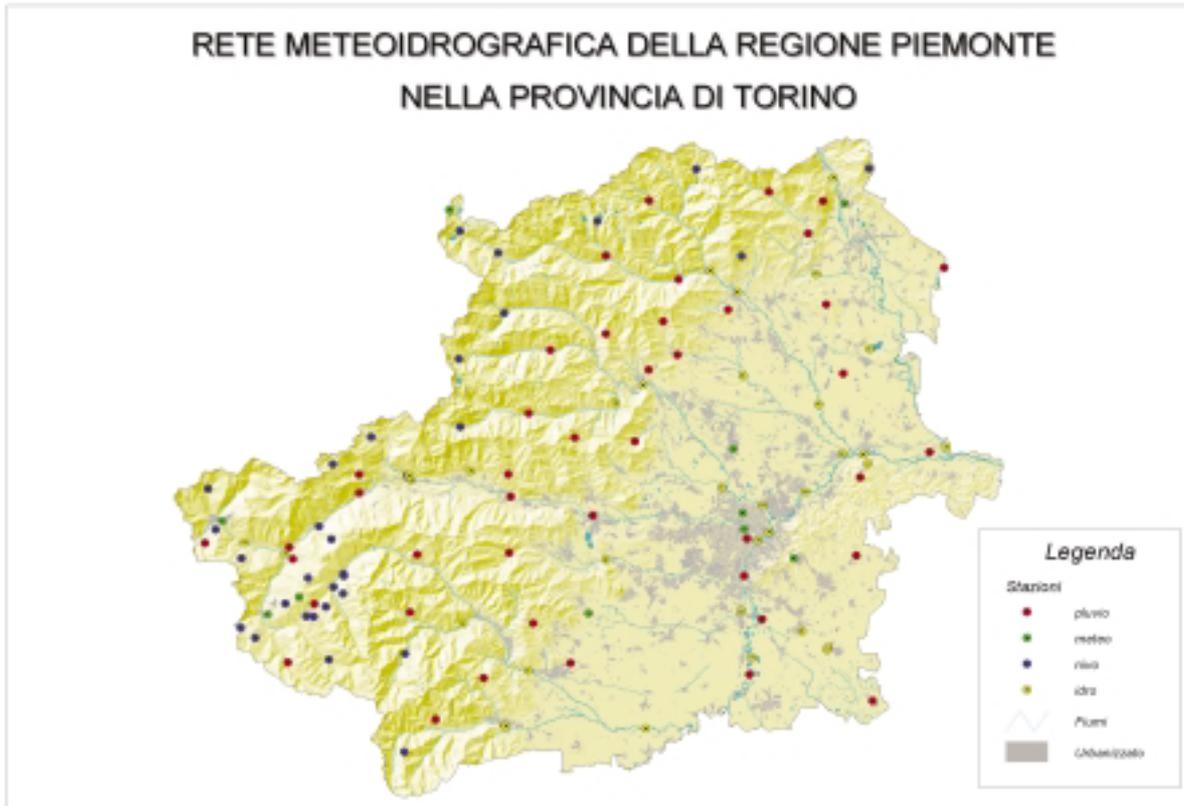


FIGURA 47: disposizione delle stazioni meteorologiche di monitoraggio.

ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI

Sistemi di rilevamento

Lo strumento utilizzato per la misura della **velocità e la direzione del vento**, espresse rispettivamente in m/s e gradi sessagesimali, è l'*anemometro*.

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. 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).

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.

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, è l'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 il *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 può inoltre essere dotato di un apposito calorifero 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 effettuata valutando la regolarità dell'andamento giornaliero.

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 risulta composto da due componenti vettoriali. 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.

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 atmosferiche 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 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, al fine di costruire una climatologia della zona interessata.

Elaborazione dei dati di velocità e direzione del vento

Le elaborazioni riportate sono relative alle stazioni ritenute maggiormente rappresentative per quanto riguarda l'agglomerato urbano (Torino-CNR e Torino-CSELT) e i siti esterni al capoluogo (Moncalieri-Bauducchi e Cumiana).

Al fine di evidenziare l'influenza del ciclo giornaliero 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 rose così suddivise sono state inoltre ripartite per classi di velocità, in modo da evidenziare le condizioni di vento tipico per le 4 zone analizzate. 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 in figura 48 e 49 con le relative ripartizioni in classi di velocità. Le elaborazioni grafiche relative alle stazioni esterne alla città di Torino sono state riportate in figura 50 e 51.

Le rappresentazioni in forma di rosa dei venti sono state realizzate attraverso una serie di elaborazioni

zioni 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 0.3 m/s;
 - suddivisione delle intensità in 5 classi (0.3-1 m/s, 1-2 m/s, 2-3 m/s e 3-5 m/s e >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, SSO, SO, OSO, O, ONO, NO, NNO. Per le intensità del vento inferiori a 0.3 m/s (situazione di calma di vento), il valore di direzione è stato escluso dal calcolo delle percentuali di accadimento per ogni settore.

Per ogni stazione considerata sono state effettuate le seguenti elaborazioni grafiche: una rosa dei venti con direzione del vento, e due rose dei venti (una per il periodo diurno ed una per il periodo notturno) con direzione ed intensità del vento.

In particolare, la rosa dei venti con la distribuzione dei dati in termini di direzione di provenienza è stata realizzata distinguendo il periodo diurno e notturno ed escludendo i dati non validi ed i valori di calma (velocità inferiore a 0.3 m/s). L'informazione è stata completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento totali e dalla percentuale dei dati non validi.

Le rose di direzione ed intensità del vento sono state realizzate suddividendo in 5 classi i dati validi con velocità superiore a 0.3 m/s. Anche in questi grafici, l'informazione è stata completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento nei periodi diurno e notturno e dalla percentuale dei dati non validi.

Si fa notare come il numero di calme registrato dalla stazione di Torino-CSELT risulti significativamente inferiore (meno del 10% sia nel periodo diurno che in quello notturno) a quello rilevato nelle altre stazioni. La spiegazione di tale fenomeno è attribuibile al fatto che il palo anemometrico di tale stazione, al fine di eliminare, per quanto possibile in un sito urbano, l'influenza di possibili ostacoli e garantire la significatività della misura, è posizionato sul tetto di un edificio; 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.

L'influenza della vicinanza al suolo sulle misure viene invece evidenziata dall'analisi delle rose dei venti registrate alle stazioni di Moncalieri-Bauducchi e Cumiana. I sensori di tali stazioni sono posizionati a 10 m dal suolo, in tali condizioni l'occorrenza di calme di vento e venti deboli è prevalente sulla totalità dei dati misurati (si vedano le figure 50 e 51).

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 0.3 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 validi e registrati nel corso del periodo temporale esaminato, fatta esclusione delle calme di vento;
- la deviazione standard dal valore medio dei valori superiori a 0.3 m/s, per valutare la dispersione dei valori di velocità orizzontale rispetto al valore medio.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili presso A.R.P.A. - Settore Meteorografico e Reti di Monitoraggio e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

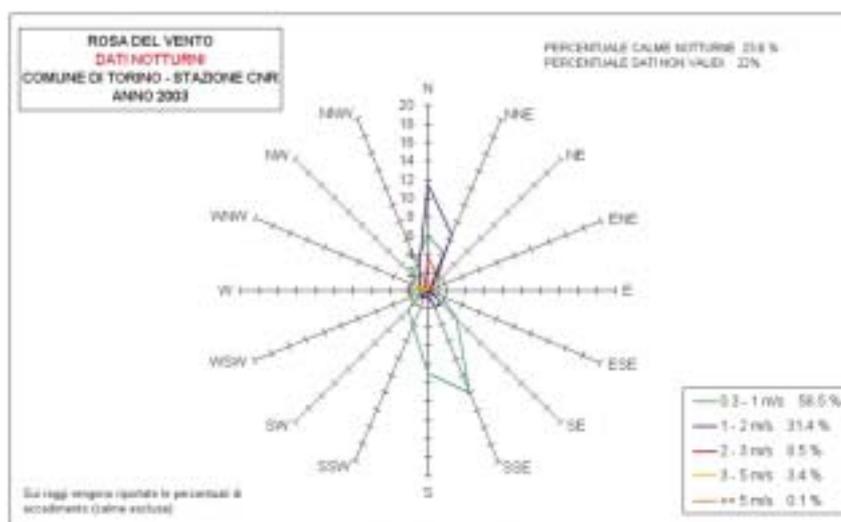
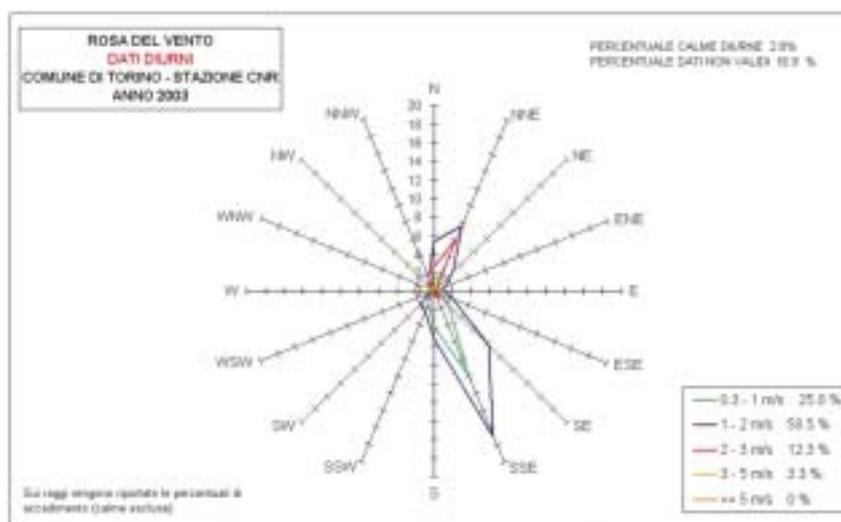
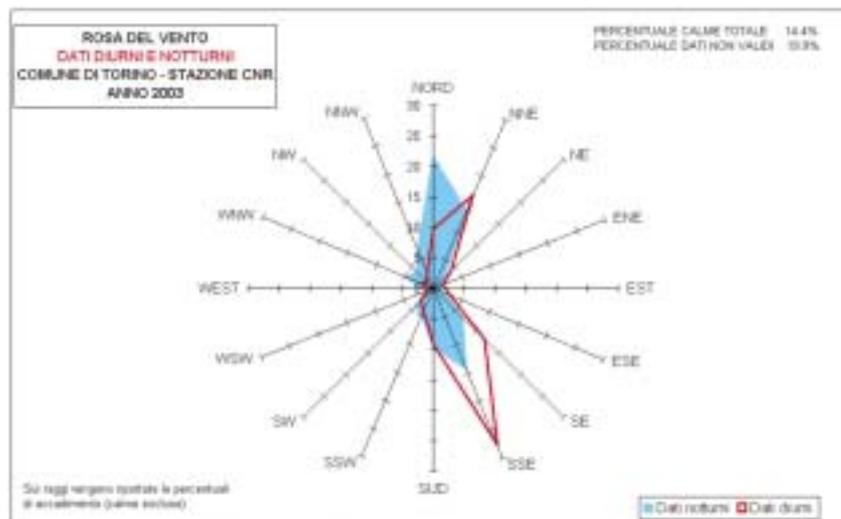


FIGURA 48: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione CNR.

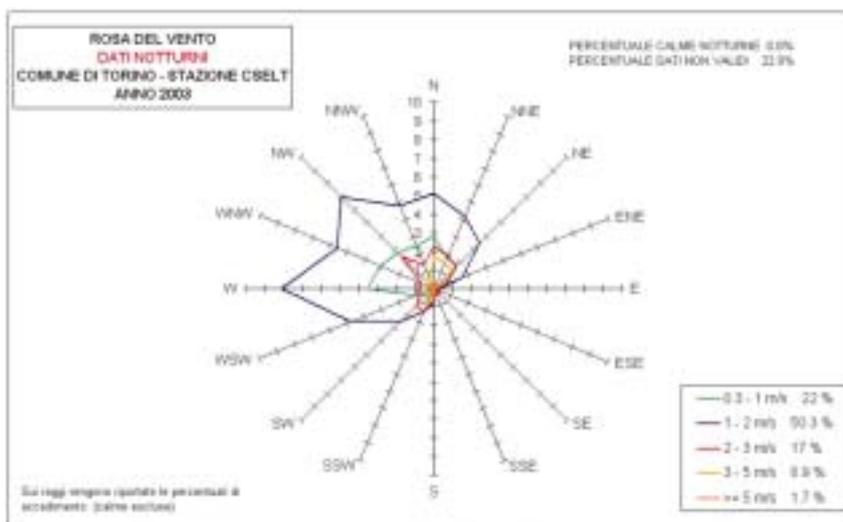
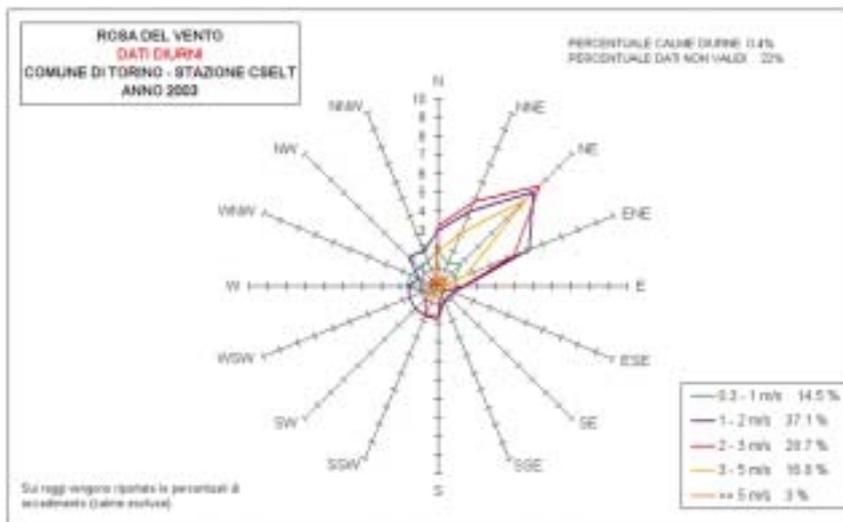
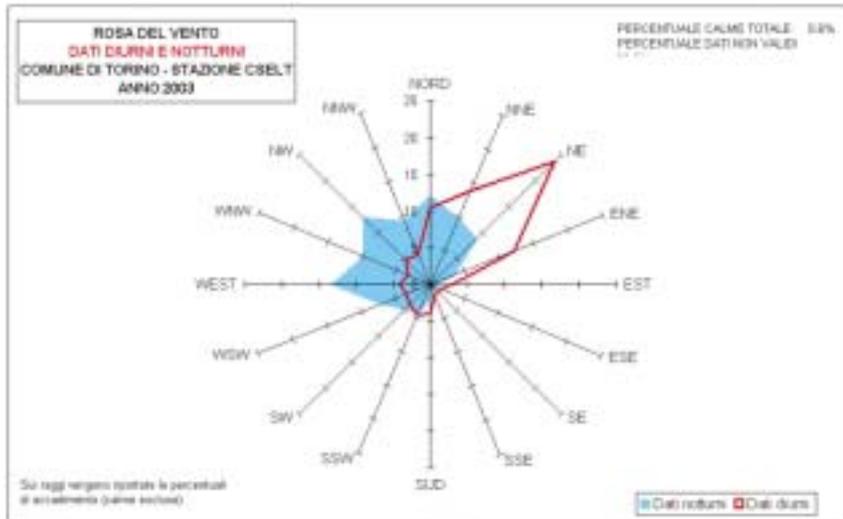


FIGURA 49: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione CSELT

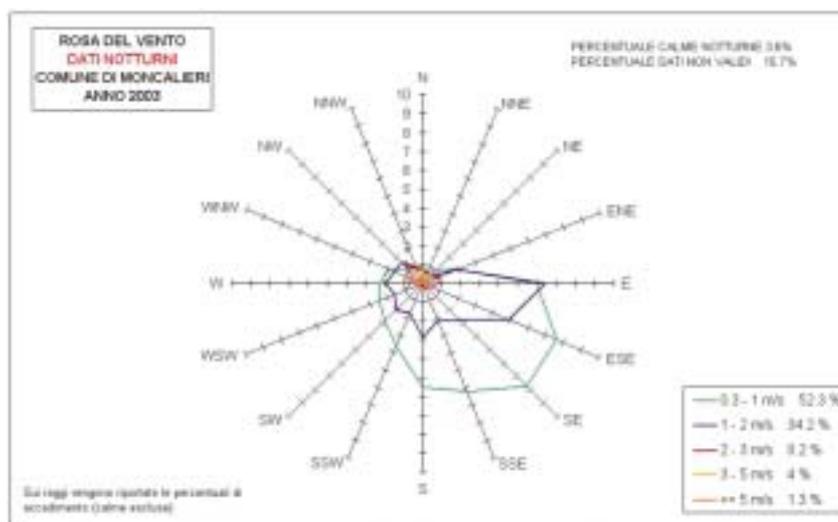
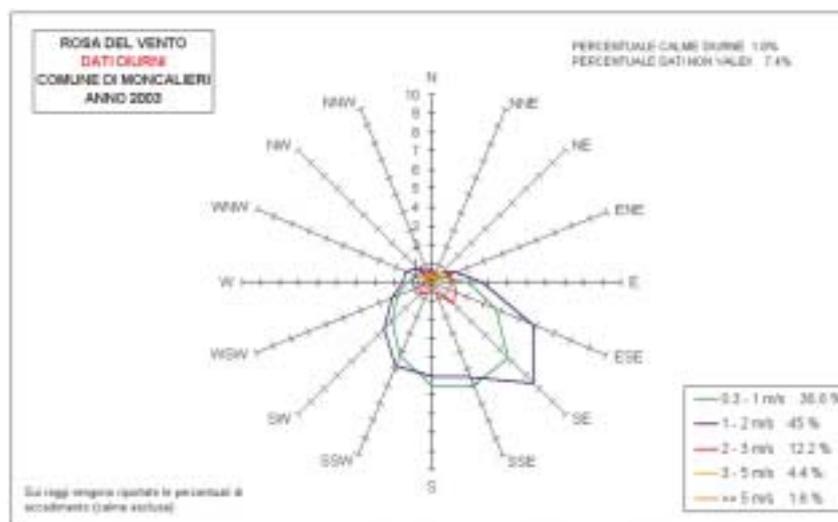
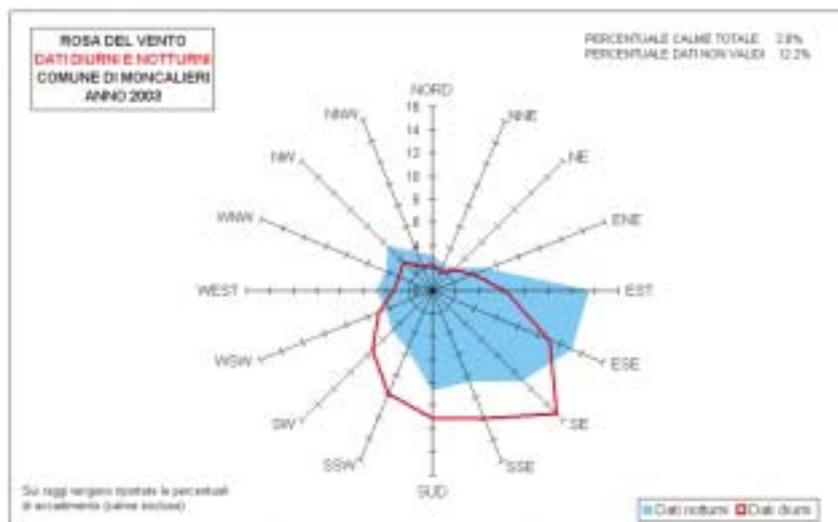


FIGURA 50: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Moncalieri.

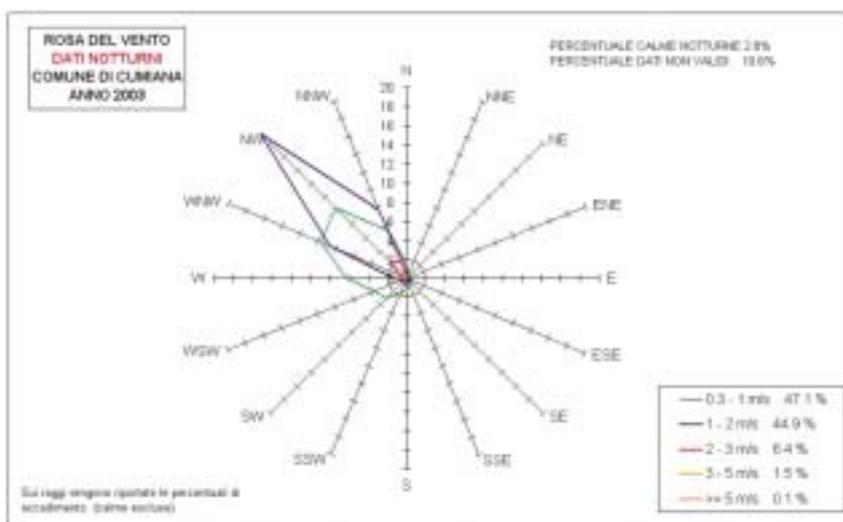
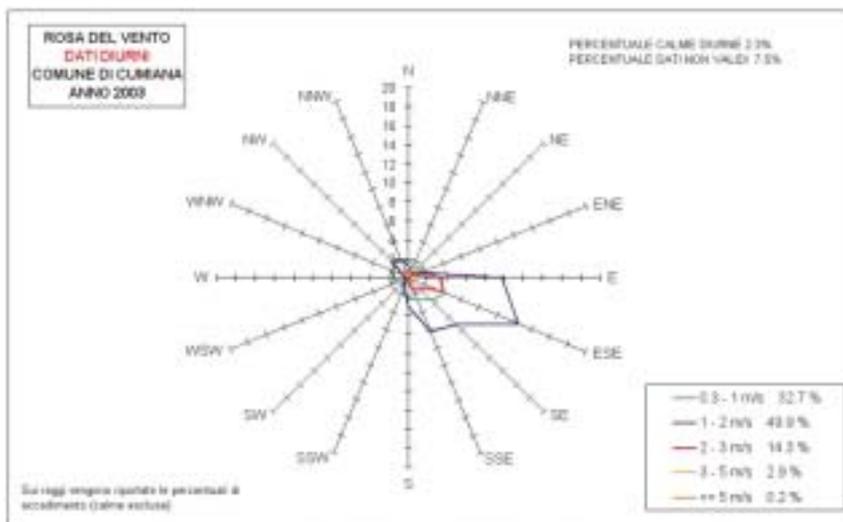
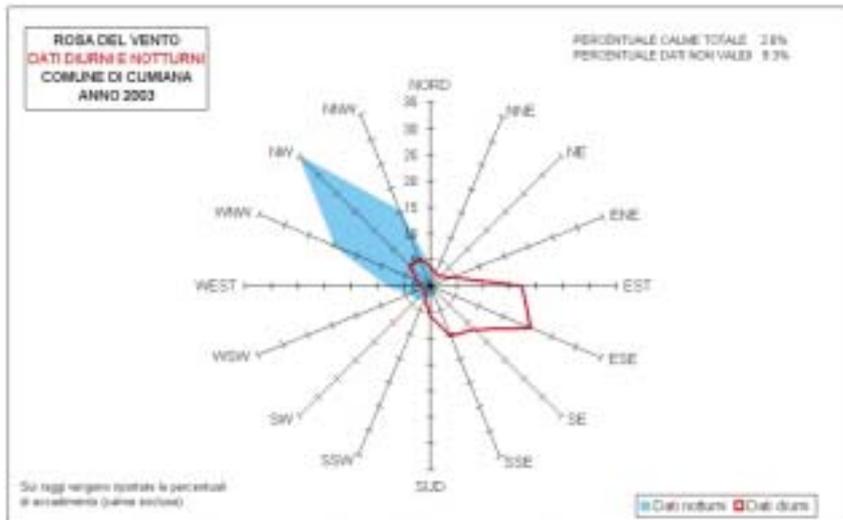


FIGURA 51: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Cumiana.

STAZIONE DI TORINO - CNR					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2003					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2003	77.6	9.7	5.3	1.1	0.9
FEBBRAIO 2003	58.6	10.7	5.0	1.3	1.0
MARZO 2003	83.5	13.8	4.6	1.2	0.8
APRILE 2003	93.6	11.9	4.7	1.3	0.8
MAGGIO 2003	86.0	14.1	5.0	1.3	0.9
GIUGNO 2003	91.4	7.4	3.0	1.2	0.6
LUGLIO 2003	88.7	6.2	4.7	1.4	0.8
AGOSTO 2003	86.3	8.3	4.2	1.3	0.8
SETTEMBRE 2003	77.8	10.1	3.7	1.1	0.8
OTTOBRE 2003	91.7	15.3	3.9	1.1	0.7
NOVEMBRE 2003	61.3	13.3	4.4	0.9	0.6
DICEMBRE 2003	63.4	17.6	4.7	0.9	0.7

* Calme di vento escluse

TABELLA 44: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-CNR nel 2003.

STAZIONE DI TORINO - CSELT					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2003					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2003	72.4	0.5	9.4	1.6	1.1
FEBBRAIO 2003	81.1	0.7	9.3	1.9	1.4
MARZO 2003	81.7	0.3	8.3	1.8	1.0
APRILE 2003	85.0	0.3	9.8	2.1	1.3
MAGGIO 2003	82.4	0.1	10.2	2.0	1.2
GIUGNO 2003	81.1	0.3	7.6	2.0	1.0
LUGLIO 2003	82.5	0.3	8.9	2.3	1.3
AGOSTO 2003	80.5	0.1	7.9	1.9	1.1
SETTEMBRE 2003	75.1	0.6	7.2	1.9	1.1
OTTOBRE 2003	82.0	0.9	9.1	1.6	1.0
NOVEMBRE 2003	84.4	1.8	9.8	1.5	1.1
DICEMBRE 2003	42.6	0.1	8.2	2.0	1.4

* Calme di vento escluse

TABELLA 45: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-CSELT nel 2003.

STAZIONE DI MONCALIERI - BAUDUCCHI					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2003					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2003	62.8	2.3	9.6	1.3	1.5
FEBBRAIO 2003	89.9	1.8	9.1	1.4	1.5
MARZO 2003	92.1	2.7	6.7	1.2	0.8
APRILE 2003	94.7	1.9	6.8	1.5	1.0
MAGGIO 2003	94.0	3.1	8.0	1.4	1.0
GIUGNO 2003	96.9	1.9	5.1	1.2	0.7
LUGLIO 2003	96.8	2.3	9.7	1.4	0.9
AGOSTO 2003	95.8	2.4	6.4	1.3	0.9
SETTEMBRE 2003	92.5	2.5	5.2	1.2	0.9
OTTOBRE 2003	87.8	3.4	5.5	1.1	0.8
NOVEMBRE 2003	76.9	1.9	6.7	1.1	1.0
DICEMBRE 2003	74.1	2.7	7.2	1.2	1.0

* Calme di vento escluse

TABELLA 46: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Moncalieri - Bauducchi

STAZIONE DI CUMIANA					
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2003					
	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2003	86.3	4.7	5.9	1.0	0.7
FEBBRAIO 2003	89.4	2.2	6.2	1.3	0.9
MARZO 2003	94.1	1.7	4.8	1.3	0.7
APRILE 2003	91.9	1.9	5.4	1.3	0.7
MAGGIO 2003	88.3	1.3	5.1	1.3	0.6
GIUGNO 2003	92.6	1.1	3.4	1.2	0.5
LUGLIO 2003	96.2	0.8	5.1	1.4	0.7
AGOSTO 2003	96.0	0.8	4.6	1.4	0.7
SETTEMBRE 2003	96.0	2.1	3.2	1.2	0.6
OTTOBRE 2003	90.1	2.7	3.3	1.1	0.6
NOVEMBRE 2003	82.6	4.3	4.3	0.9	0.6
DICEMBRE 2003	84.4	4.3	6.1	1.1	0.8

* Calme di vento escluse

TABELLA 47: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Cumiana nel 2003.

Elaborazione dei dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni

Nelle pagine seguenti vengono proposte le elaborazioni effettuate sui dati medi orari rilevati nel corso dell'anno 2003 nelle stazioni di Torino-Buon Pastore e Pino Torinese, appartenenti alla Rete Meteoidrografica dell'A.R.P.A. Piemonte.

La scelta delle suddette stazioni è mirata ad evidenziare le diversità dei valori registrati in una stazione urbana di pianura (Torino-Buon Pastore), ed in una stazione posta in quota rispetto alla precedente (Pino Torinese, 619 m. s.l.m. a fronte di 249 m. s.l.m. della stazione di Torino).

Per quanto riguarda i parametri pressione atmosferica e temperatura sono stati rappresentati graficamente i valori medi mensili registrati nelle due stazioni, associati al valore minimo e massimo orario (figure 52-55).

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.

Nel caso dell'umidità relativa, sono state riportate in un unico prospetto tabellare (tabella 48) le statistiche mensili relative alle due 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 49) le statistiche mensili relative alle due stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di giorni nel corso dei quali si sono verificate precipitazioni atmosferiche superiori ad 1 mm (definiti in climatologia "giorni di pioggia");
- il valore massimo mensile di precipitazione giornaliera;
- la precipitazione totale mensile.

Infine, sotto forma di grafico ad istogrammi (figura 56), sono stati confrontati i risultati delle elaborazioni realizzate per le due 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. - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

**STAZIONE DI TORINO BUON PASTORE
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2003**

	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 2003	100	969	1007	971	1005	988
FEBBRAIO 2003	100	962	1009	966	1008	994
MARZO 2003	100	985	1008	988	1007	996
APRILE 2003	100	970	999	975	998	990
MAGGIO 2003	100	983	1000	985	998	991
GIUGNO 2003	100	981	996	984	994	989
LUGLIO 2003	100	972	994	976	992	988
AGOSTO 2003	100	975	996	978	995	989
SETTEMBRE 2003	100	977	1003	980	1001	993
OTTOBRE 2003	100	966	1001	970	999	987
NOVEMBRE 2003	100	965	1007	971	1005	993
DICEMBRE 2003	100	977	1003	982	1001	993

**PRESSIONE ATMOSFERICA
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI
STAZIONE DI TORINO BUON PASTORE - ANNO 2003**

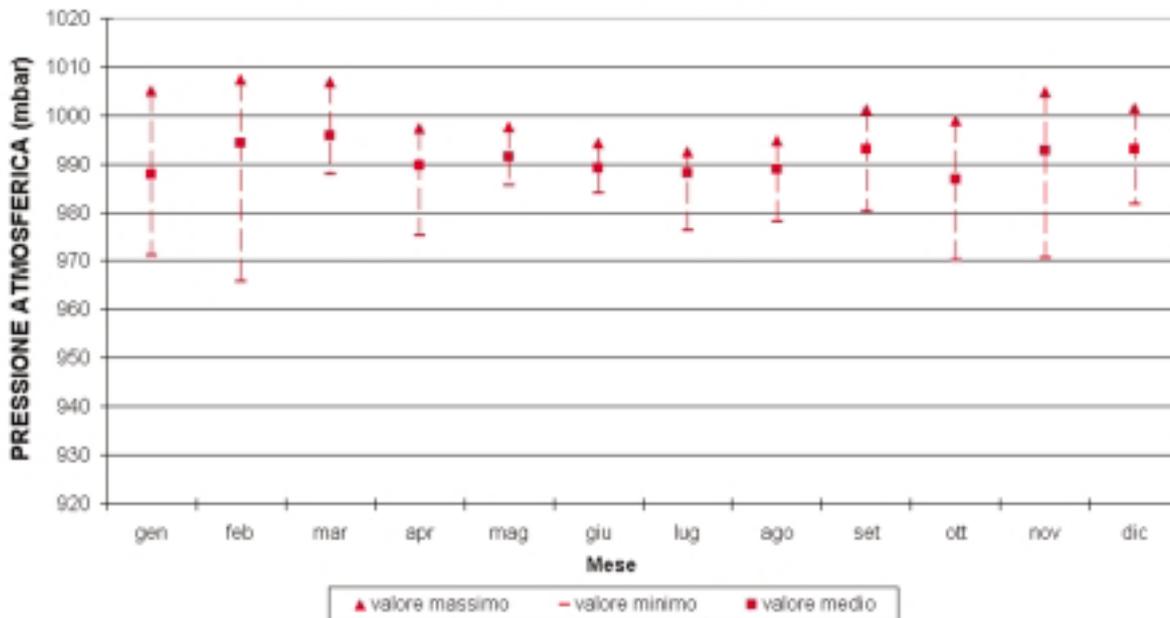


FIGURA 52: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Torino-Buon Pastore nell'anno 2003.

STAZIONE DI PINO TORINESE PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2003						
	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 2003	100	924	960	927	958	942
FEBBRAIO 2003	100	917	961	921	960	947
MARZO 2003	100	940	961	942	960	950
APRILE 2003	100	925	953	931	952	944
MAGGIO 2003	100	939	955	942	953	947
GIUGNO 2003	100	939	952	942	951	946
LUGLIO 2003	100	931	951	934	950	946
AGOSTO 2003	100	934	954	936	953	947
SETTEMBRE 2003	100	934	959	937	957	949
OTTOBRE 2003	100	921	955	926	954	942
NOVEMBRE 2003	100	921	961	927	959	948
DICEMBRE 2003	100	934	956	936	955	947

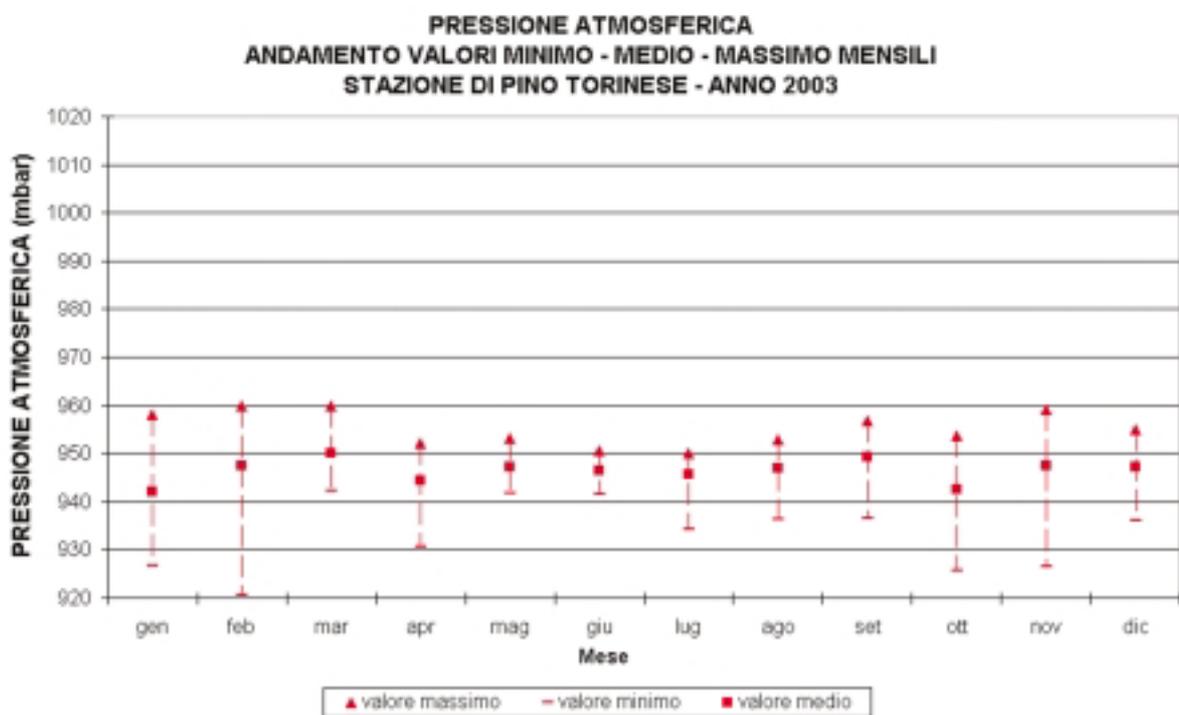


FIGURA 53: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2003.

STAZIONE DI TORINO – BUON PASTORE						
PARAMETRO: TEMPERATURA - 2003						
	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 2003	100	-4	20	-1	9	3
FEBBRAIO 2003	100	-4	14	0	6	3
MARZO 2003	100	1	24	6	15	10
APRILE 2003	100	1	26	5	18	13
MAGGIO 2003	100	9	31	15	24	19
GIUGNO 2003	100	16	36	21	29	26
LUGLIO 2003	100	15	36	22	30	26
AGOSTO 2003	100	18	40	24	32	27
SETTEMBRE 2003	100	10	30	15	21	19
OTTOBRE 2003	100	1	24	5	19	11
NOVEMBRE 2003	100	2	18	5	11	8
DICEMBRE 2003	100	-5	18	-1	10	4

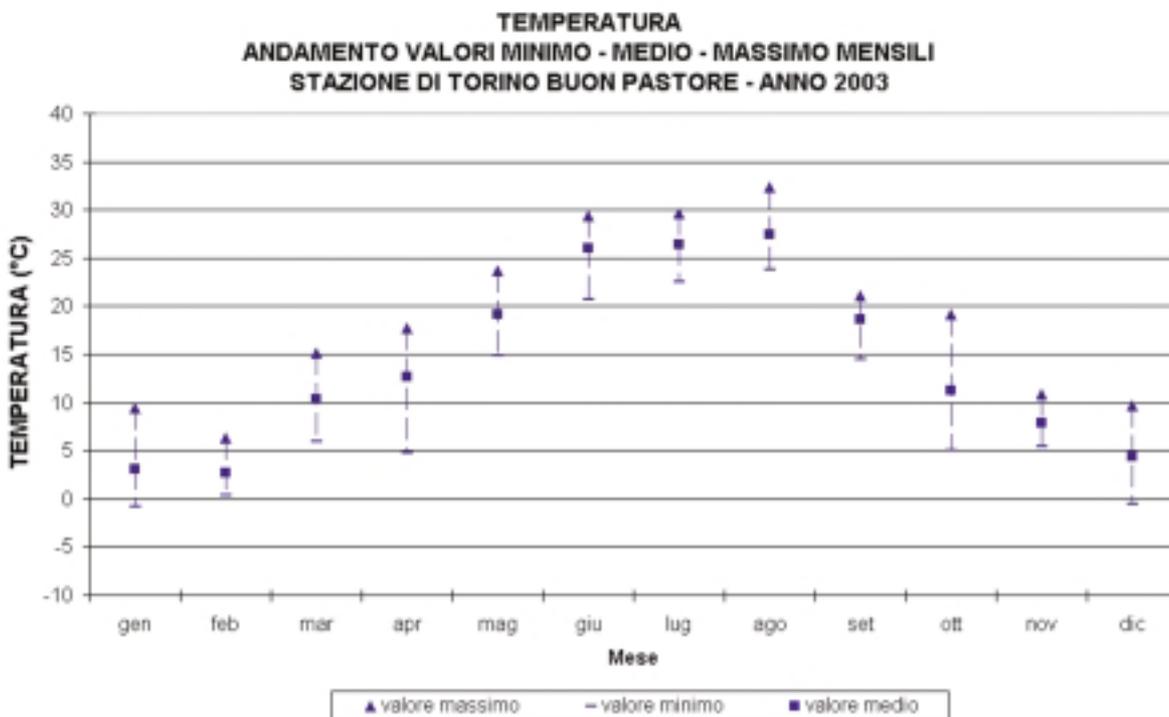


FIGURA 54: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Torino-Buon Pastore nell'anno 2003.

STAZIONE DI PINO TORINESE PARAMETRO: TEMPERATURA - 2003						
	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 2003	100	-3	17	-2	13	4
FEBBRAIO 2003	100	-3	11	-1	7	2
MARZO 2003	100	0	20	3	15	10
APRILE 2003	100	0	22	2	18	11
MAGGIO 2003	100	9	27	13	23	18
GIUGNO 2003	100	14	33	20	28	24
LUGLIO 2003	100	15	32	19	27	24
AGOSTO 2003	100	17	36	23	31	26
SETTEMBRE 2003	100	11	28	12	23	18
OTTOBRE 2003	100	1	22	4	18	10
NOVEMBRE 2003	100	0	16	3	12	7
DICEMBRE 2003	100	-2	17	0	11	5

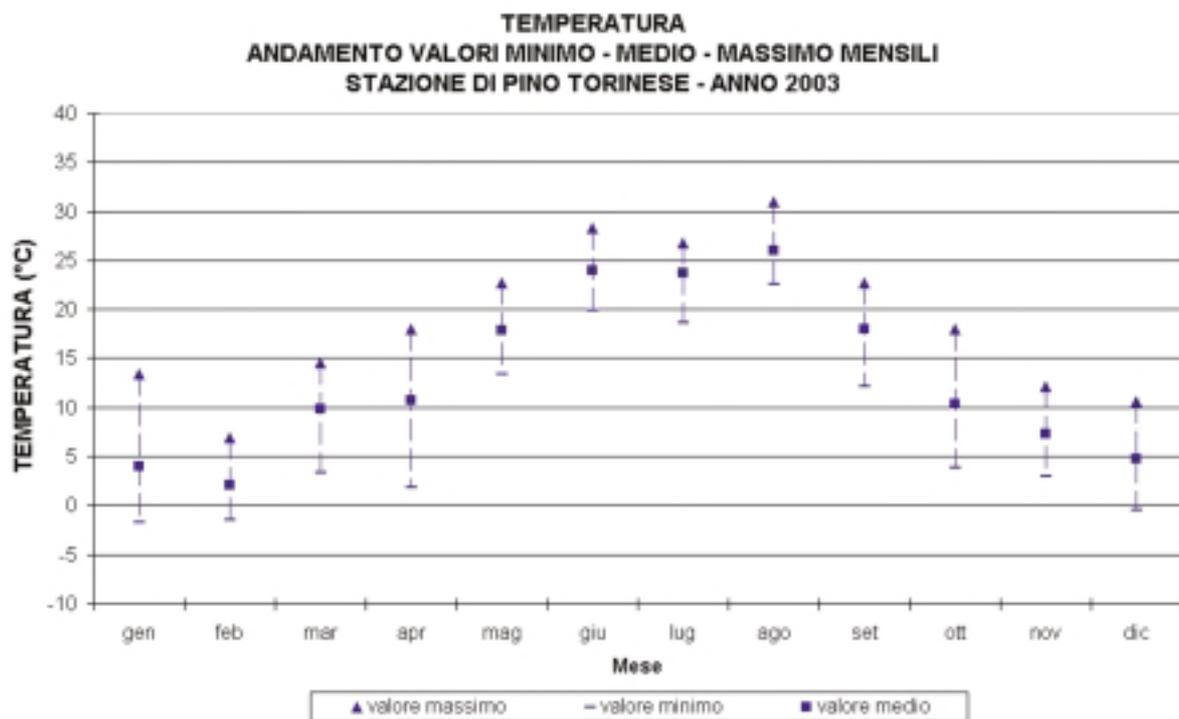


FIGURA 55: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2003.

**STAZIONI DI
TORINO - BUON PASTORE
PINO TORINESE
PARAMETRO: UMITÀ RELATIVA - 2003**

	STAZIONE DI TORINO - BUON PASTORE				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 (%)
Gennaio 2003	100	24	97	75	100	24	98	64
Febbraio 2003	100	21	84	57	100	17	90	54
Marzo 2003	100	45	73	57	100	35	88	57
Aprile 2003	100	43	97	66	100	40	98	71
Maggio 2003	100	24	90	59	100	27	90	57
Giugno 2003	100	41	90	60	100	33	94	64
Luglio 2003	100	32	70	53	100	35	83	57
Agosto 2003	100	30	79	54	100	28	73	53
Settembre 2003	100	46	98	63	100	35	98	57
Ottobre 2003	100	43	96	75	100	32	98	73
Novembre 2003	100	75	99	89	100	56	98	87
Dicembre 2003	100	37	99	72	100	20	98	60

TABELLA 48: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nelle stazioni di Torino-Buon Pastore e Pino Torinese nell'anno 2003.

STAZIONI DI TORINO - BUON PASTORE PINO TORINESE PARAMETRO: PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE - 2003										
	STAZIONE DI TORINO - BUON PASTORE					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)		
Gennaio 2003	100	3	6	13	100	2	3	5		
Febbraio 2003	100	0	0	0	100	0	0	0		
Marzo 2003	100	2	2	3	100	1	4	5		
Aprile 2003	100	9	21	53	100	9	14	39		
Maggio 2003	100	5	22	64	100	4	12	25		
Giugno 2003	100	6	47	86	100	6	35	100		
Luglio 2003	100	2	16	23	100	3	20	45		
Agosto 2003	100	5	30	84	100	4	21	44		
Settembre 2003	100	4	45	59	100	5	31	45		
Ottobre 2003	100	9	30	81	100	8	18	63		
Novembre 2003	100	12	36	146	100	12	23	96		
Dicembre 2003	100	8	55	147	100	8	40	99		

TABELLA 49: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nelle stazioni di Torino-Buon Pastore e Pino Torinese nell'anno 2003.

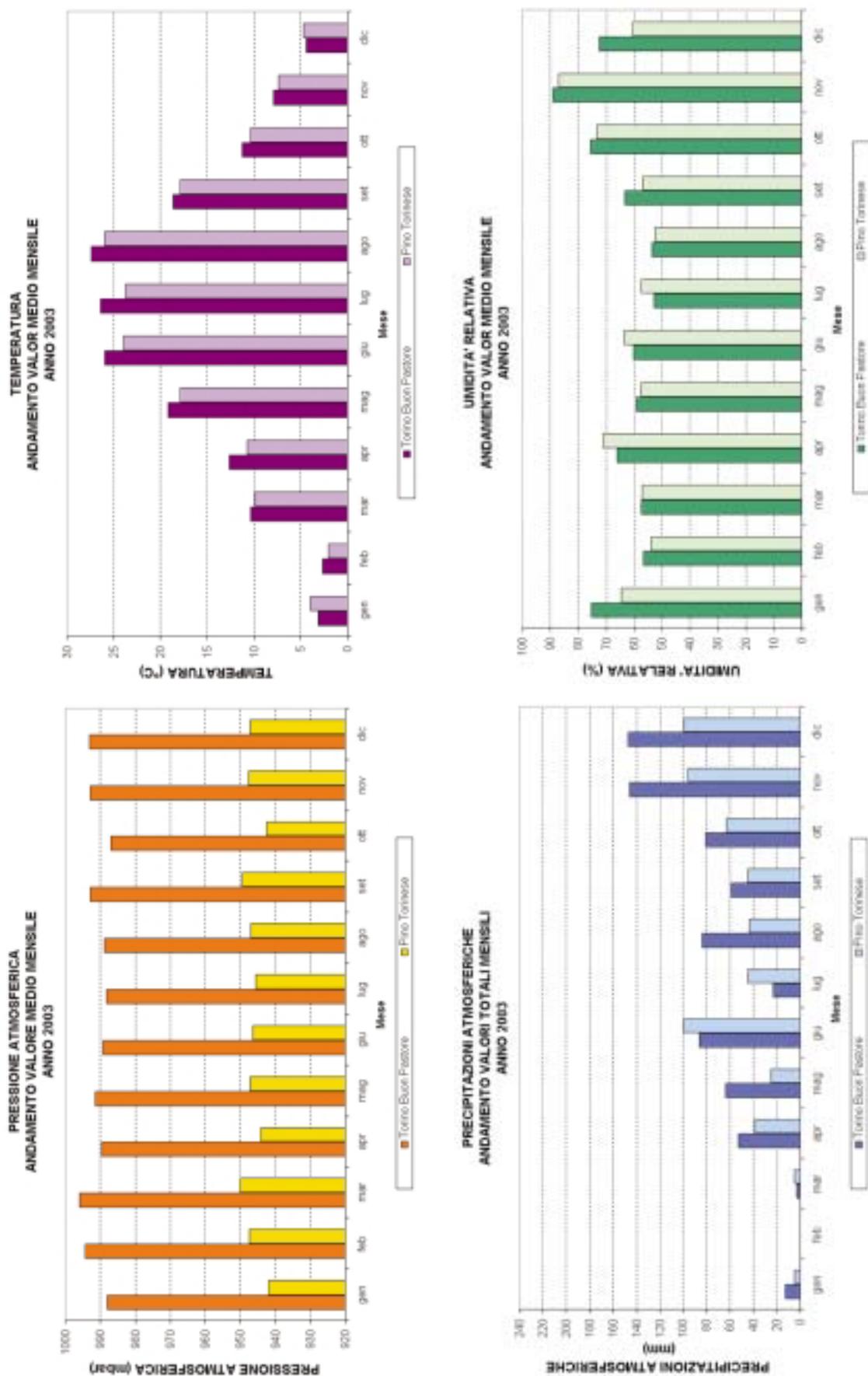


FIGURA 56: confronto fra le stazioni di Torino-Buon Pastore e Pino Torinese: parametri pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche.

Al fine di comprendere la stretta correlazione esistente fra la meteorologia e l'inquinamento atmosferico, ci si propone nel presente capitolo di analizzare nel dettaglio due episodi, uno tipicamente invernale e uno estivo, in cui si sono rilevate elevate concentrazioni al suolo di particolato PM10 e di ozono.

EPISODIO DI INQUINAMENTO DA PM10 (5-17 Febbraio 2003)

Situazione meteorologica

Nei giorni 5 e 6 febbraio 2003 la situazione meteorologica in Europa è stata caratterizzata da una profonda area di bassa pressione, sui Balcani e sull'Adriatico, e da un robusto promontorio anticiclonico sull'Europa occidentale. Tale configurazione ha favorito, sulla nostra regione, forti correnti da nord-ovest a tutte le quote e ha innescato intensi venti di foehn anche sulla città di Torino, come conseguenza sono state misurate concentrazioni di PM10 al suolo molto basse.

La situazione meteorologica nei giorni seguenti, fino almeno al giorno 10, presenta un campo di alta pressione che ha stazionato sul Nord-Italia, determinando nei bassi strati calma di vento, forte stabilità dell'aria e quindi condizioni favorevoli all'accumulo di inquinanti; in tale situazione deboli afflussi nei bassi strati di aria fredda proveniente dall'Europa orientale, come si può notare in figura 57 hanno causato un'intensificazione dell'inversione al suolo con temperature minime che sono scese di alcuni gradi sotto gli 0 °C a Torino.

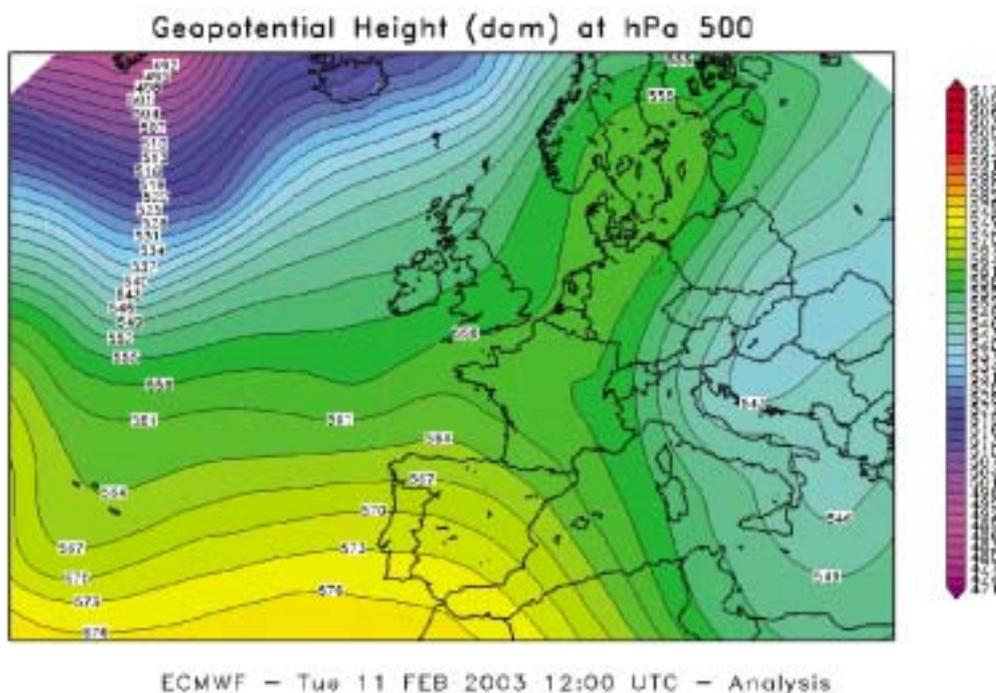


FIGURA 57: quota (in decimetri s.l.m.) della superficie di geopotenziale a 500hPa il 11 febbraio 2003, ore 12 UTC (ora di Greenwich) sull'Europa (dati: analisi ECMWF).

Il giorno 11, in cui si sono raggiunti i valori massimi di PM10, l'afflusso dall'Europa orientale è risultato più umido e ha dato luogo ad una copertura bassa sulla città di Torino, portando condizioni ancora favorevoli all'accumulo di inquinanti.

Dal giorno 12 la situazione è rimasta stazionaria fino al giorno 15 compreso, con la pianura torinese ancora interessata da alta pressione e correnti orientali relativamente fredde ed umide nei bassi strati; l'unico parametro che ha subito una minima variazione è il vento che sul settore meridionale del Piemonte si è intensificato fino a valori moderati da est sugli appennini nei giorni 12 e 13.

Il periodo di relativa stabilità atmosferica è infine terminato, come si può notare in figura 58, durante la notte tra sabato 15 e domenica 16 febbraio, con il passaggio di aria instabile proveniente da est associata a deboli nevicate anche in pianura. In seguito anche il rinforzo di correnti da nord-est con venti moderati o forti sui rilievi meridionali della regione ha determinato la fine del fenomeno di inquinamento acuto.

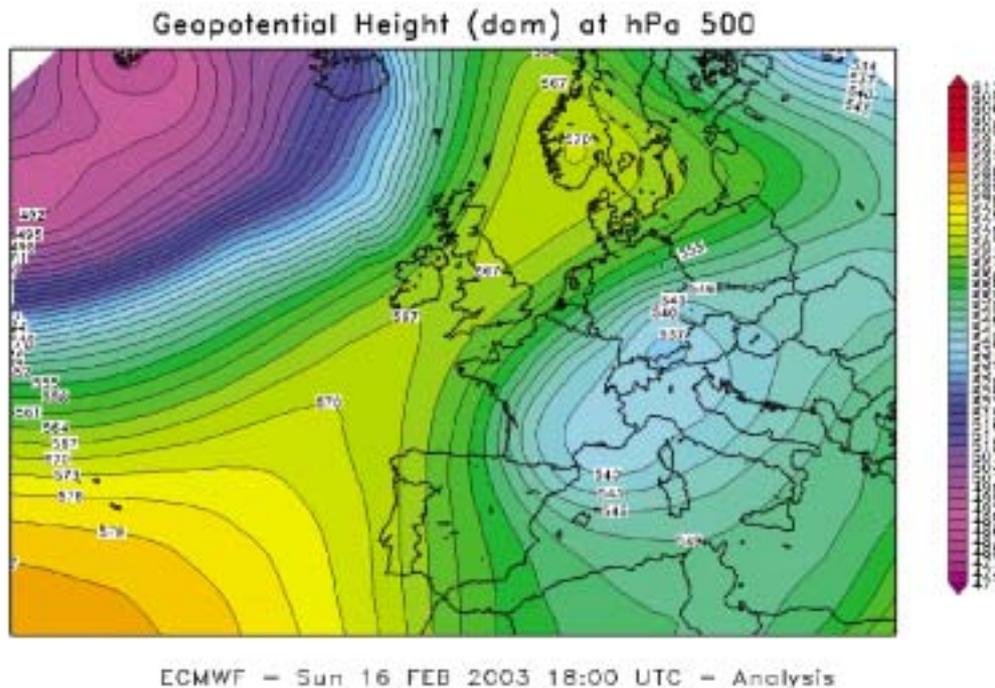


FIGURA 58: quota (in decimetri s.l.m.) della superficie di geopotenziale a 500hPa il 16 febbraio 2003, ore 18 UTC (ora di Greenwich) sull'Europa (dati: analisi ECMWF).

Descrizione dell'evento di inquinamento

Nella nostra provincia episodi di inquinamento acuto legato al PM10 sono sempre più ricorrenti nei mesi invernali soprattutto in prossimità dei centri urbani con elevati flussi di traffico. Nella seconda settimana di febbraio abbiamo assistito ad un fenomeno di accumulo delle polveri con un superamento dei limiti normativi, in tutte le stazioni della rete di qualità dell'aria della provincia di Torino, correlato principalmente alle condizioni di stabilità atmosferica in atto in quei giorni. Il conseguente abbattimento è legato a deboli precipitazioni di carattere nevoso avvenute tra le giornate del 16 e 17 febbraio.

Analizzando nel dettaglio l'episodio si osserva che in tutte le stazioni operanti nella Provincia, come si può notare in figura 59, nei giorni di mercoledì e di giovedì 5 e 6 febbraio le concentrazioni medie giornaliere di PM10 sono al di sotto del valore di concentrazione di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'unica eccezione è rappresentata dalla stazione di Carmagnola che il 5 febbraio presenta il valore di $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando il limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D.M. 2/4/2002 n. 60.

Per quanto riguarda le stazioni situate nella città di Torino le osservazioni sono del tutto analoghe. Si rilevano infatti nei giorni 5 e 6 Febbraio livelli di concentrazione medie giornaliere compresi tra 20 e $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tranne che per la stazione situata presso l'Itis Grassi che ha rilevato valori di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi figura 60). Nei giorni successivi le stazioni rilevano un fenomeno di accumulo dell'inquinante PM10 con un aumento giornaliero di circa $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fino ad arrivare a martedì 11 Febbraio dove la maggior parte delle stazioni, sia quelle in Torino che quelle esterne al capoluogo, misurano le concentrazioni massime del periodo: Carmagnola ($136 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Pinerolo ($124 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Buttigliera ($118 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Druento - La Mandria ($84 \mu\text{g}/\text{m}^3$), TO -Itis Grassi ($164 \mu\text{g}/\text{m}^3$) TO-Via della Consolata ($156 \mu\text{g}/\text{m}^3$), TO -Via Gaidano ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e TO - P.zza Rivoli. ($133 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La stazione di Ivrea presenta il livello di concentrazione massimo di $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel giorno 10 Febbraio, mentre le stazioni di Borgaro e Susa rispettivamente il 12 ed il 13 febbraio con valori di concentrazione media giornaliera di $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dalla giornata di mercoledì, i valori di concentrazione diminuiscono gradatamente, fino a sabato 15 per raggiungere lunedì 17 febbraio valori medi di PM10 al di sotto di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con una marcata diminuzione (di circa $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a seguito di una leggera nevicata.

Si può pertanto affermare che in presenza di una sostanziale stabilità delle attività emmissive le condizioni meteorologiche sono determinanti nella formazione e nell'abbattimento dei fenomeni di inquinamento da PM10. È inoltre importante osservare che, in relazione alla scala dei fenomeni meteo, tutto il territorio provinciale e probabilmente tutta la pianura padana, è interessato in misura omogenea dai fenomeni di inquinamento.

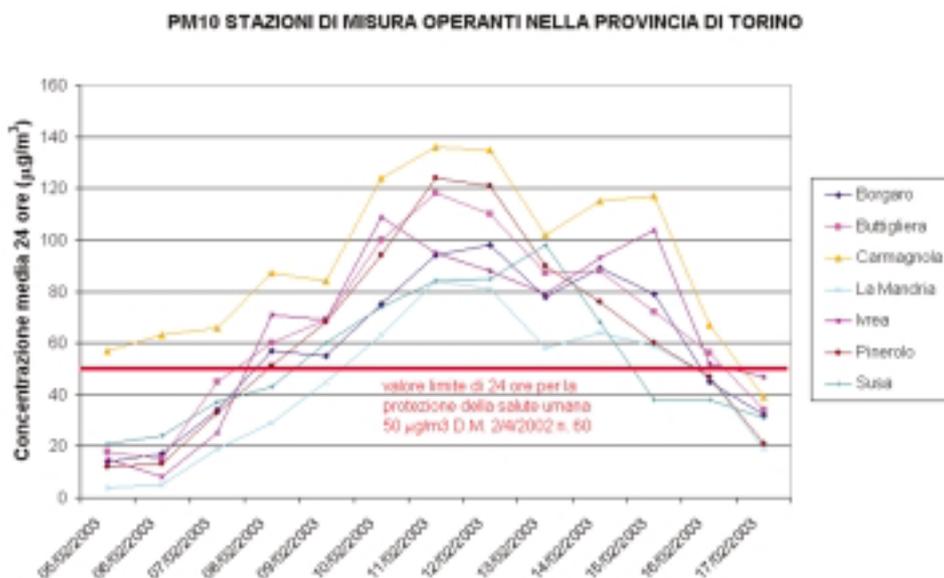


FIGURA 59: concentrazioni di PM10 misurate nelle stazioni della Provincia di Torino dal 5 al 19 febbraio.

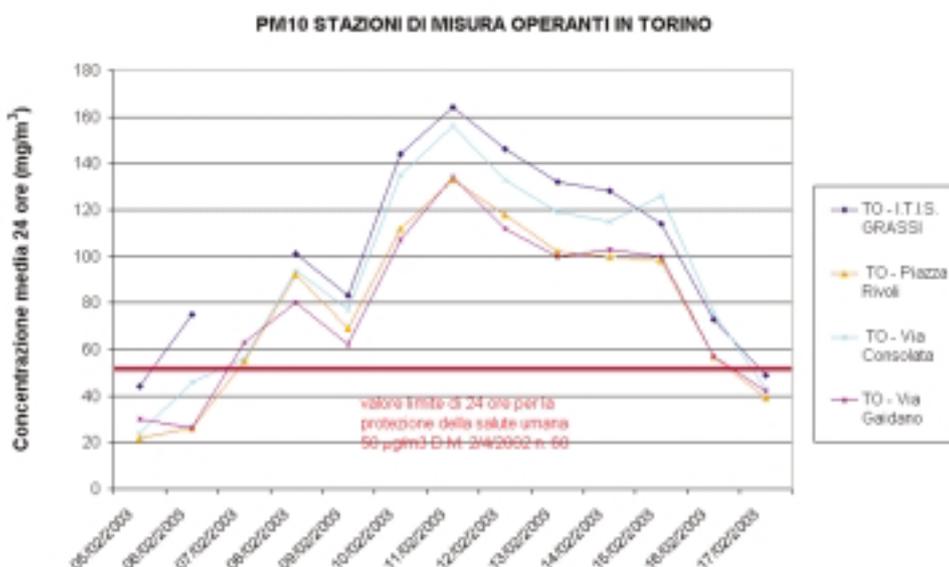


FIGURA 60: concentrazioni di PM₁₀ misurate nelle stazioni di Torino dal 5 al 19 febbraio.

EPISODIO DI INQUINAMENTO DA OZONO (9-25 SETTEMBRE 2003)

Situazione meteorologica

La situazione meteorologica nella seconda decade di settembre è stata caratterizzata dalla presenza di un vasto campo di alta pressione sull'Europa centro-occidentale, con temperature massime elevate rispetto alla media mensile e condizioni generalmente soleggiate. Dal giorno 22 l'allontanamento del campo di alta pressione verso i Balcani ha determinato l'instaurarsi di un flusso perturbato umido da sudovest sulla nostra regione e le condizioni meteorologiche sono gradualmente peggiorate anche nei giorni seguenti.

Nel dettaglio, nella giornata di lunedì 15 settembre, tutta l'Europa occidentale e parte della penisola italiana è stata interessata da un promontorio dell'Anticiclone delle Azzorre: la temperatura massima a Torino ha raggiunto i 24 °C nelle ore centrali della giornata. Da martedì 16 e per il resto della settimana, fino a domenica 21, come è rappresentato in figura 61, l'Anticiclone delle Azzorre si è irrobustito ulteriormente ed esteso su tutto il Mediterraneo Centrale: la massa d'aria associata ha assunto caratteristiche tipiche 'nordafricane' con zero termico sui 4000-4500 metri, temperature massime in graduale aumento fino raggiungere 30 °C nella giornata di sabato 20 settembre e 29 °C nelle giornate di venerdì 19 e domenica 21 (figura 62). Tali valori risultano molto elevati se confrontati con le temperature medie del mese di settembre. Infine nel periodo esaminato, la copertura del cielo è stata perlopiù assente con cielo sereno o poco nuvoloso, se si escludono foschie nelle ore notturne. Da lunedì 22, come si può osservare in figura 63, il cielo si è coperto nelle ore centrali ed è rimasto nuvoloso per alcuni giorni con un calo sensibile delle temperature massime (figura 64).

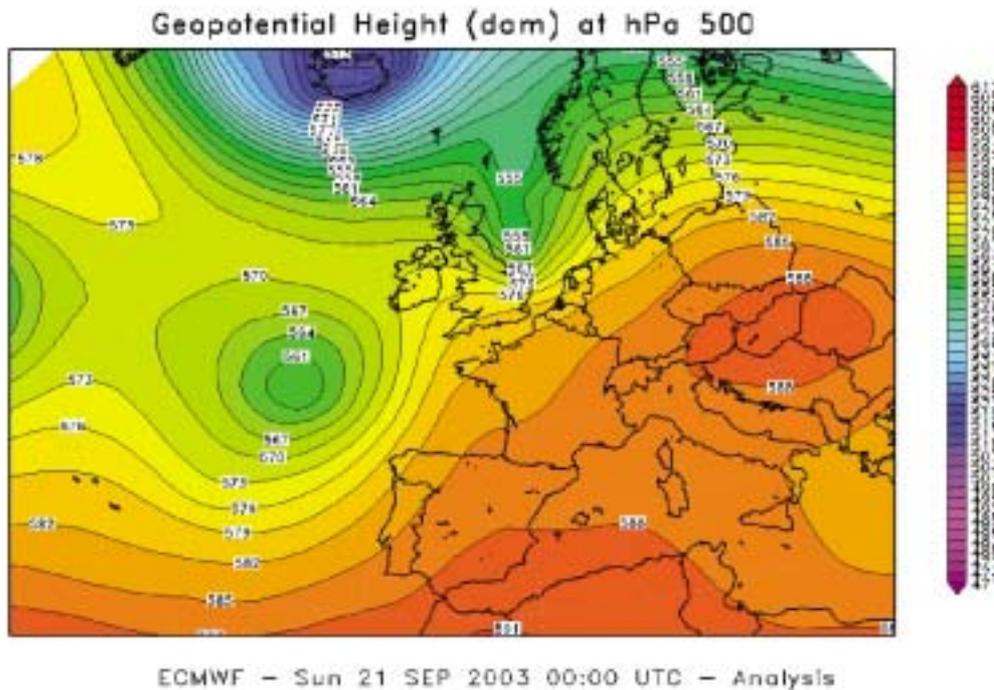


FIGURA 61: Quota (in decimetri s.l.m.) della superficie di geopotenziale a 500hPa il 21 settembre 2003, ore 00 UTC (ora di Greenwich) sull'Europa (dati: analisi ECMWF).

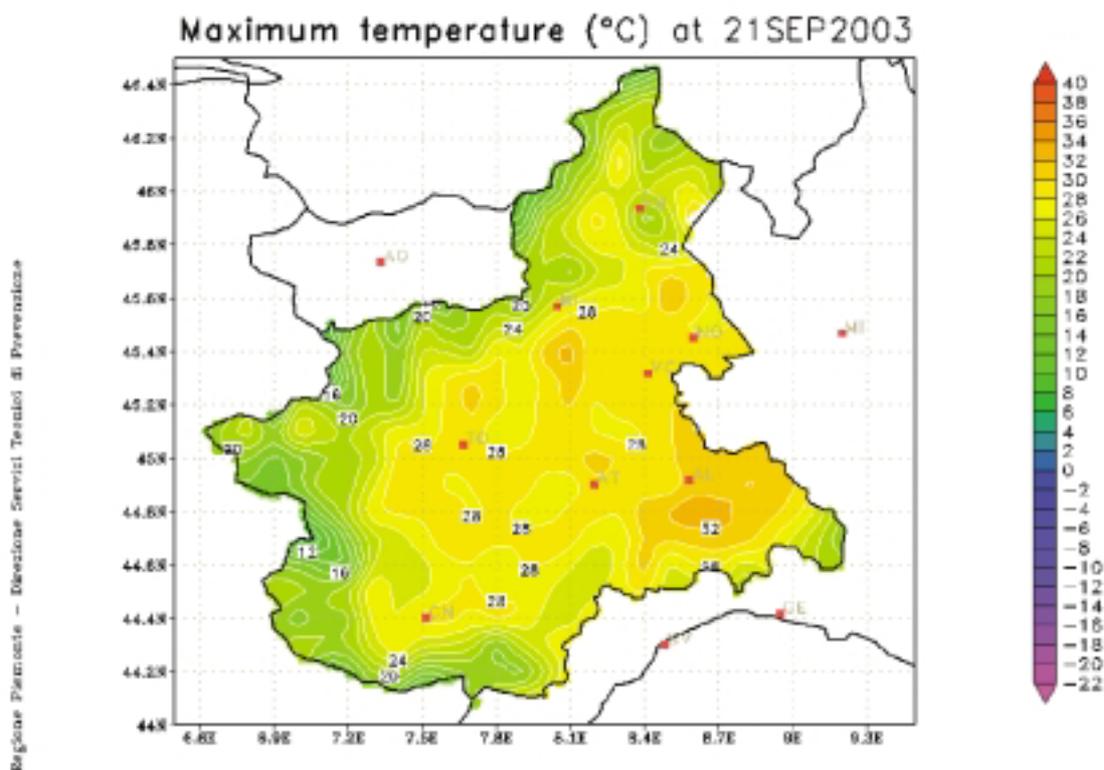


FIGURA 62: Temperature massime misurate in Piemonte il giorno 21 settembre 2003.

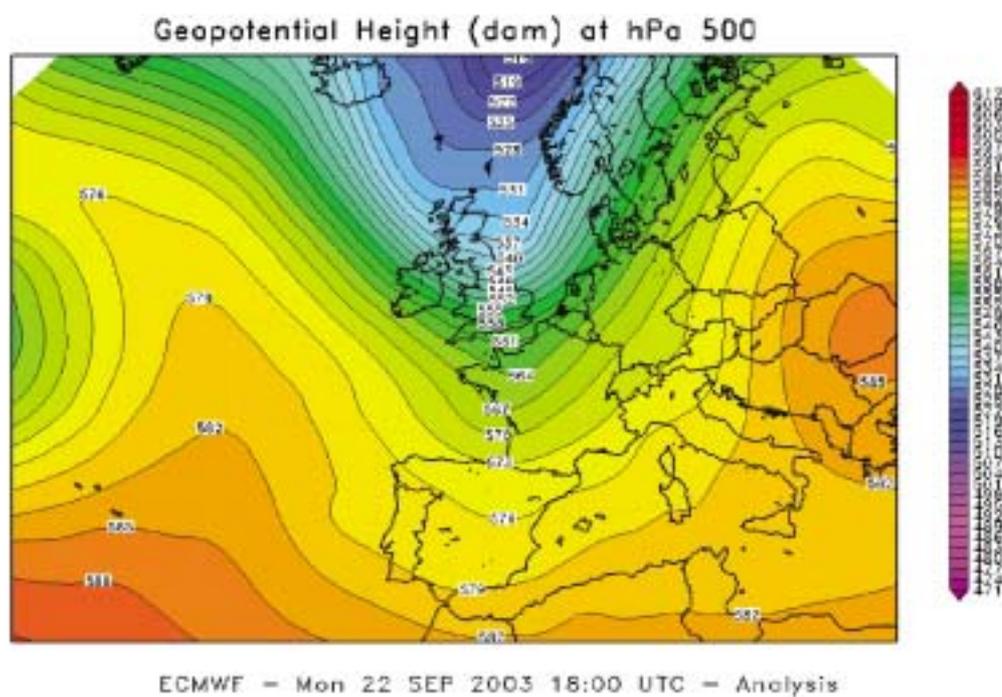


FIGURA 63: Quota (in decimetri s.l.m.) della superficie di geopotenziale a 500hPa il 22 settembre 2003, ore 18 UTC (ora di Greenwich) sull'Europa (dati: analisi ECMWF).

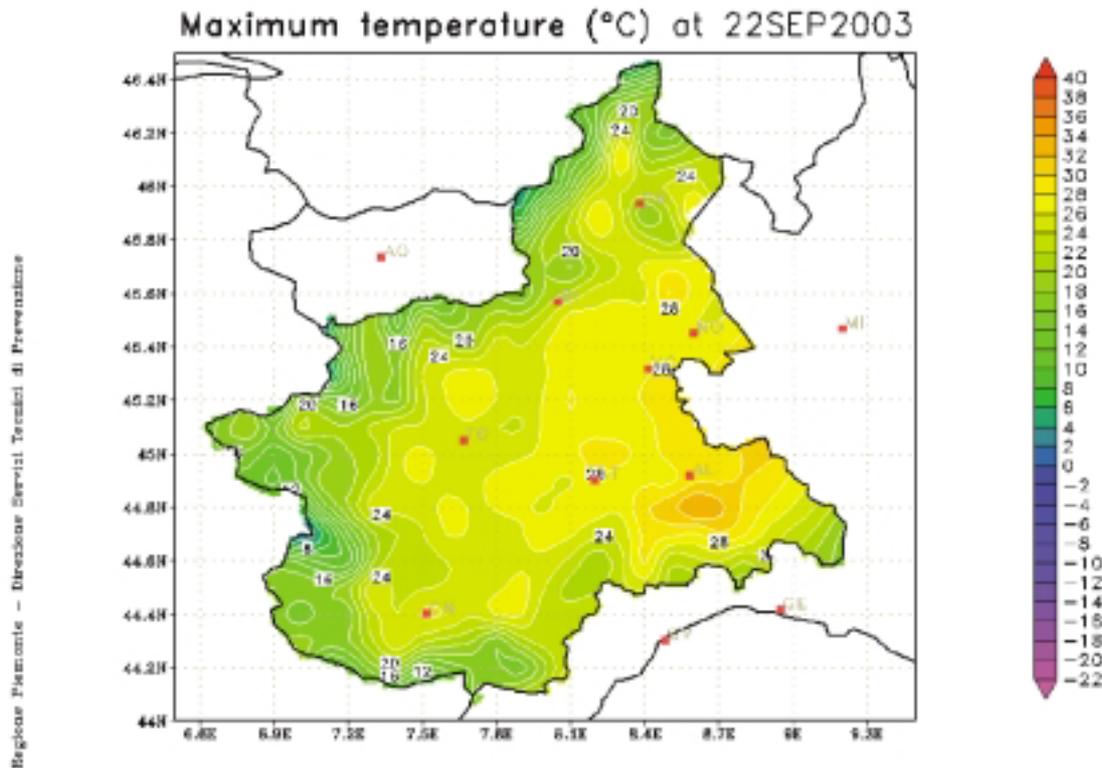


FIGURA 64: Temperature massime misurate in Piemonte il 22 settembre 2003.

Descrizione dell'evento di inquinamento

Nella terza settimana di settembre, quando sul nostro territorio insistevano le condizioni meteorologiche precedentemente descritte, si è verificato un evidente episodio di smog fotochimico, durante il quale tutte le centraline della qualità dell'aria situate nella provincia e nella città di Torino hanno misurato elevati valori di concentrazione di ozono, con superamenti del limite normativo di $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per sei giorni consecutivi (DM 16/5/96, livello per la protezione della salute, media mobile trascinata sulle 8 ore).

La formazione di ozono nella troposfera è originata da una complessa serie di reazioni, alcune delle quali attivate dall'irraggiamento solare, la cui descrizione è riportata nel capitolo dedicato a questo inquinante. L'aumento improvviso dei livelli di concentrazione di ozono è infatti comunemente noto come "smog estivo" perché strettamente correlato all'elevata temperatura e alla maggior intensità di radiazione solare, condizioni che avvengono generalmente in tale periodo.

L'episodio di inquinamento di ozono ha inizio il 16 settembre, quando tutte le stazioni operanti nella provincia di Torino presentano valori di concentrazione media su 8 ore di ozono al di sotto del limite per la protezione della salute umana di $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nei giorni successivi i livelli di ozono aumentano con un incremento giornaliero compreso fra 20 e $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valutato sempre sul valore massimo giornaliero delle medie di 8 ore.

I giorni con le concentrazioni più elevate sono stati sabato 20 e domenica 21 settembre. In particolare nelle centraline situate a sud e a est della provincia di Torino (Chieri, Pinerolo e Vinovo), rappresentate in figura 65, e nelle le stazioni di Torino Lingotto e Pino Torinese, rappresentate in figura 66, si sono verificati nel giorno di sabato 20 i massimi delle medie su 8 ore (Pinerolo $203 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Chieri $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Vinovo $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Torino Lingotto $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e Pino Torinese $228 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le stazioni situate a nord e a ovest della provincia di Torino, rappresentate in figura 67, hanno misurato i livelli più elevati di concentrazione di ozono domenica 21 settembre (Orbassano $174 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

Borgaro 201 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Alpignano 202 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e Susa 196 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La stazione di fondo rurale situata a Druento La Mandria ha misurato, pur essendo situata a nord ovest il massimo nella giornata di sabato 20 settembre (173 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come massima media su 8 ore).

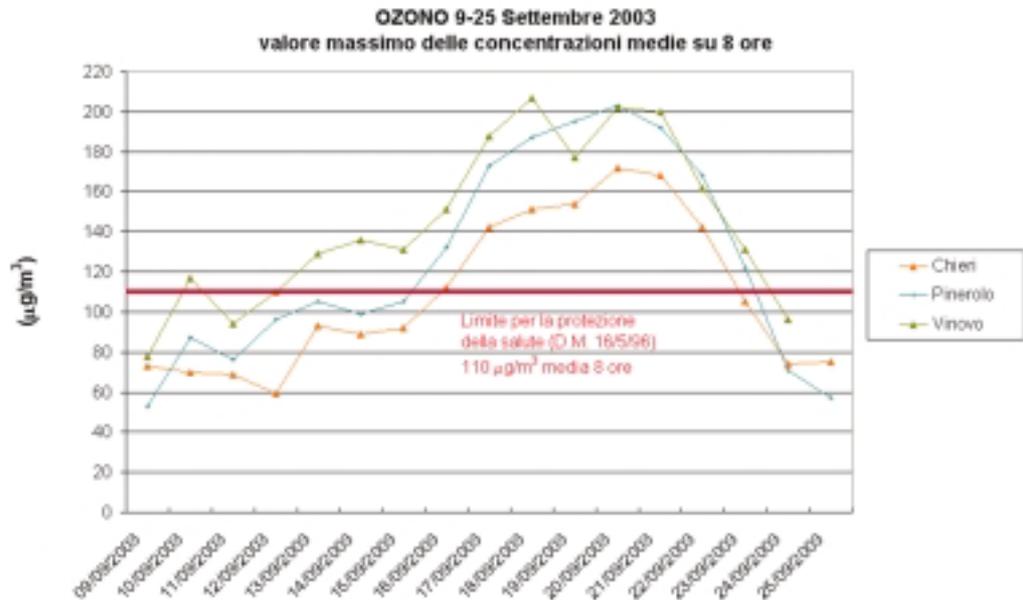


FIGURA 65: concentrazioni di ozono nelle stazioni situate a sud e est di Torino.

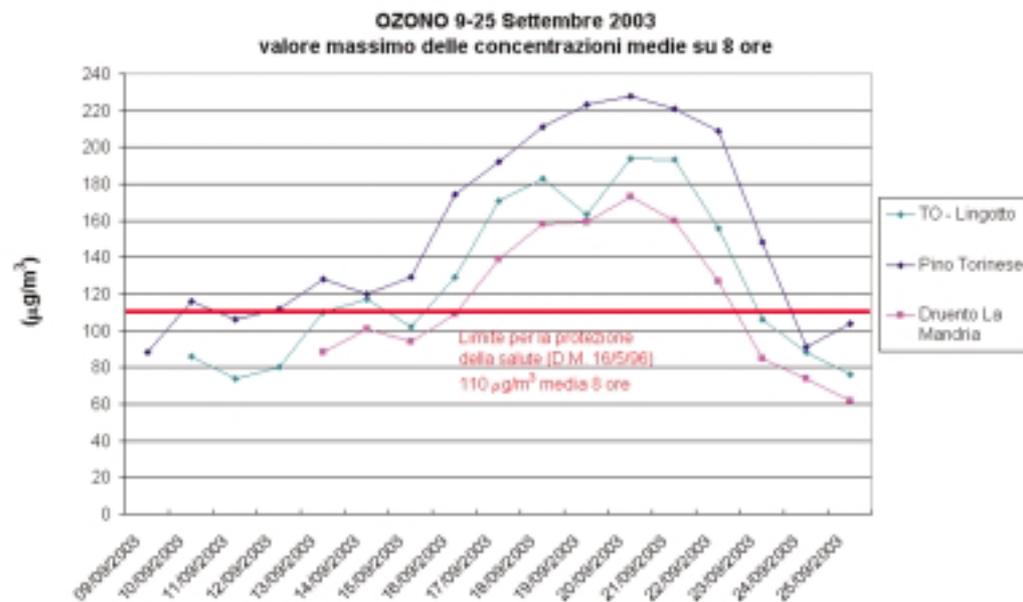


FIGURA 66: concentrazioni di ozono nelle stazioni di Torino e periferia.



FIGURA 67: concentrazioni di ozono nelle stazioni situate a nord e ovest di Torino.

Come si può osservare in figura 68, 69 e 70, gli andamenti orari delle concentrazioni di ozono in tutte le stazioni di Torino e provincia confermano quanto evidenziato sopra, relativamente all'analisi delle medie su 8 ore, rivelando superamenti del livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definito dal DM 25/11/94) nelle giornate dal 17 al 23 Settembre. I superamenti sono stati naturalmente rilevati nelle ore centrali della giornata dove si hanno maggiore insolazione ed i valori più elevati di temperatura. Inoltre si può osservare che i valori massimi di concentrazione di ozono sono misurati nell'arco del fine settimana ed in particolare che le stazioni di provincia, collocate in un ambiente periferico sub-urbano, come Alpiignano, Pino Torinese, Pinerolo e Vinovo, hanno rilevato le concentrazioni di ozono più elevate.

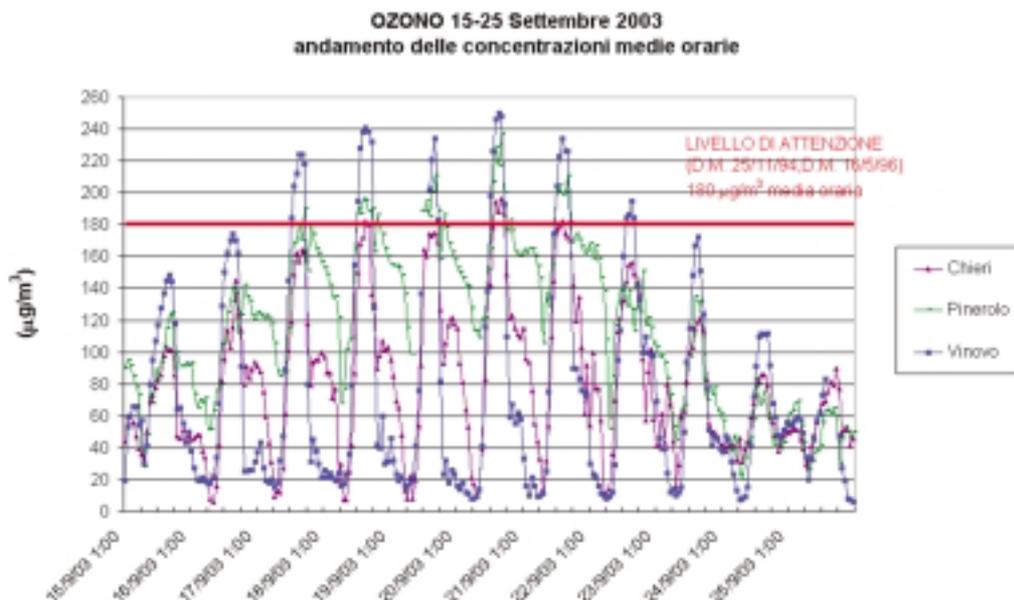


FIGURA 68: Andamento orario delle concentrazioni di ozono nelle stazioni a sud di Torino.

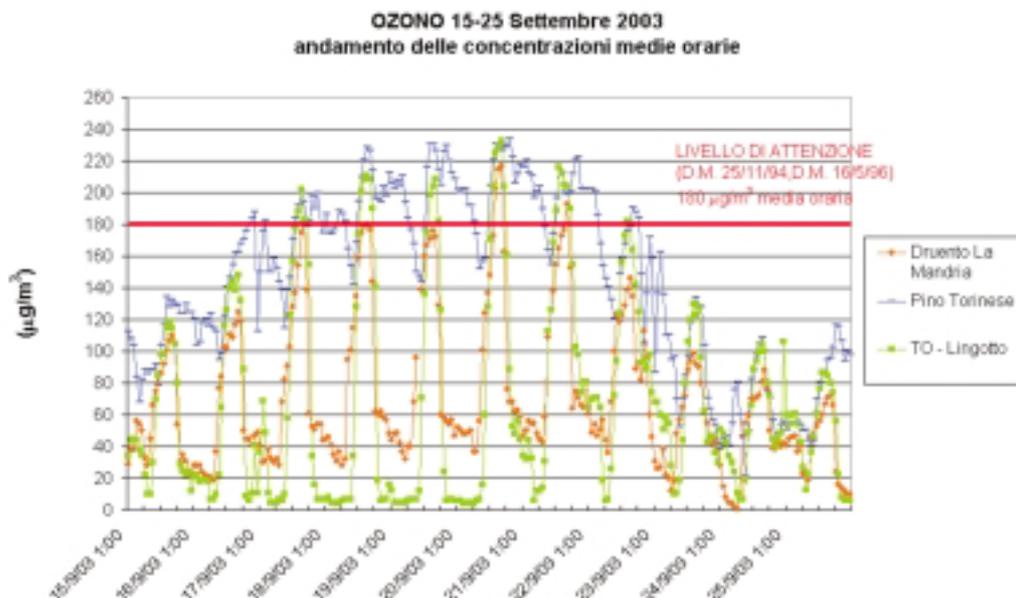


FIGURA 69: Andamento orario delle concentrazioni di ozono nelle stazioni di Torino e periferia.

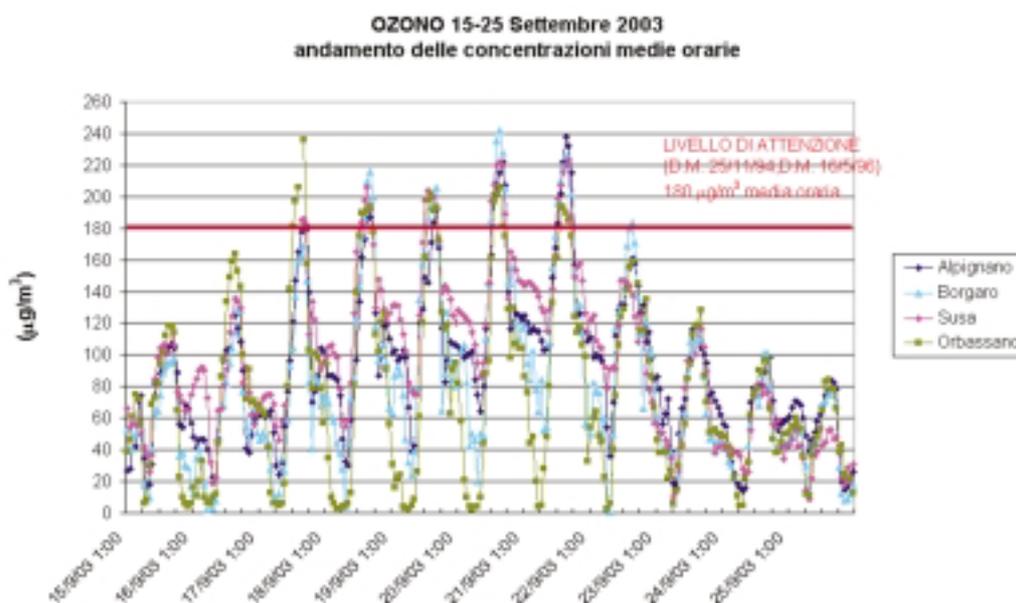


FIGURA 70: Andamento orario delle concentrazioni di ozono nelle stazioni a nord e ovest di Torino.

L'episodio verificatosi nel mese di settembre è singolare, sia dal punto di vista meteorologico sia dal punto di vista chimico, poiché contestualmente ad un aumento delle concentrazioni di ozono, sono state rilevate elevate concentrazioni degli ossidi di azoto. Come si può osservare in figura 71 e 72 nel periodo in esame tutte le centraline hanno misurato elevate concentrazioni di biossido di azoto e, nelle stazioni collocate in aree critiche, si è superato il valore limite orario per la protezione della salute (200 µg/m³). I valori massimi si sono verificati però nella giornata di venerdì 19, tale andamento è legato alla maggiore attività delle fonti responsabili delle emissioni degli ossidi di azoto nei giorni lavorativi.

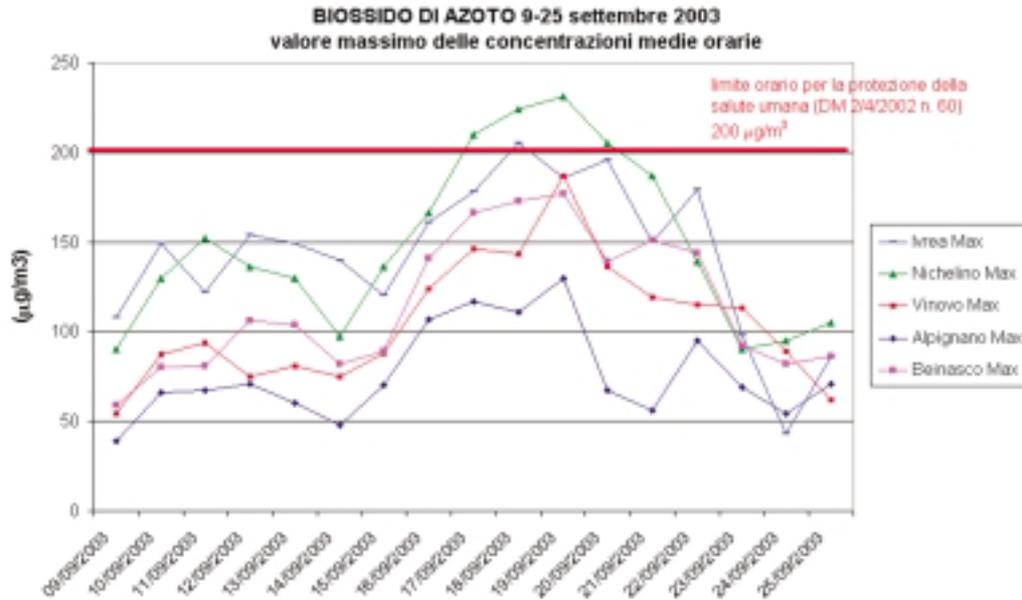


FIGURA 71: concentrazioni di NO₂ dal 9 al 25 settembre nelle stazioni situate in Provincia di Torino.

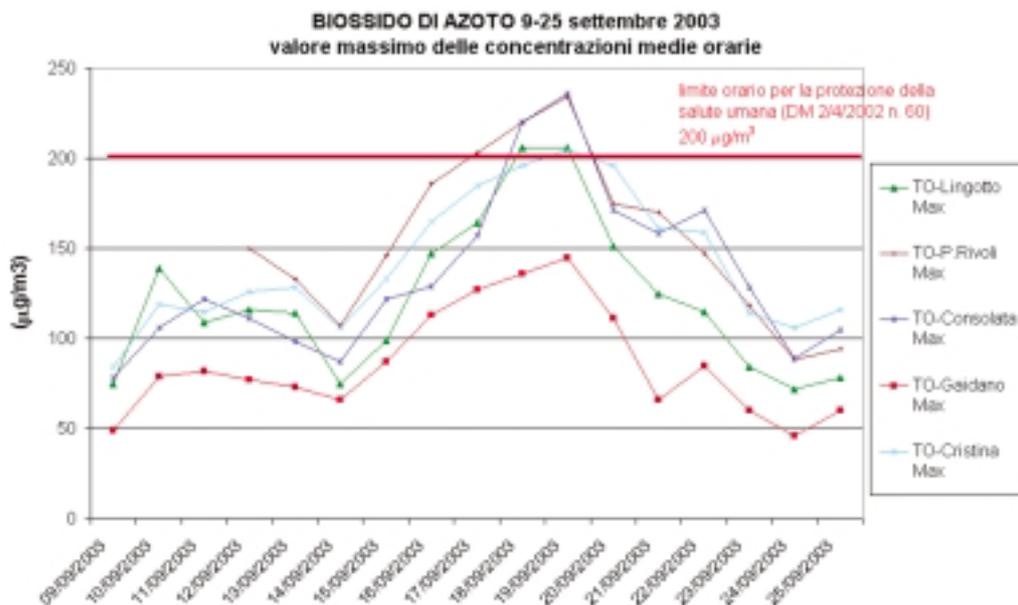


FIGURA 72: concentrazioni di NO₂ dal 9 al 25 settembre nelle stazioni di Torino città.

Analizzando congiuntamente le concentrazioni degli ossidi di azoto e di ozono (figura 73), misurate nelle stazioni che possiedono entrambi gli analizzatori, si osserva come il periodo analizzato sia un classico caso di “*effetto fine settimana*” durante il quale i livelli di ozono rilevati nel weekend sono superiori che negli altri giorni. L'effetto fine-settimana è il risultato della diminuzione delle emissioni di NO_x che si verifica nei giorni festivi. Una leggera e temporanea riduzione delle emissioni di NO_x provoca come diretta conseguenza un'alterazione degli equilibri ciclici che regolano la formazione e la distruzione dell'ozono. In particolare la minore emissione di NO comporta una ridotta efficienza della reazione ($\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$) che è responsabile dell'abbattimento dell'ozono.

Per tale ragione azioni che portano a temporanee limitazioni delle emissioni di NO_x sono controproducenti per ridurre le concentrazioni di ozono. Per superare l'iniziale effetto controproducente è necessario invece adottare provvedimenti che riducano permanentemente le emissioni degli NO_x .

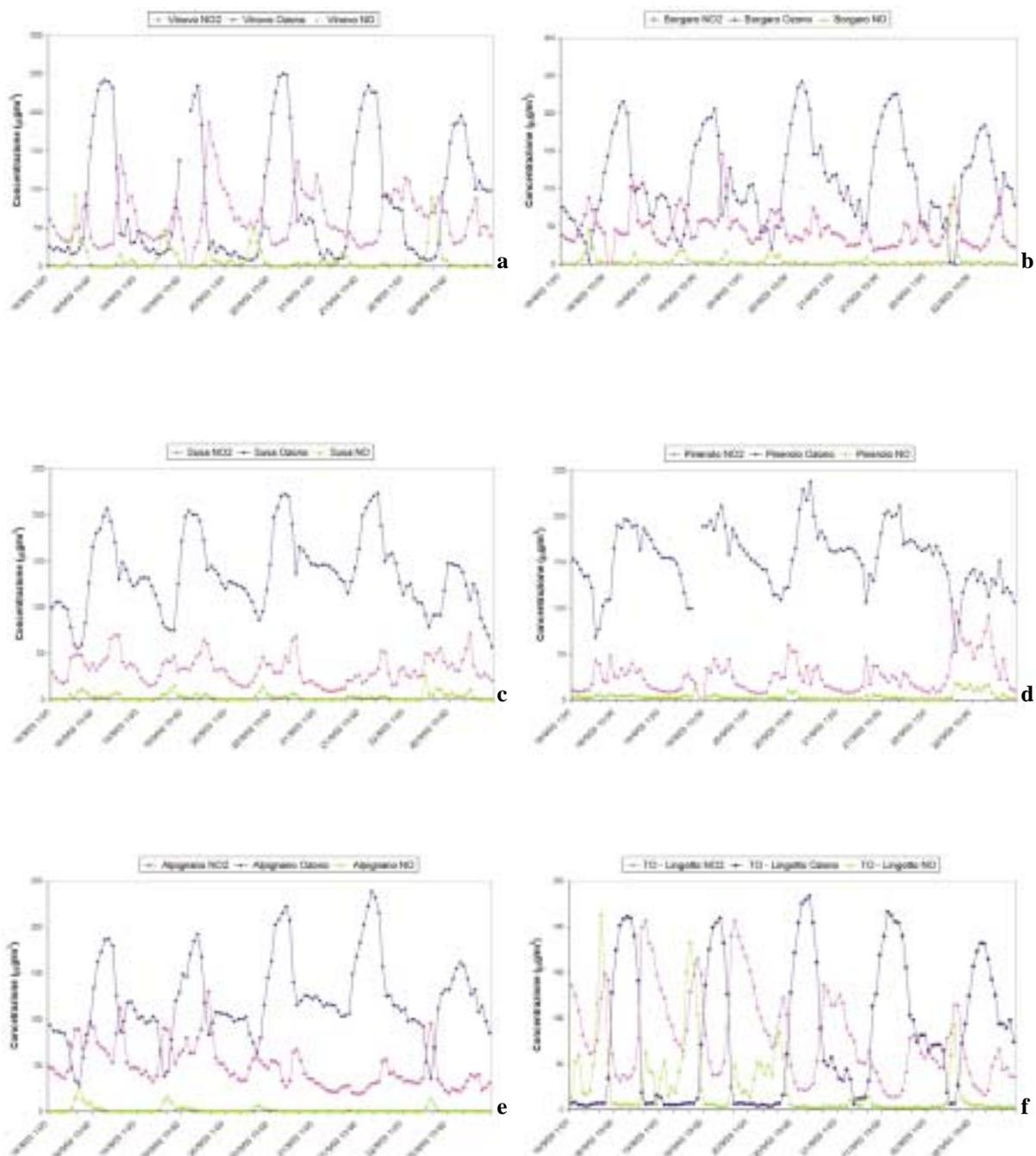


FIGURA 73: andamenti orari delle concentrazioni di ozono, NO_2 e NO nelle stazioni di Vinovo (a), Borgaro (b), Susa (c), Pinerolo (d), Alpignano (e) e Torino Lingotto (f).

INTRODUZIONE

Il reperimento di dati meteorologici (in particolare dati anemologici) per gli studi di impatto ambientale è sovente fonte di onerosi lavori di ricerca dati o di assunzioni poco giustificate. In molti casi questi studi utilizzano serie storiche di dati o tabelle di frequenze statistiche relative a siti lontani dalla sede dell'impianto o dell'opera di cui si deve stimare l'impatto sulla qualità dell'aria; in altri casi, in presenza di disponibilità di dati anche recenti nelle immediate vicinanze, non è sempre facile verificare la significatività delle misure (per quanto riguarda ad esempio la localizzazione degli strumenti o il corretto funzionamento dei sensori). A fronte di queste difficoltà, le elaborazioni previsionali di impatto possono essere poco credibili e generare contenziosi. Il progetto descritto in questa relazione si è posto l'obiettivo di superare il problema attraverso la costruzione di un archivio meteorologico che permetta di estrarre e distribuire serie storiche di dati che possano essere di riferimento per le diverse aree del territorio della provincia di Torino. La soluzione scelta si basa sull'utilizzo della modellistica tridimensionale per la ricostruzione dei campi di vento, di temperatura e degli altri parametri che influenzano la dispersione degli inquinanti in atmosfera. La complessità orografica e le problematiche inerenti ai regimi di venti deboli presenti sul territorio provinciale rendono necessario l'utilizzo di modelli capaci di utilizzare al meglio le numerose informazioni fornite dalle osservazioni disponibili ed in grado di simulare alcuni degli effetti indotti dai rilievi orografici e dalla copertura superficiale del terreno. I campi di vento e temperatura sono stati ricostruiti attraverso l'applicazione del modello meteorologico diagnostico MINERVE (Aria Technologies 1995, 1999, 2001). Successivamente i campi meteorologici ottenuti dal modello sono stati utilizzati per valutare le classi di stabilità e per ricostruire i parametri di scala della turbolenza atmosferica, che possono essere utilizzati per l'applicazione di modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera di nuova generazione. I parametri di scala della turbolenza, l'altezza dello strato rimescolato e le classi di stabilità sono stati calcolati attraverso l'applicazione del pre-processore meteorologico SURFPRO (Arianet, 2002). I campi meteorologici ottenuti sono stati verificati attraverso il confronto con le osservazioni disponibili sul territorio in esame. È stata inoltre sviluppata una procedura di estrazione di serie storiche dei dati di interesse, che può essere controllata attraverso un'interfaccia amichevole.

Il progetto si è articolato nelle diverse fasi di lavoro illustrate in dettaglio nei capitoli seguenti.

ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

L'attività di costruzione della base dati meteorologica si è articolata nei seguenti punti, illustrati in dettaglio all'interno dei capitoli seguenti:

1. Raccolta ed analisi delle osservazioni meteorologiche disponibili sul territorio in esame: dati al suolo della rete meteorologica della Provincia di Torino, osservazioni della rete del Servizio Meteorologico dell'ARPA Piemonte, dati sinottici e radiosondaggi del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM) e analisi meteorologiche del *European Centre for Medium range Weather Forecast* (ECMWF). Selezione delle postazioni da utilizzare nelle simulazioni modellistiche.
2. Costruzione della catena di modelli per la ricostruzione dei campi meteorologici e dei parametri di scala che definiscono lo stato dello strato limite atmosferico in termini di stabilità ed intensità della turbolenza. I modelli utilizzati sono il modello meteorologico diagnostico MINERVE, in grado di ricostruire i campi tridimensionali di vento e temperatura, ed il pre-processore meteorologico SURFPRO, in grado di valutare le caratteristiche dispersive dell'atmosfera attraverso la stima di campi bidimensionali delle seguenti variabili: lunghezza di Monin-Obukhov, velocità di frizione, classe di stabilità di Pasquill e altezza dello strato rimescolato.
3. Costruzione di un Data-Base (DB) di campi di vento, temperatura e dei parametri di scala della turbolenza atmosferica sul territorio della Provincia con risoluzione di 1 km e su base oraria.

4. Verifica di qualità del DB con tecniche di tipo sia statistico che fisico: analisi delle serie temporali e calcolo delle rose dei venti in diversi punti del grigliato, indagine sulle corretta riproduzione dei fenomeni fisici conosciuti (alternanza delle brezze di monte e valle, regimi anemologici diurni e notturni o stagionali, ecc); verifica sui punti di misura della correttezza dei valori ottenuti con il modello; esame delle zone di incerta definizione del campo anemologico.
5. Estrazione di mappe di ventosità e di potenzialità eolica del territorio provinciale: sono state calcolate le statistiche di lungo periodo delle velocità del vento e, successivamente, i parametri che permettono di valutare le potenzialità di sfruttamento dell'energia eolica; questi calcoli eseguiti su tutto il territorio in esame e per diversi livelli verticali permetteranno di individuare la presenza di siti di interesse, da sottoporre eventualmente ad un approfondimento dell'indagine (misure sperimentali ad hoc, valutazioni specifiche su più anni).
6. Costruzione di un software interattivo per l'estrazione dei dati dal DB: l'operatore può introdurre semplicemente le coordinate del punto e le quote di interesse per ottenere le serie storiche dei dati orari. È così possibile avere, per un ipotetico impianto di cui si deve studiare l'impatto ambientale, le "misure anemometriche virtuali" nella posizione della ciminiera o alla quota di livellamento fumi. Possono essere estratti dall'archivio anche i dati di temperatura e i parametri di dispersione.

ANALISI E SELEZIONE DELLE OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE DISPONIBILI

La prima attività, in ordine sia cronologico che logico, ha riguardato il reperimento dei dati meteorologici, l'analisi delle caratteristiche dei set di dati disponibili e la selezione delle stazioni da utilizzare effettivamente nelle simulazioni modellistiche. Questo lavoro è stato svolto in stretta collaborazione con la Provincia di Torino e con il Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio dell'ARPA Piemonte.

Si è rilevata la presenza delle seguenti tipologie di dati meteorologici:

- a) Analisi ECMWF;
- b) Dati dell'Aeronautica Militare: SYNOP, TEMP;
- c) Osservazioni della rete meteorologica regionale (Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio dell'ARPA Piemonte);
- d) Osservazioni della rete di qualità dell'aria della Provincia di Torino;
- e) SODAR e RASS dell'Università di Torino.

Il posizionamento geografico delle diverse informazioni meteorologiche disponibili è riportato nelle figure 74 e 75. In figura 74, sono illustrate le posizioni dei dati meteorologici di tipo (a-c) rispetto ai confini delle Province del Piemonte ed al dominio di calcolo prescelto per le simulazioni modellistiche. Si può osservare una buona copertura dell'area di interesse da parte delle osservazioni, si deve rilevare la mancanza di profili verticali (TEMP) all'interno del dominio di calcolo. A queste informazioni vanno aggiunti i profili di vento e temperatura forniti dalle misure di SODAR e RASS disponibili a Torino. Questi ultimi strumenti sono però in grado di sondare solo gli strati atmosferici più prossimi al terreno (500 metri circa) e, nel caso di Torino, il loro funzionamento è limitato alle ore diurne. In figura 75 è illustrata, in maggior dettaglio, la posizione delle postazioni delle reti del Settore Meteoidrografico dell'ARPA Piemonte (c) e della Provincia di Torino (d). Sono state cerciate le postazioni della rete regionale dotate di dati anemometrici. Si può osservare una buona copertura dell'area pianeggiante e della Val di Susa, mentre si deve rilevare la mancanza di dati di vento sulle altre regioni montuose, in particolare nell'area nord-ovest della Provincia di Torino.

A seguito di un'analisi preliminare delle osservazioni disponibili, sono state individuate quelle adeguate alla costruzione della base dati e al corretto funzionamento della catena modellistica che si intende adottare.

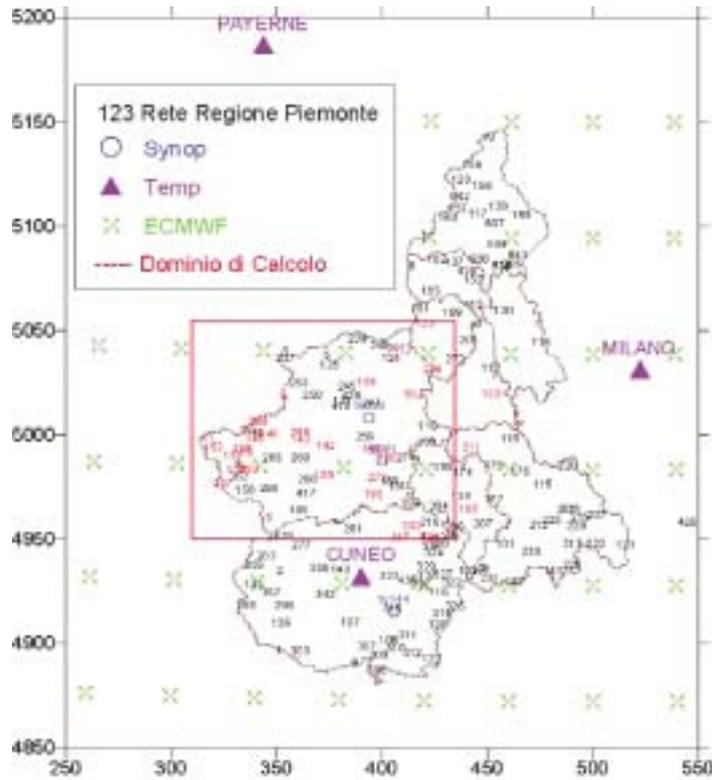


FIGURA 74: posizione geografica delle informazioni meteorologiche disponibili sul territorio della Regione Piemonte.

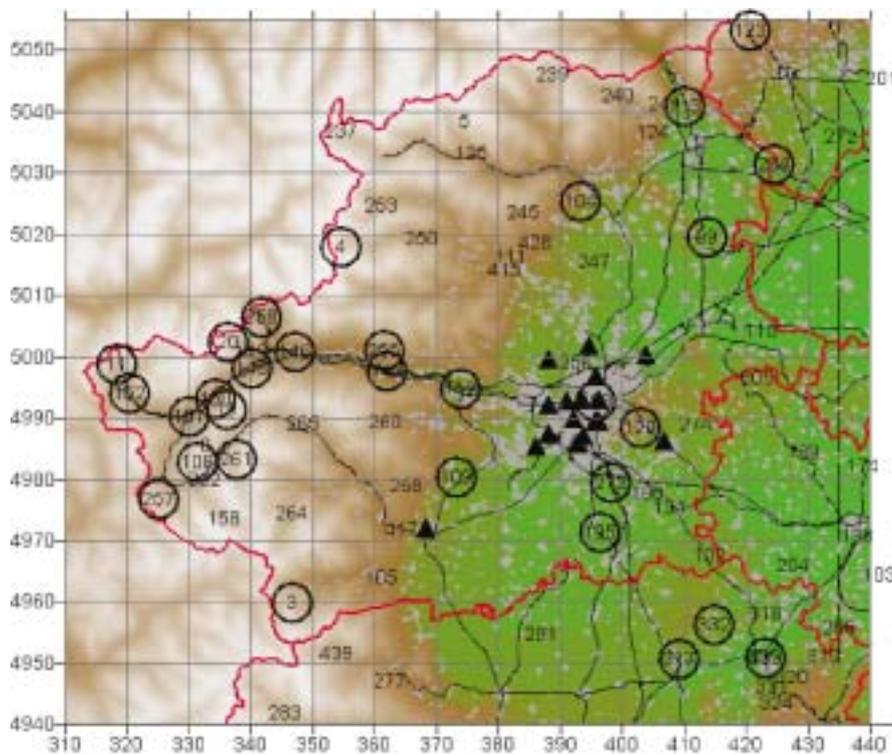


FIGURA 75: posizione delle postazioni meteorologiche delle reti della Provincia di Torino (triangoli) e del Settore Meteoidrografico dell'ARPA Piemonte (numeri delle stazioni, i numeri cerchiati indicano le postazioni dotate di misure di vento).

COSTRUZIONE DELLA BASE DATI ANNUALE

Modelli meteorologici diagnostici utilizzati

Per la ricostruzione dei campi meteorologici tridimensionali e bidimensionali richiesti è stata costruita una catena operativa di modelli e procedure di formattazione dei dati costituita dai seguenti elementi:

- 1) **Minerve**, modello diagnostico per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura;
- 2) **Surfpro**, processore meteorologico per la valutazione dei parametri di scala della turbolenza atmosferica (altezza dello strato limite planetario, lunghezza di Monin-Obukhov, classe di stabilità di Pasquill, ecc.);
- 3) **Convbin**, programma di formattazione/compressione dei dati per la costruzione dell'archivio meteorologico nel suo formato definitivo.

Il codice MINERVE riceve in input l'insieme delle informazioni meteorologiche descritte nel capitolo precedente e la descrizione delle caratteristiche di orografia e rugosità superficiale del sito. Il modello produce quindi un file di output in formato ADSO/bin contenente i campi tridimensionali di vento (componenti cartesiane), temperatura, ed altre informazioni accessorie, per tutte le scadenze temporali interessate dalla simulazione e presenti nel file di input meteorologico.

Il codice SURFPRO legge il file di output di MINERVE, aggiunge la mappatura dell'uso del suolo e i dati di radiazione solare osservati da una postazione di riferimento, e quindi produce un file di output in formato ADSO/bin che contiene i campi tridimensionali di vento e temperatura prodotti da MINERVE, ai quali sono stati aggiunti i parametri di scala della turbolenza atmosferica, l'altezza di rimescolamento, la classe di stabilità di Pasquill ed altre informazioni accessorie quali la radiazione solare globale e netta.

Il programma CONVBIN legge il file prodotto da SURFPRO, estrae unicamente le variabili di interesse su di un numero limitato di livelli verticali (fra la superficie e circa 2000 metri di altezza) e scrive i dati in un file in formato compresso, in modo tale da contenere il più possibile l'occupazione di spazio disco. In pratica viene scritto un file binario ad accesso diretto, comprimendo il valore delle variabili fisiche in 2 bytes.

Le variabili incluse nella base dati sono le seguenti:

variabili tridimensionali:

1. componenti orizzontali u e v del vento (m/s);
2. temperatura dell'aria (C);

variabili bidimensionali:

1. radiazione solare globale (W/m^2),
2. flusso di calore sensibile (W/m^2),
3. *friction velocity* – u^* (m/s),
4. lunghezza di Monin-Obukhov (m),
5. velocità di scala convettiva – w^* (m/s),
6. altezza di rimescolamento (m),
7. classe di stabilità di Pasquill/Gifford/Turner.

La procedura di calcolo è stata sottoposta a verifica utilizzando alcune simulazioni di prova su periodi temporali limitati. Il dominio di calcolo (figura 74 e 76) è definito da una griglia di $126 \times 106 \times 25$ punti, con risoluzione orizzontale di 1 km ed il primo livello verticale localizzato a circa 12 m di altezza dalla superficie orografica.

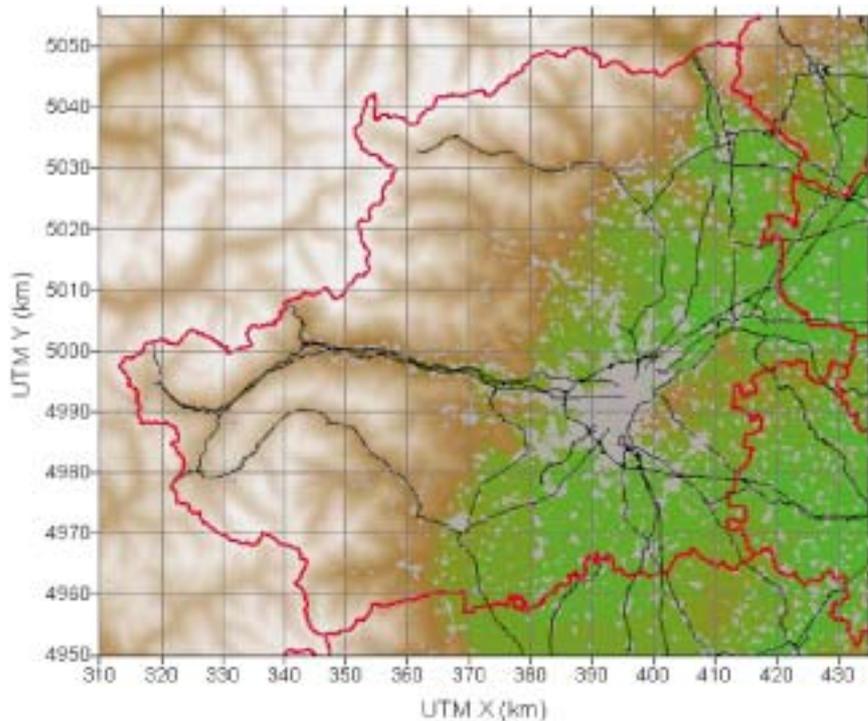


FIGURA 76: dominio di calcolo delle simulazioni modellistiche. La carta illustra i rilievi orografici, i confini provinciali, le principali arterie stradali e le aree urbanizzate.

Operazioni necessarie alla costruzione della base dati annuale

La costruzione dell'archivio meteorologico annuale è stata effettuata attraverso la seguente procedura operativa:

- a) Costruzione di una base dati ADSO per il periodo 01/06/1999-31/08/2000. La base dati nel formato ADSO può essere acceduta attraverso il sistema modellistico Aria Industry e potrà quindi essere utilizzata anche al di fuori del progetto in considerazione, per costruire simulazioni differenti.
- b) Costruzione dei files di input meteorologici per il modello *mass consistent* MINERVE. Questa operazione è stata eseguita attraverso l'applicazione del codice SPRADSG, incluso nel sistema modellistico Aria Industry, che permette di costruire il file di input di MINERVE a partire da una base dati ADSO e da alcuni files di configurazione. I files di input di MINERVE sono stati costruiti su base decennale, generando 3 files per mese. L'insieme dei 36 files generati per l'anno meteorologico in considerazione sono stati raccolti su CDROM. In questo modo sarà possibile riprodurre, quando necessario, le simulazioni e disporre dell'insieme dei campi meteorologici calcolati su tutto il dominio di calcolo. Quest'ultima possibilità potrà essere utilizzata, ad esempio, per ottenere i dati meteorologici necessari per effettuare simulazioni di breve periodo con il modello Lagrangiano a particelle SPRAY.
- c) Preparazione dei files che descrivono l'orografia, l'uso del suolo e la rugosità superficiale. La descrizione dell'orografia è stata ottenuta attraverso l'applicazione del codice RELIEF, con il quale i dati della base dati di partenza, avente risoluzione di 250 metri, sono stati riportati alla risoluzione di calcolo (1 km) con un procedimento di filtraggio finalizzato ad eliminare oscillazioni delle quote e pendenze del terreno eccessive per la risoluzione in esame (figura 77). L'uso del suolo è stato ottenuto a partire dal CORINE Land Cover Data Base, avente una risoluzione di partenza di 250 metri. Da questi dati è stata ottenuta la dis-

- tribuzione delle classi alla risoluzione di calcolo di 1 km. La descrizione della rugosità superficiale è ricavata dall'uso del suolo selezionando la rugosità superficiale associata alla classe di copertura prevalente su aree di 1 km² (figura 78 e 79)
- d) Costruzione dei files di configurazione dei parametri di controllo dei codici MINERVE e SURFPRO. Attraverso questi files si definiscono alcune caratteristiche generali delle simulazioni e si definiscono le modalità di calcolo attraverso la scelta fra le diverse opzioni offerte dai modelli.
 - e) Costruzione dei files di Radiazione Solare, da fornire a SURFPRO per la correzione della nuvolosità locale, a partire dai valori osservati. La radiazione solare globale viene infatti inizialmente stimata in modo teorico a partire dalla posizione geografica del punto in esame, dall'influenza della topografia (pendenza del terreno ed eventuale proiezione di ombre), dal giorno dell'anno e dall'ora in esame. Questo calcolo può essere successivamente corretto sulla base di valori osservati di radiazione, per tenere conto degli eventuali effetti di riduzione della radiazione dovuti alla presenza di nubi. L'analisi delle serie temporali delle differenti postazioni, presenti nell'area in esame, ha condotto ad individuare la postazione di Bauducchi come stazione di riferimento per la radiazione solare.
 - f) Esecuzione di alcune simulazioni preliminari per confermare le scelte operate nella definizione del set di osservazioni da utilizzare e per definire i valori da attribuire ai parametri di controllo del codice MINERVE, che determinano le modalità di calcolo del modello.
 - g) Esecuzione in sequenza, su ognuno dei periodi decadali considerati, della catena di codici MINERVE+SURFPRO+CONVBIN e costruzione della base dati annuale.

Provincia di Torino - Orografia

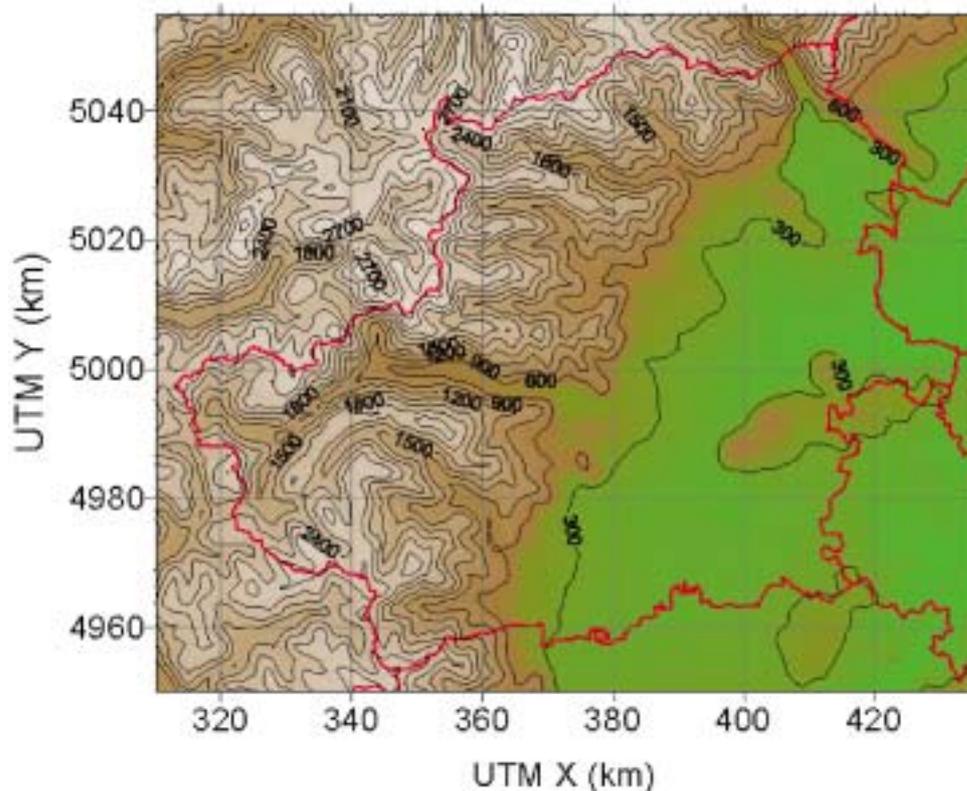


FIGURA 77: descrizione dei rilievi orografici utilizzata nelle simulazioni con i modelli MINERVE e SURFPRO.

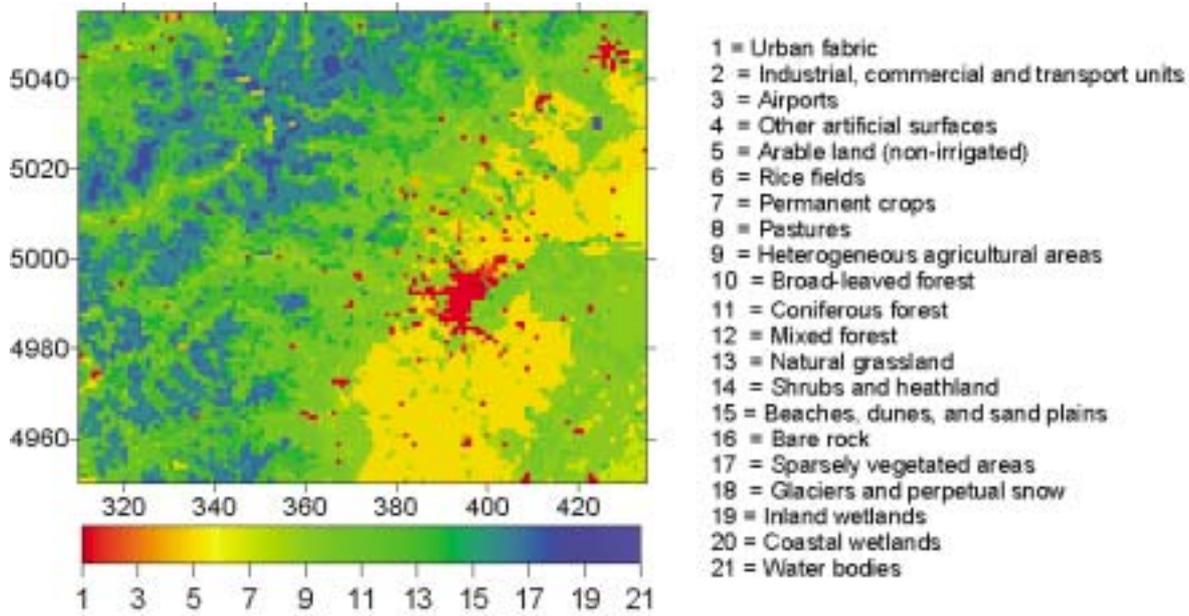


FIGURA 78: uso del suolo. I valori si riferiscono alle classi CORINE, ridotte in modo da eliminare le classi influenti per scopi di modellistica di dispersione degli inquinanti.

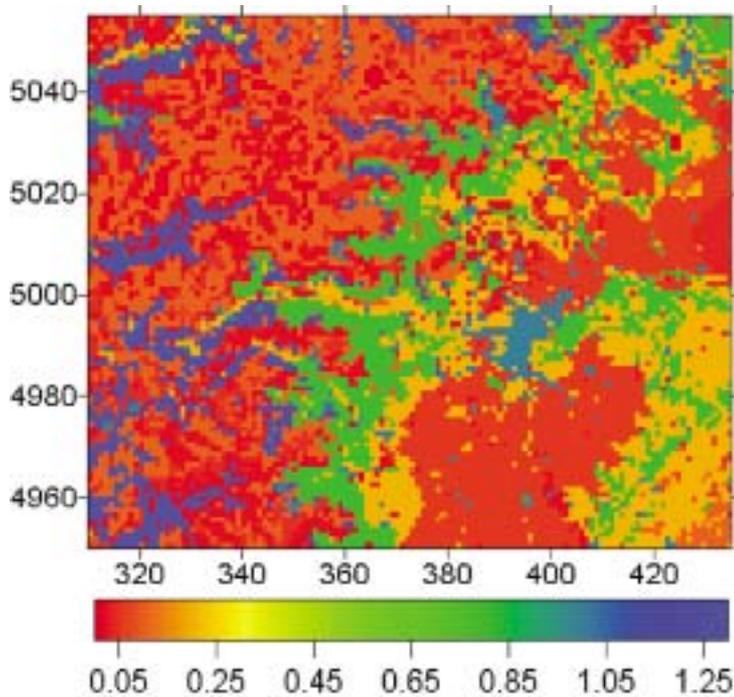


FIGURA 79: rugosità superficiale. I valori riportati sono stati ottenuti dalla classe prevalente del CORINE land cover.

CASI TEST PER LA MESSA A PUNTO DELLE SIMULAZIONI DI LUNGO PERIODO

In accordo con il Servizio Meteorologico Regionale dell'ARPA Piemonte si è scelto di eseguire preliminarmente la simulazione di alcuni periodi di particolare interesse sia dal punto di vista meteorologico che della qualità dell'aria. Le ricostruzioni dei campi meteorologici durante questi periodi di studio sono state utilizzate sia per completare la definizione del set di osservazioni da utilizzare come dati di input per i modelli, sia per definire i valori da attribuire ai parametri di controllo del codice MINERVE, che determinano, ad esempio, la modalità di interpolazione spaziale delle osservazioni. Le seguenti condizioni meteorologiche sono state giudicate come quelle di maggior interesse per i problemi di qualità dell'aria:

1. alta pressione invernale con venti deboli e possibili episodi di inquinamento acuto per NO_x e PM_{10} ;
2. föhn o venti intensi occidentali, associabili a condizioni di aria pulita;
3. alta pressione estiva con deboli circolazioni a carattere di brezza, associabile a possibili episodi di inquinamento acuto per NO_x e O_3 .

Poiché le condizioni di vento teso sono normalmente caratterizzate da una relativa uniformità, o perlomeno da una debole variazione spaziale del campo di vento, si è preferito porre l'attenzione sui casi 1) e 3) che si presentano come più critici sia dal punto di vista di una corretta ricostruzione diagnostica dei campi meteorologici, sia per quanto riguarda gli effetti di tali campi sul trasporto e sulla dispersione degli inquinanti emessi da sorgenti al suolo e da sorgenti elevate.

Per la prima delle condizioni meteorologiche presentate si è individuato il periodo 20-31/01/2000, già preso in considerazione da studi modellistica realizzati da ARPA Piemonte (De Maria et al., 2003). All'interno di questo periodo, nelle giornate comprese fra il 28 ed il 31 gennaio, sono stati registrati superamenti della soglia di attenzione per NO_2 , in diverse postazioni della rete di controllo della qualità dell'aria della Provincia di Torino. Durante i giorni 29 e 30 si è registrato un episodio di föhn, che ha interessato unicamente la regione alpina della provincia e non ha influenzato la circolazione sulle zone pianeggianti.

Per la terza condizione citata si è considerato il periodo 15-25/07/1999, durante il quale si sono registrati superamenti della soglia di attenzione per le concentrazioni medie orarie di O_3 in alcune postazioni della rete di monitoraggio della Provincia di Torino.

Sui due periodi citati sono stati ricostruiti i campi di vento applicando il codice MINERVE con tre diverse modalità di interpolazione delle osservazioni disponibili:

1. interpolazione su strati che seguono il terreno (Cressman 2D);
2. interpolazione per triangolazione delle osservazioni superficiali e successiva interpolazione tridimensionale delle osservazioni fornite dai profili verticali e dalle analisi ECMWF (Triangolazione+Cressman 3D);
3. interpolazione tridimensionale diretta di tutte le osservazioni al suolo ed in quota (Cressman 3D).

I risultati delle simulazioni sono stati quindi analizzati attraverso l'esame grafico comparato dei campi di vento superficiali, attraverso il confronto qualitativo con le osservazioni disponibili su tutto il territorio provinciale, e per mezzo di un confronto quantitativo dei venti calcolati con le osservazioni in alcune postazioni, scelte per la loro rappresentatività territoriale. Sono state utilizzate a questo scopo le postazioni di Consolata, Pino Torinese, Salbertrand, Avigliana e Baldissero, in modo da coinvolgere nel confronto aree geografiche aventi caratteristiche anemologiche differenti. Nelle figure 80 e 81 sono illustrati a titolo di esempio i confronti fra i venti osservati nelle postazioni di Consolata e Avigliana ed i valori calcolati con i metodi di interpolazione 1) e 2) per il periodo test invernale. Ad un primo esame qualitativo delle caratteristiche generali dei campi di vento calcolati, la modalità di interpolazione tridimensionale diretta 3) si è dimostrata inadatta all'applicazione in esame a causa della densità e del posizionamento reciproco delle misure al suolo ed in quota. Questa modalità di interpolazione è stata quindi scartata e non è considerata nel confronto illustrato.

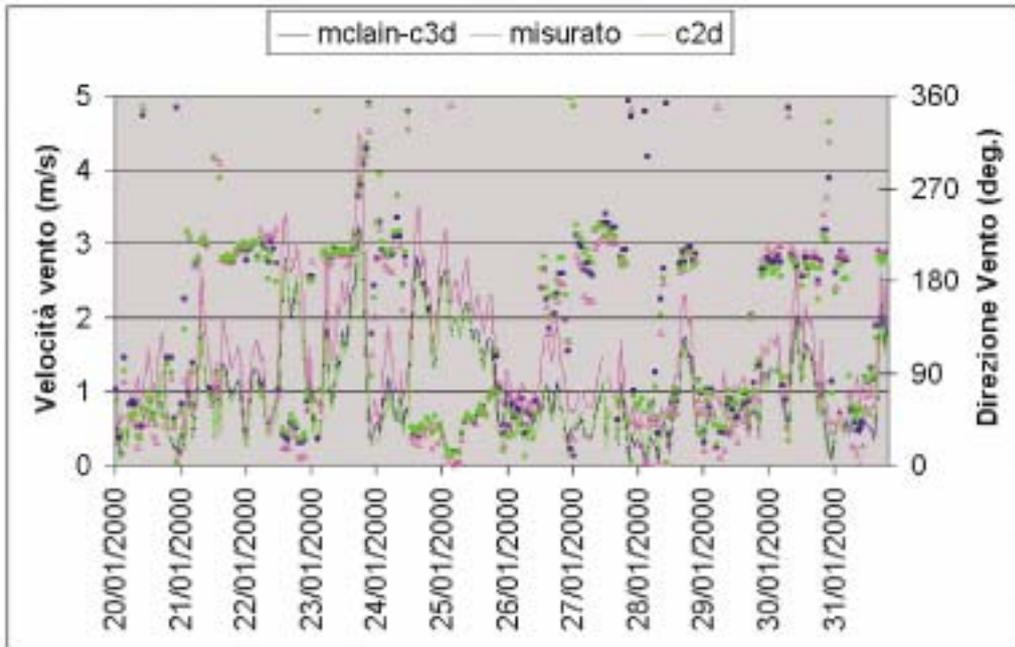


FIGURA 80: confronto di velocità e direzione del vento calcolate con i valori osservati nella postazione di Consolata. Simulazione del periodo test invernale 20-31/01/2000.

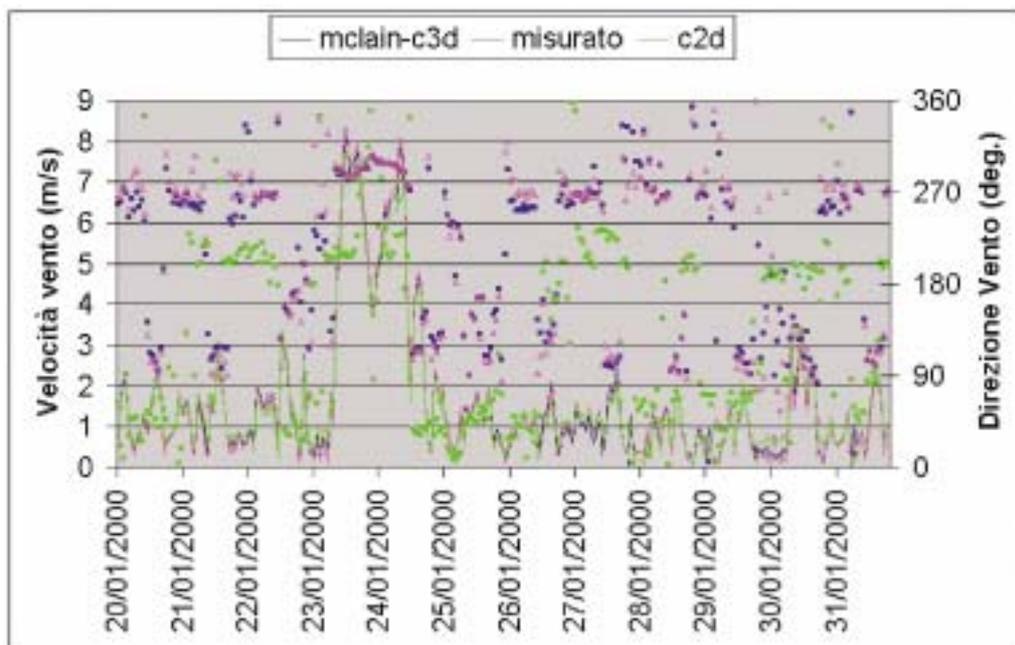


FIGURA 81: confronto di velocità e direzione del vento calcolate con i valori osservati nella postazione di Avigliana. Simulazione del periodo test invernale 20-31/01/2000.

La tabelle 50 e 51 contengono il confronto fra gli errori medi e gli errori medi normalizzati fra le simulazioni considerate e le osservazioni prescelte per il confronto. La definizione degli errori è illustrata dalle formule seguenti:

Errore medio (m/s):

$$Err = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |V_{oi} - V_{ci}|$$

$$Err_norm = \frac{\sum_{i=1}^N |V_{oi} - V_{ci}|}{\sum_{i=1}^N V_{oi}}$$

dove N è il numero di dati osservati utilizzato per la verifica, V_{oi} e V_{ci} sono reciprocamente le velocità del vento osservate e calcolate durante l'ora i .

Il confronto degli errori mostra una miglior prestazione della modalità di interpolazione 2), con differenze più ridotte fra le intensità dei venti calcolati e misurati. Si osserva che l'errore medio normalizzato è risultato inferiore al 20% in tutte le postazioni tranne Consolata. Si deve però tenere presente che in questa verifica non è stato considerato il posizionamento elevato della stazione (30m), le cui misure sono state confrontate con i valori calcolati a 10 metri. In questo modo le velocità dei venti calcolati sono risultate sottostimate rispetto alle osservazioni. Il confronto relativo alla postazione di Baldissero deve essere invece considerato di limitata significatività a causa del numero molto elevato di dati mancanti che ha limitato la numerosità del campione statistico.

Postazione	Consolata		Pino Torinese		Salbertrand		Avigliana		Baldissero	
	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d
Metodo di interpolazione										
Errore medio (m/s)	0.47	0.46	0.20	0.31	0.26	0.52	0.11	0.22	0.05	0.05
Errore medio normalizzato	0.27	0.26	0.12	0.18	0.12	0.24	0.06	0.12	0.05	0.05

TABELLA 50: confronto delle velocità dei venti calcolate con i valori osservati in alcune postazioni. Simulazione del periodo test estivo 15-25/07/1999.

Postazione	Consolata		Pino Torinese		Salbertrand		Avigliana		Baldissero	
	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d	Mclain-c3d	C2d
Metodo di interpolazione										
Errore medio (m/s)	0.40	0.43	0.22	0.40	0.47	0.95	0.09	0.20	0.04	0.05
Errore medio normalizzato	0.28	0.30	0.13	0.23	0.17	0.34	0.06	0.12	0.04	0.05

TABELLA 51: confronto delle velocità dei venti calcolate con i valori osservati in alcune postazioni. Simulazione del periodo test invernale 20-31/01/2000.

L'analisi condotta ha portato quindi alla scelta della modalità interpolativa 2). Con questa opzione di calcolo l'aspetto generale dei campi di vento in prossimità del suolo è risultato spazialmente meno uniforme di quanto ottenuto con l'interpolazione 1). Il confronto con le osservazioni ha inoltre messo in evidenza errori medi più bassi per le intensità dei venti, una miglior riproduzione delle rose dei venti, e quindi delle direzioni più frequenti, ed un miglior confronto qualitativo con gli andamenti temporali delle singole osservazioni.

Nelle figure 82-86 sono illustrati: le osservazioni di vento disponibili, i campi di vento, temperatura, radiazione globale e classe di stabilità relativi alle ore 13:00 del 27/01/2000.

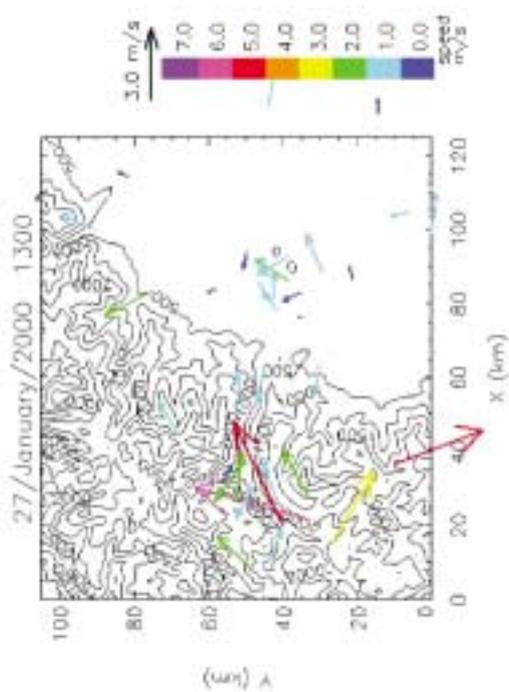


FIGURA 82: osservazioni anemologiche superficiali disponibili per il giorno 27/01/00 alle ore 13.

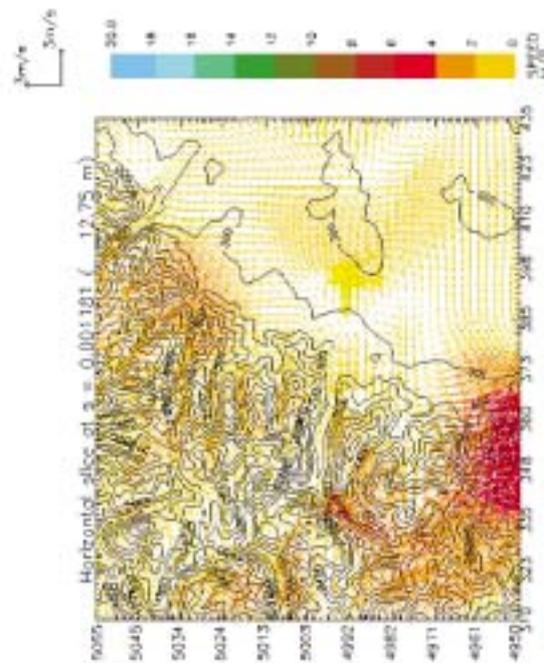


FIGURA 83: campo di vento in prossimità del suolo per il giorno 27/01/2000 alle ore 13.

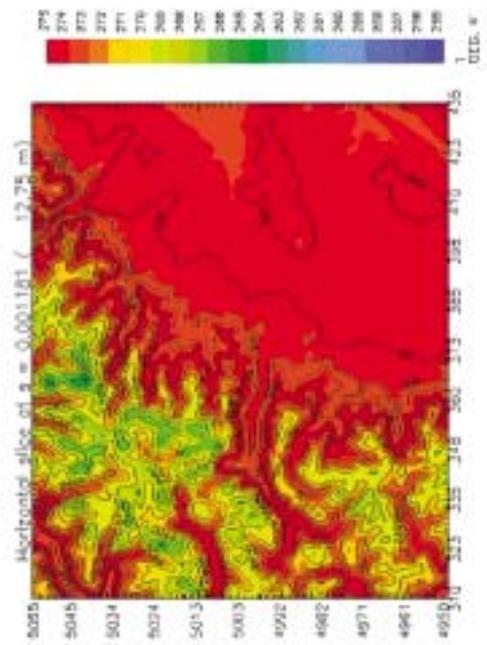


FIGURA 84: campo di temperatura in prossimità del suolo per il giorno 27/01/2000 alle ore 13:00.

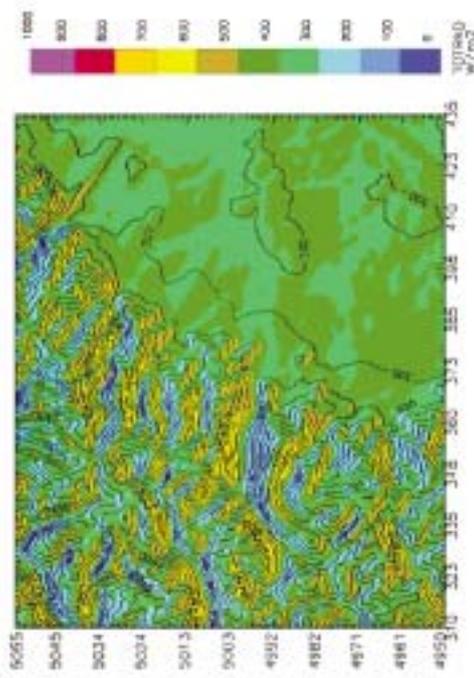


FIGURA 85: campo di radiazione globale per il giorno 27/01/2000 alle ore 13:00.

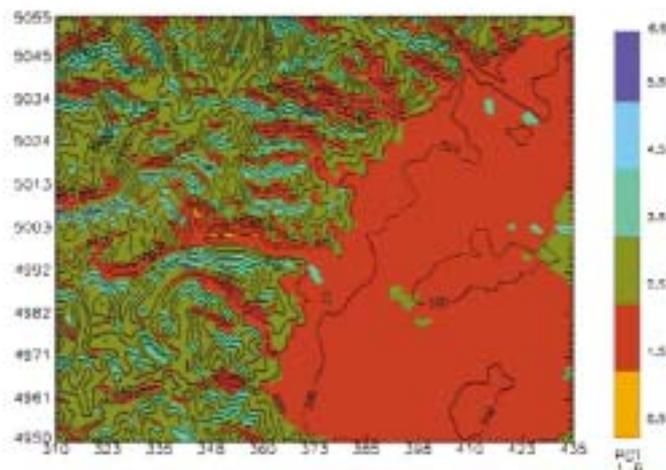


FIGURA 86: campo di classi di stabilità di Pasquill per il giorno 27/01/2000 alle ore 13:00.

VERIFICA DEI RISULTATI ED ANALISI DI QUALITÀ DELLA BASE DATI

Una prima indicazione sulla qualità e sulla rappresentatività della base dati meteorologica costruita può essere fornita dalla densità di osservazioni presenti nelle diverse aree del territorio in considerazione. Come già osservato precedentemente la copertura fornita dalle osservazioni risulta piuttosto disuniforme per il vento, ci si può quindi attendere un differente grado di affidabilità della base dati in funzione della presenza di postazioni di misura nell'area circostante la posizione in esame. Un indicatore di qualità della base dati può quindi essere considerata la distanza di ogni punto della griglia di calcolo dalla postazione più vicina, rappresentata graficamente in figura 87. Si può rilevare una copertura soddisfacente di osservazioni dell'area urbana di Torino, della Val di Susa, della zona del Sestriere, del Canavese e della zona di Pinerolo. Risultano scoperte dalle osservazioni la zona montana a nord nord-ovest della Provincia di Torino, le zone confinanti con le Province di Cuneo, Asti e Vercelli, dove la distanza media dai punti di osservazione risulta superiore ai 10 km.

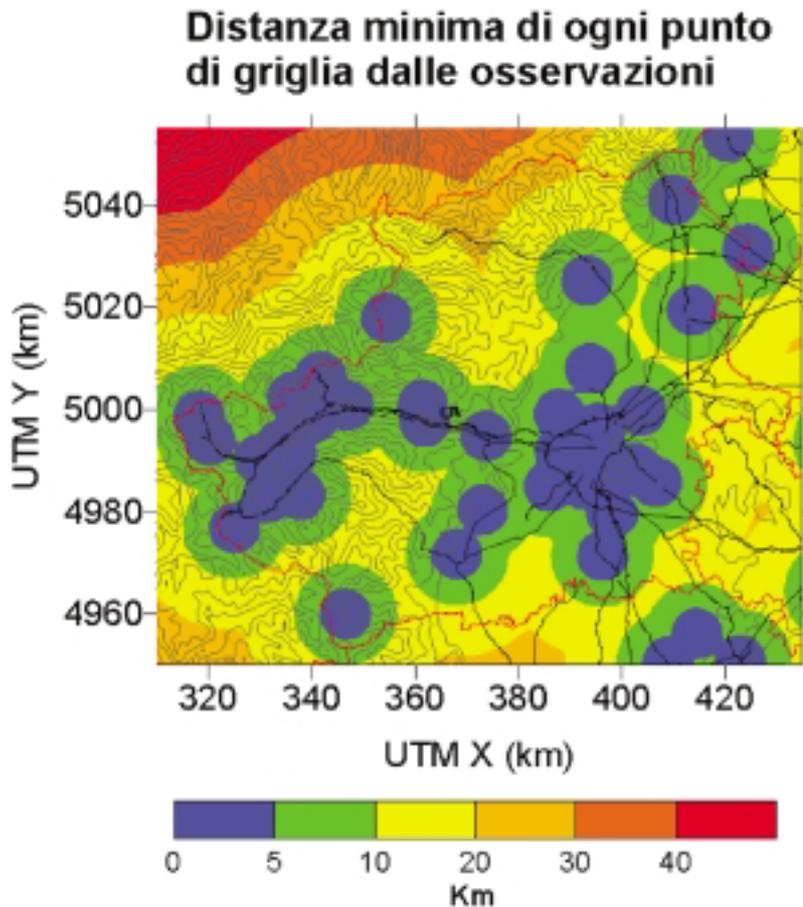


FIGURA 87: distanza di ogni punto della griglia di calcolo dall'osservazione più vicina.

I risultati delle simulazioni annuali sono stati sottoposti a verifica attraverso il confronto statistico con le osservazioni disponibili. Dato il numero elevato di postazioni di superficie disponibili (43) risulta impossibile presentare un'analisi ed un confronto su tutte le postazioni. Si è perciò deciso di centrare la verifica su alcune postazioni rappresentative delle differenti aree territoriali della Provincia di Torino: area urbana di Torino, zona pianeggiante, zona pedemontana, valle alpina e area orograficamente elevata. Alle postazioni già utilizzate per il confronto presentato nel paragrafo relativo ai casi test, si è aggiunta la postazione di Bauducchi, che è stata selezionata come postazione rappresentativa per la radiazione solare, e quindi per la nuvolosità, sulla Provincia di Torino. La verifica è stata basata sia sul calcolo di indici statistici che danno un'indicazione sia sul confronto fra la distribuzione in classi delle velocità del vento e delle direzioni di provenienza (rose dei venti).

Agli indici statistici già introdotti sono stati aggiunti il BIAS ed il Fractional Bias (FB), definiti come:

$$BIAS = \bar{V}_c - \bar{V}_o$$

$$FB = 2(\bar{V}_c - \bar{V}_o) / (\bar{V}_c + \bar{V}_o),$$

dove \bar{V}_c e \bar{V}_o indicano i valori medi delle intensità dei venti calcolati e osservati.

Questi indici, basati sul confronto dei valori medi, danno una valutazione delle prestazioni del modello per quanto riguarda la ricostruzione delle caratteristiche di ventosità media del territorio in esame.

Postazione	Consolata	Pino Torinese	Salbertrand	Avigliana	Bauducchi	Baldissero
Errore medio(m/s)	0.19	0.11	0.80	0.10	0.17	0.11
BIAS (m/s)	-0.08	-0.001	0.78	0.03	-0.14	0.09
FB	-0.06	-0.001	0.29	0.02	-0.12	0.08

TABELLA 52: confronto statistico delle velocità dei venti calcolate con i valori osservati in alcune postazioni. Simulazione annuale 01/06/1999-31/05/2000.

I valori degli indici statistici riportati in tabella 52 mostrano che l'errore medio è inferiore a 0.2 m/s in tutte le postazioni considerate tranne Salbertrand, dove assume il valore di 0.8 m/s. I valori di BIAS e FB confermano il quadro con valori molto contenuti in tutte le postazioni eccetto Salbertrand. Si può osservare che mentre in tutte le altre postazioni BIAS e FB assumono valori molto simili fra loro, a Salbertrand il FB è nettamente minore del BIAS. Questo dato mette in evidenza che i venti osservati in questa postazione assumono valori mediamente più elevati rispetto alle altre postazioni considerate.

In figura 88 è illustrato il confronto fra le velocità dei venti calcolate e le misure effettuate nelle diverse postazioni in forma di istogramma per classi di velocità. Si può verificare in questo modo se la distribuzione statistica delle intensità dei venti calcolati rispecchia le osservazioni con un intervallo di confidenza accettabile. Per i dati osservati le distribuzioni illustrate sono state normalizzate a 100 utilizzando i soli dati validi.

I risultati della simulazione descrivono le osservazioni con un grado di confidenza accettabile in tutte le postazioni. Si possono notare notevoli differenze nelle distribuzioni delle intensità dei venti fra le diverse postazioni, che mettono in luce la notevole variabilità dei venti sul territorio della Provincia di Torino. La distribuzione degli eventi nelle diverse classi di velocità è riprodotta in modo corretto in tutte le postazioni considerate, con la sola parziale eccezione di Salbertrand. Le differenze evidenziate in questa postazione fra misure e calcoli sono in parte dovute alla complessità e ventosità del sito, in parte alle rilevanti differenze osservate fra postazioni vicine. Queste differenze vengono "mediate" dal modello, che riproduce una situazione intermedia, perdendo il dettaglio delle singole osservazioni. Si osservino a tal fine le rilevanti differenze fra l'istogramma di velocità del vento relativo alla postazione di Salbertrand e quello relativo alla vicina postazione di Gad.

In figura 89 è illustrato il confronto fra le rose dei venti nelle diverse postazioni considerate per la verifica delle simulazioni. Il confronto è generalmente positivo, le differenze fra valori calcolati e le osservazioni si riduce infatti ad una parziale redistribuzione dei casi nei settori angolari adiacenti già coperti dalla rosa dei venti sperimentale.

Una valutazione qualitativa della riproduzione delle variazioni spaziali delle intensità dei venti è stata ottenuta dal confronto del campo di intensità media annuale del vento ottenuto dai risultati delle simulazioni con i valori misurati nelle postazioni disponibili (figura 90). Il campo di vento calcolato si riferisce al primo livello di calcolo al di sopra del terreno, posto alla quota di circa 10 metri. La descrizione delle caratteristiche anemologiche descritte dalle osservazioni si può considerare soddisfacente.

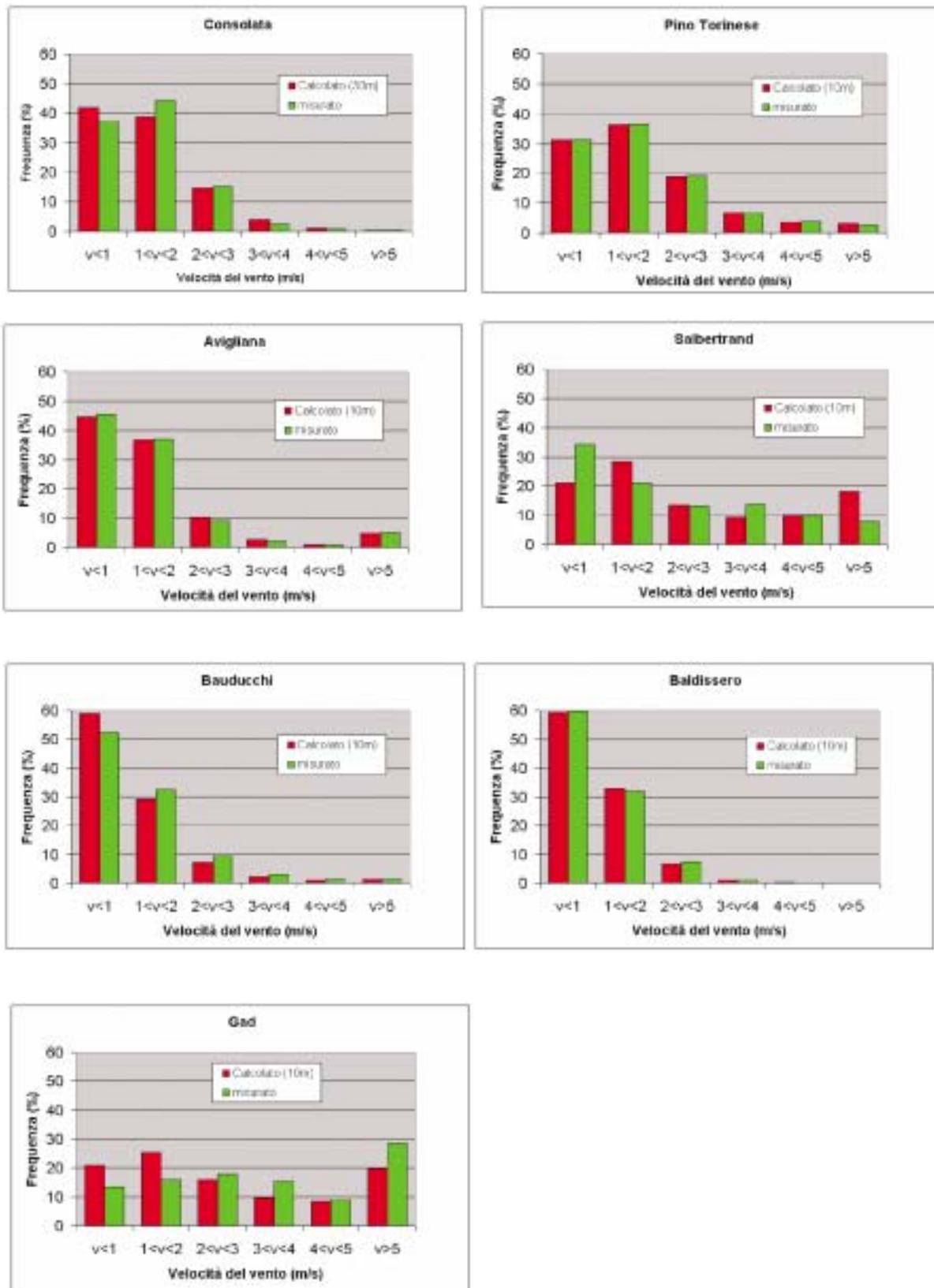


FIGURA 88: confronto fra le distribuzioni delle velocità dei venti calcolate e misurate in alcune delle postazioni della rete meteorologica.

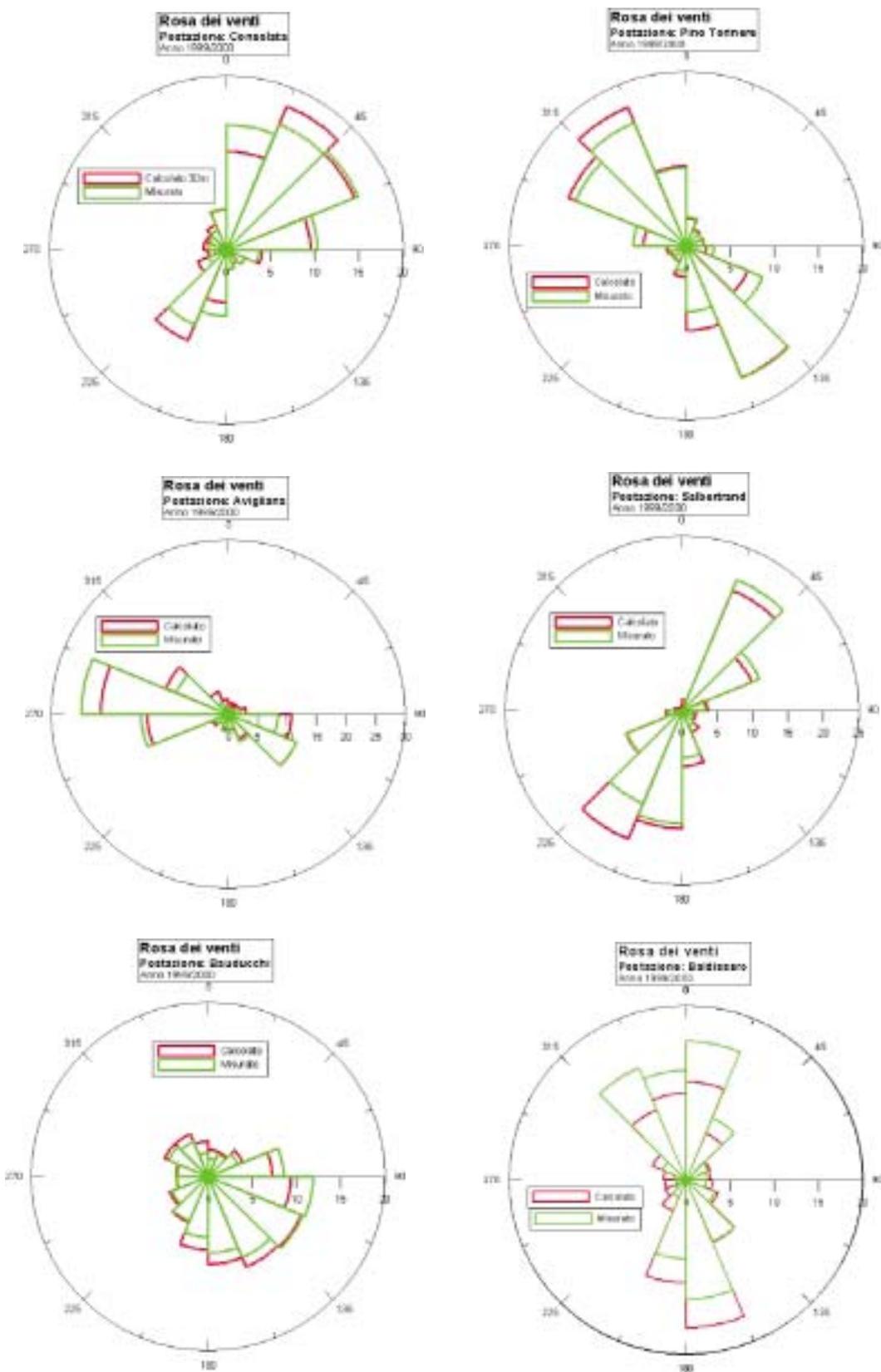


FIGURA 89: confronto fra le rose dei venti calcolati e misurati in alcune delle postazioni della rete meteorologica.

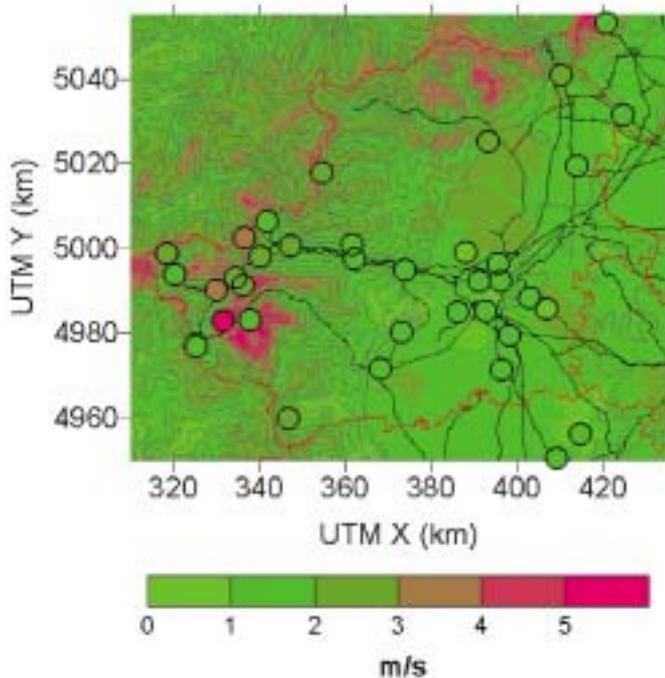


FIGURA 90: confronto del valore medio annuale della velocità del vento alla quota di 10 metri con i valori osservati nelle diverse postazioni disponibili.

ANALISI DELLE STATISTICHE DI LUNGO PERIODO

La disponibilità di una base dati anemologica di lungo periodo ha permesso l'elaborazione di mappe in grado di illustrare le caratteristiche di ventosità del territorio della Provincia di Torino, dal punto di vista delle statistiche di lungo periodo. Queste informazioni, oltre ad avere interesse dal punto di vista della climatologia locale, sono rilevanti come informazioni di base per la gestione della qualità dell'aria locale. Infatti l'intensità del vento è un indice delle capacità dispersive dell'atmosfera e quindi della possibilità di diluire le concentrazioni degli inquinanti emessi dalle differenti tipologie di sorgenti presenti sul territorio. Le aree caratterizzate da venti deboli sono quindi quelle più critiche dal punto di vista della qualità dell'aria. La descrizione della ventosità del territorio costituisce inoltre l'informazione di partenza per poter valutare le potenzialità di sfruttamento dell'energia eolica.

Analisi della struttura spaziale dei campi di vento

Nelle figure 91-93, sono illustrati i campi della velocità media annuale del vento alle quote di 10, 50 e 100 metri, al disopra del terreno. Sulle figure sono riportati i confini provinciali (in rosso), le quote altimetriche (isolinee con passo 200 metri) e la rete stradale costituita dalle principali autostrade e strade statali. Si può osservare la presenza di aree con caratteristiche differenti: l'area pianeggiante a nord di Torino, dalla periferia urbana al Canavese, mostra una ventosità più elevata delle altre zone pianeggianti, con intensità medie del vento superiori a 2 m/s. Caratteristiche opposte sono evidenziate dalla zona sud della Provincia, dove le aree pianeggianti sono caratterizzate da venti molto deboli, con valori medi annuali anche inferiori ad 1 m/s. Come ci si deve aspettare le intensità dei venti mostrano un andamento crescente con le quote orografiche, unicamente le zone più elevate nelle aree delle valli di Susa, del Chisone e di Locana mostrano velocità medie del vento maggiori di 4 m/s, alla quota di 10 metri sopra il terreno. Le zone collinari mostrano intensità dei venti leggermente superiori ai valori che caratterizzano la pianura, ma rimangono comunque caratterizzate da venti di debole intensità.

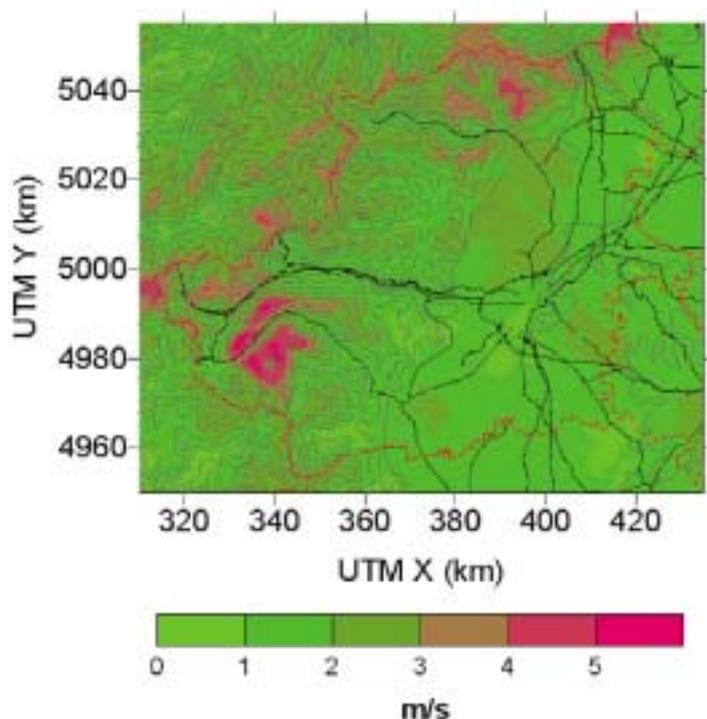


FIGURA 91: velocità media annuale del vento alla quota di 10 metri.

Il confronto dei campi illustrati nelle figure 92 e 93 permette di verificare la variazione delle intensità medie dei venti con la quota al disopra del terreno. In generale si rileva una debole variazione dei venti medi con l'altezza. I dati alle quote di 50 e 100 metri confermano le caratteristiche delle differenti aree territoriali già evidenziate in precedenza. Si può rilevare che anche alla quota di 100 metri vaste porzioni del territorio della Provincia di Torino sono caratterizzate da intensità del vento inferiori a 2 m/s.

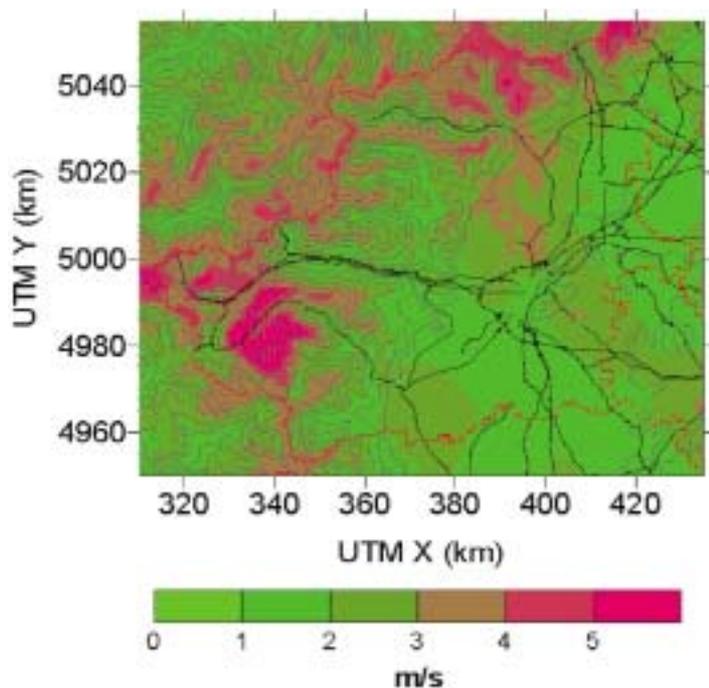


FIGURA 92: velocità media annuale del vento alla quota di 50 metri.

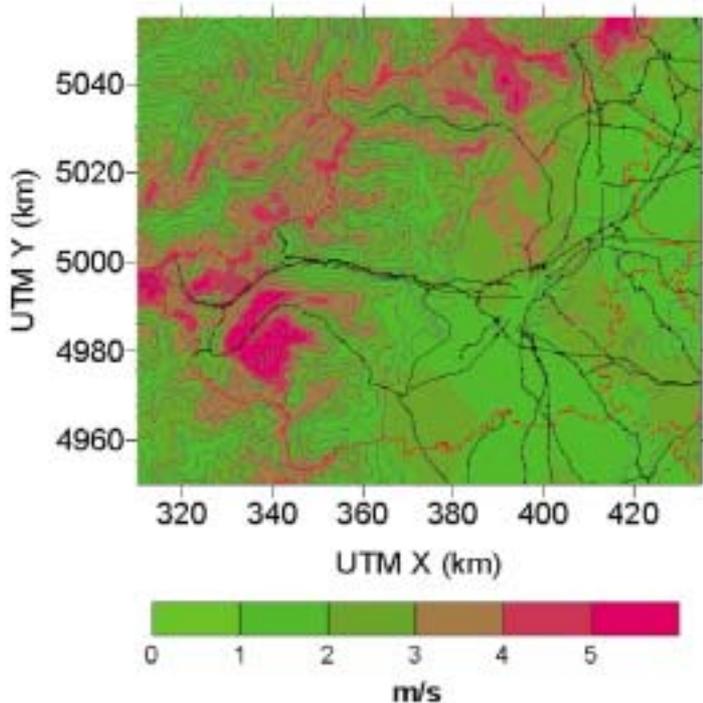


FIGURA 93: velocità media annuale del vento alla quota di 100 metri.

In aggiunta a quanto illustrato per le intensità medie dei venti, nelle figure 94 e 95 è illustrata l'incidenza percentuale, su base annuale, degli episodi di calma di vento. Come soglia di intensità del vento per la definizione delle calme di vento si è scelto il valore di 1 m/s. Tutte le zone pianeggianti sono interessate da frequenti, se non prevalenti condizioni di calma di vento. Le condizioni di calma risultano statisticamente dominanti in una vasta area di territorio localizzata a sud sud-est della città di Torino. Frequenti condizioni di calma influenzano anche la parte sud dell'area urbana torinese, le zone di fondovalle delle valli alpine ad alcune aree pedemontane. Come già evidenziato precedentemente l'area a nord di Torino e parte del Canavese mostrano invece caratteristiche di maggior ventosità. Al crescere dell'altezza sopra il terreno l'incidenza delle calme si riduce gradualmente. La frequenza di questi eventi rimane comunque statisticamente rilevante negli strati di atmosfera interessati dalle principali emissioni di inquinanti.

Le figure 96 e 97 descrivono infine l'incidenza statistica dei venti di moderata intensità, superiori a 5 m/s. Tali eventi risultano di scarsa rilevanza statistica sulla pianura, le zone collinari, l'area pedemontana e il fondovalle delle valli alpine. In tutte queste aree i venti superiori a 5 m/s hanno una frequenza inferiore al 10%. Solo nel Canavese questo valore è superato alla quota di 50 m sopra il terreno. I venti di moderata intensità mostrano frequenze rilevanti (ad esempio maggiori del 30%) solo in corrispondenza di alcune aree orograficamente elevate, quali: l'alta Val di Susa e del Chisone, le zone montane a nord e nord-ovest della Provincia, in prossimità del confine con la Francia e nell'area del Gran Paradiso.

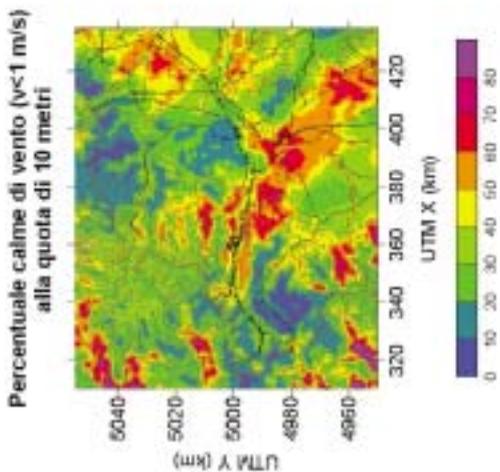


FIGURA 94: frequenza percentuale annua delle calme di vento ($v < 1$ m/s) alla quota di 10 metri.

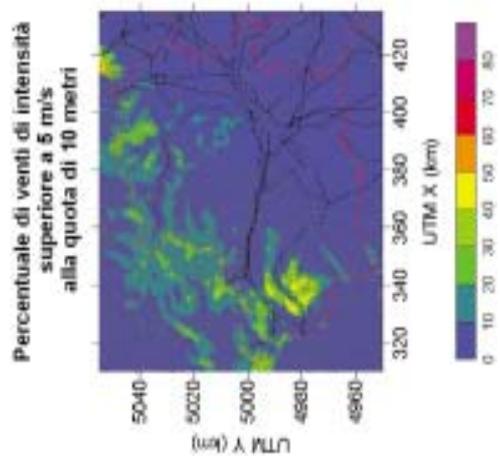


FIGURA 96: frequenza percentuale annua dei venti di intensità superiore a 5 m/s, alla quota di 10 metri.

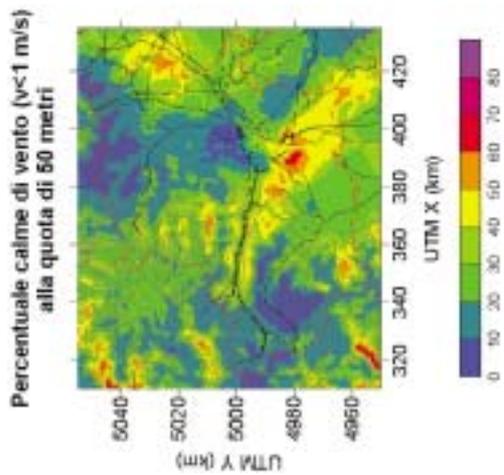


FIGURA 95: frequenza percentuale annua delle calme di vento ($v < 1$ m/s) alla quota di 50 metri.

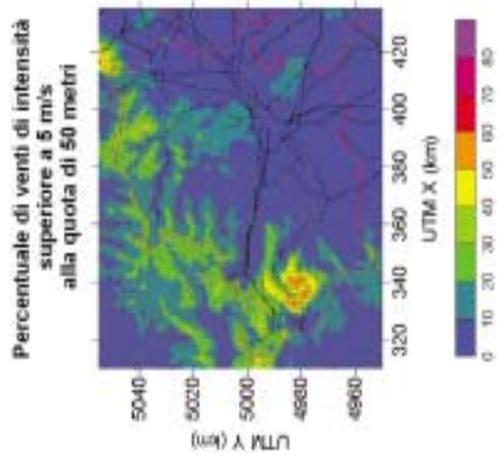


FIGURA 97: frequenza percentuale annua dei venti di intensità superiore a 5 m/s, alla quota di 50 metri.

Analisi della variazione temporale dei campi di vento

Come già evidenziato dall'analisi delle osservazioni e dal confronto dei risultati delle simulazioni modellistiche con i valori misurati in alcune postazioni, la variabilità temporale dei venti è fortemente sito-dipendente, e non mostra delle caratteristiche comuni che possano essere descritte in modo sintetico su tutto il territorio provinciale. Per dare una rappresentazione della variabilità nel tempo dei dati anemologici contenuti nella base dati, sono stati analizzati gli andamenti temporali dei venti in posizioni geografiche rappresentative di alcune delle aree con caratteristiche omogenee precedentemente individuate. Nel seguito sono illustrati gli andamenti dei venti ad Avigliana, Caselle e Bauducchi. Si tenga presente che i dati ai quali ci si riferisce sono quelli estratti dalla base dati in corrispondenza delle postazioni nominate. Si tratta quindi non di osservazioni ma dei risultati delle simulazioni modellistiche.

In FIGURA 98 è illustrata la frequenza della direzione di provenienza del vento in funzione del mese, nella posizione geografica corrispondente alla postazione di Avigliana. La frequenza è normalizzata a 100 sul singolo mese. Si osserva che la polarizzazione nella direzioni E-SE ed W-WNW della rosa dei venti, già evidenziata in figura 89, è presente per tutto il corso dell'anno. I venti da SSE, che indicano condizioni di circolazione di brezza di valle, hanno frequenze più elevate durante le stagioni primaverile ed estiva, mentre i venti intorno W mostrano frequenze sostanzialmente costanti durante tutto il corso dell'anno, con una lieve riduzione durante la primavera. L'analisi delle intensità dei venti (figura 99) evidenzia che i venti intorno E-SE mostrano intensità mediamente più elevate durante primavera ed estate, quando i fenomeni di brezza si sviluppano con maggior frequenza ed intensità. I venti più intensi sono invece osservati durante l'inverno, con direzioni prevalenti da W-NW, anche se un'intensificazione delle correnti occidentali è osservabile anche per i mesi di giugno e luglio. Le calme di vento (figura 100) sono presenti prevalentemente durante le ore serali e notturne. La durata del periodo centrale della giornata nel quale le calme hanno scarsa incidenza percentuale è funzione del periodo di insolazione. Le frequenze più elevate di calma di vento (superiori al 60%) sono osservate durante le ore serali e notturne della primavera e dell'estate, principalmente fra le 18:00 e le 2:00.

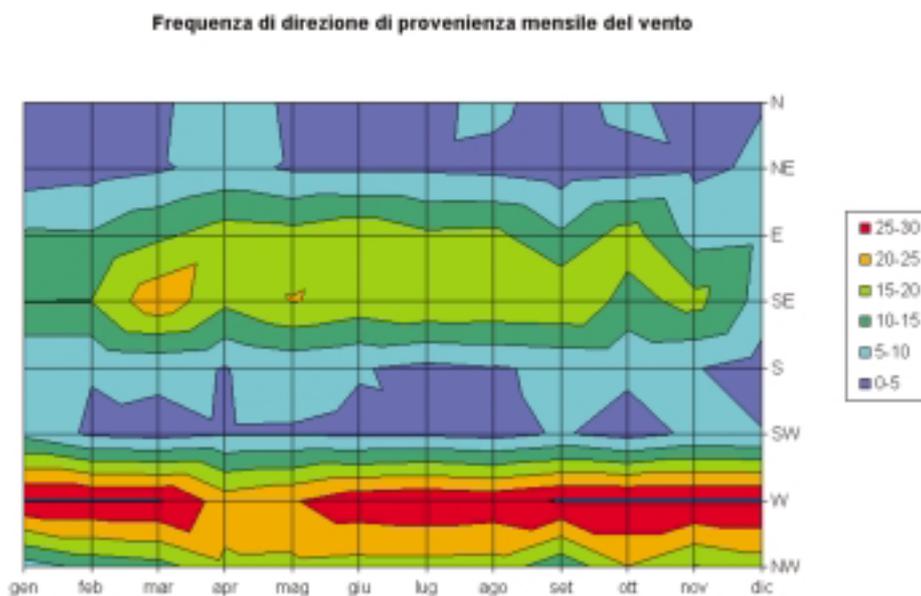


FIGURA 98: postazione di Avigliana, frequenza mensile della direzione di provenienza del vento.

Intensità del vento media mensile per classi di direzione di provenienza

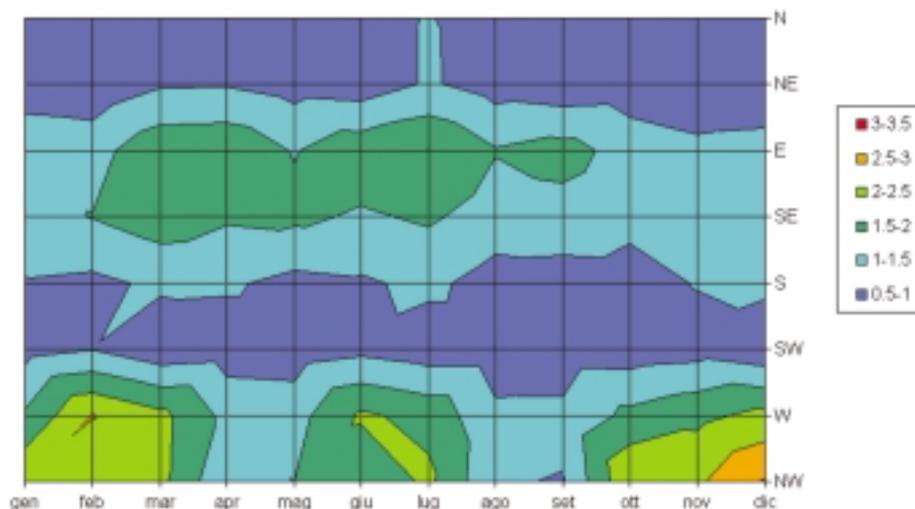


FIGURA 99: postazione di Avigliana, frequenza media mensile dell'intensità del vento.

Analisi della distribuzione di calme orarie in un anno

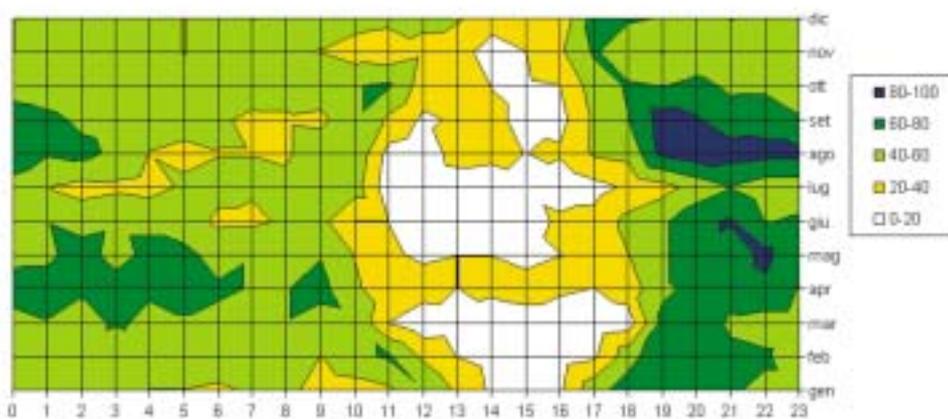


FIGURA 100: postazione di Avigliana, frequenza mensile delle calme di vento.

In corrispondenza della postazione di Caselle i venti mostrano caratteristiche marcatamente stagionali. Durante la stagione estiva si osserva una spiccata prevalenza dei venti intorno NE (figura 101), con frequenze superiori al 30% dei casi. Durante l'inverno tali frequenze scendono al disotto del 15%, mentre si osserva una prevalenza delle correnti intorno W. I venti di maggiore intensità soffiano da NE-E-SE durante l'estate (figura 102) e intorno NW durante l'inverno, con velocità medie di 2.5-3 m/s. Le calme di vento hanno in quest'area un'incidenza abbastanza contenuta rispetto ad altre aree della pianura piemontese (figura 103). I valori più elevati, superiori al 40% sono osservati durante la tarda notte e la mattina, nelle stagioni estiva ed invernale.

In corrispondenza della postazione di Bauducchi, rappresentativa dell'area pianeggiante a sud di Torino, le caratteristiche dei venti mostrano una variazione stagionale piuttosto scarsa. La direzione prevalente è SE durante tutto l'anno (figura 104) con una distribuzione dei casi rimanenti fra NE e SW e frequenze

molto limitate per tutte le altre direzioni (si veda anche la rosa dei venti riportata in figura 89). Le intensità dei venti sono molto deboli durante tutto il corso dell'anno, una leggera intensificazione delle intensità è osservabile durante la primavera e l'inverno (figura 105). I venti di maggiore intensità presenti in febbraio e dicembre, con direzioni intorno NW, sono probabilmente attribuibili all'incidenza di condizioni di föhn. Le calme di vento mostrano frequenze mediamente elevate (figura 106), con le massime incidenze (superiori all'80%) durante le ore serali e notturne della tarda estate, dell'autunno e dell'inverno.

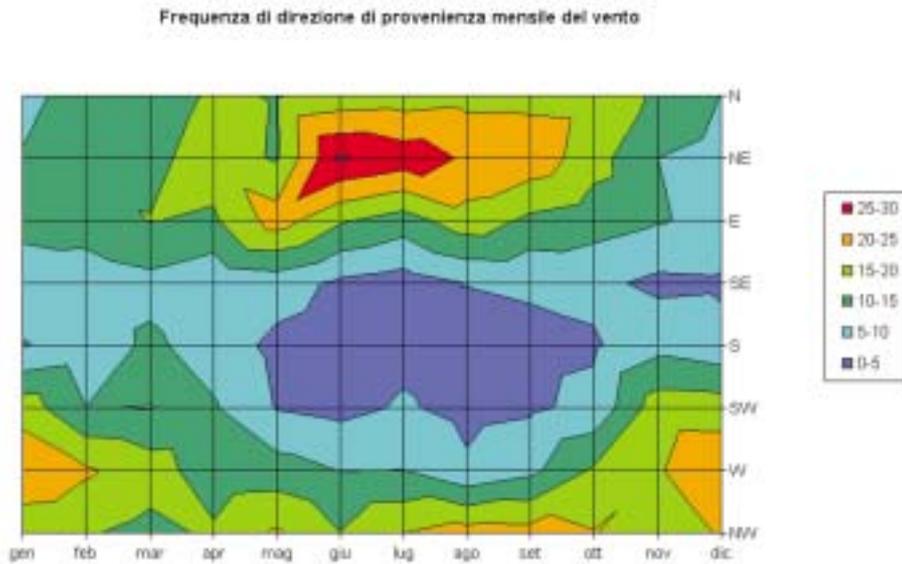


FIGURA 101: postazione di Caselle, frequenza mensile della direzione di provenienza del vento.

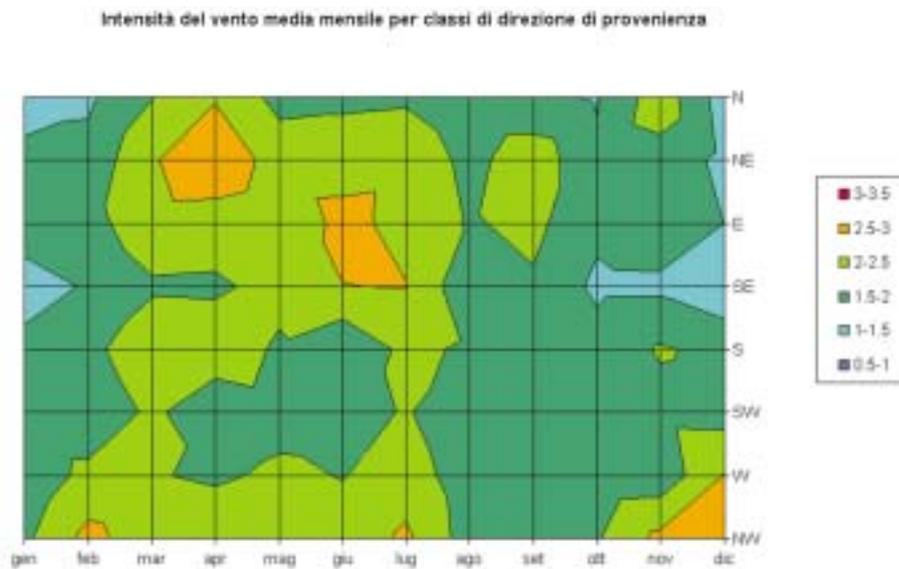


FIGURA 102: postazione di Caselle, frequenza media mensile dell'intensità del vento.

Analisi della distribuzione di calme orarie in un anno

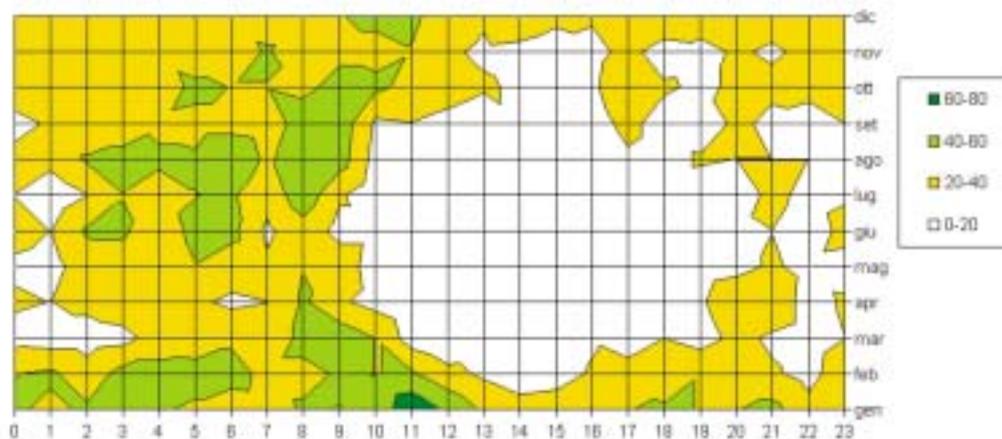


FIGURA 103: postazione di Caselle, frequenza mensile delle calme di vento.

Frequenza di direzione di provenienza mensile del vento

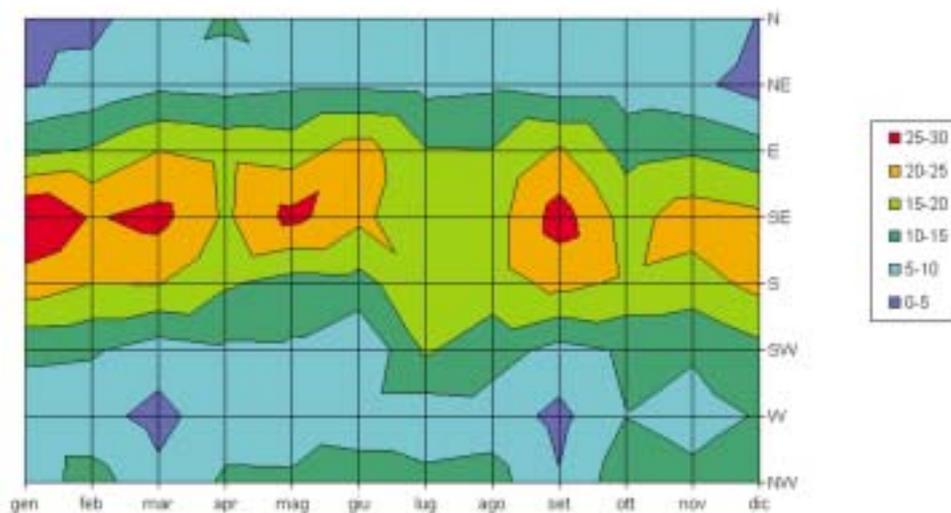


FIGURA 104: postazione di Bauducchi, frequenza mensile della direzione di provenienza del vento.

Intensità del vento media mensile per classi di direzione di provenienza

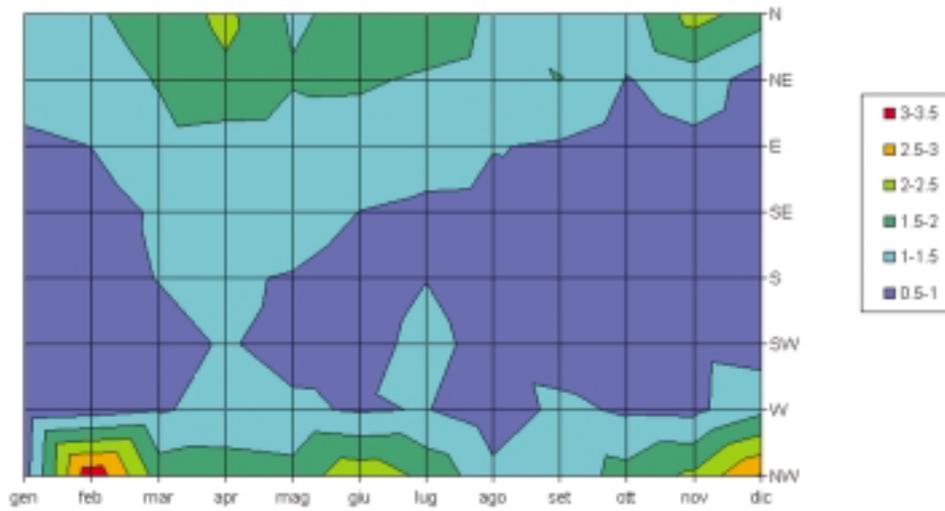


FIGURA 105: postazione di Bauducchi, frequenza media mensile dell'intensità del vento.

Analisi della distribuzione di calme orarie in un anno

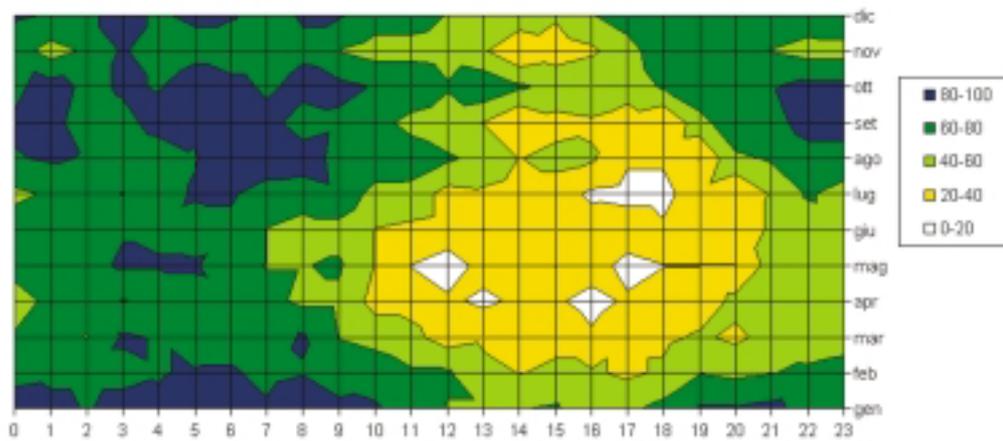


FIGURA 106: postazione di Bauducchi, frequenza mensile delle calme di vento.

Il progetto descritto ha permesso di realizzare una base dati meteorologica di riferimento per il supporto degli studi di qualità dell'aria sulla Provincia di Torino. L'utilizzo di modelli di dispersione degli inquinanti richiede infatti la conoscenza delle principali variabili meteorologiche e della stabilità atmosferica. Il set di dati compreso nell'archivio meteorologico consente di coprire le richieste dei modelli di dispersione più comunemente utilizzati, quali: modelli gaussiani classici (ad es. ISC3, DIMULA o ARIA IMPACT), modelli ibridi di nuova generazione (ad es. AERMOD, HPDM o GIADA), modelli Lagrangiani a puff (ad es. CALPUFF) a particelle (ad. es. SPRAY) o modelli Euleriani a griglia (ad. es. FARM o CALGRID). I dati contenuti nella base dati meteorologica sono caratterizzati da una risoluzione spaziale orizzontale di 1 km e coprono i primi 2000 metri di atmosfera, con risoluzione decrescente con l'altezza, a partire da circa 10 metri in prossimità del suolo. La base dati copre un anno completo, con risoluzione temporale di 1 ora. Il periodo utilizzato nelle simulazioni, 01/06/1999-31/05/2000, è stato scelto in modo da risultare rappresentativo, da un punto di vista climatico, delle condizioni meteorologiche più tipiche per l'area in esame. Sono stati esclusi, a tal fine, periodi caratterizzati da condizioni estreme, quali ad esempio alluvioni e inverni di particolare mitezza, che avrebbero reso il campione meteorologico scarsamente rappresentativo.

Il software realizzato per l'estrazione dei dati dall'archivio permette di ottenere serie storiche complete di vento e temperatura sia in prossimità del suolo (10 m) che alla quota di emissione degli inquinanti. Queste informazioni sono ottenibili anche nella forma di profili verticali delle variabili meteorologiche citate. I dati di vento e temperatura sono inoltre completati da informazioni relative alle caratteristiche locali della superficie (quota, rugosità superficiale) e da informazioni relative alla stabilità atmosferica, alla radiazione solare ed all'intensità della turbolenza.

L'analisi delle caratteristiche della base dati anemologica ed il confronto dei valori calcolati con le osservazioni hanno messo in evidenza la buona qualità della base dati ed hanno permesso di quantificare il livello di affidabilità dei campi di vento calcolati. Gli errori rilevati si possono considerare piuttosto limitati e tendenzialmente inferiori agli errori che si compiono utilizzando dati meteorologici misurati in postazioni localizzate in aree territoriali diverse da quella in esame. La verifica condotta ha permesso inoltre di individuare le aree spaziali nelle quali il livello di affidabilità della base dati può essere considerato più basso, a causa dell'assenza di una copertura adeguata delle osservazioni meteorologiche di partenza.

Oltre alla base dati meteorologica descritta, la provincia di Torino dispone delle informazioni di partenza utilizzate per la costruzione della base dati e già organizzate nei formati di input dei modelli MINERVE e SURFPRO, in modo da consentire la riproduzione delle simulazioni meteorologiche. Ciò potrebbe essere necessario per realizzare applicazioni modellistiche di maggior complessità, quali simulazioni con modelli fotochimici o modelli Lagrangiani a particelle (ad es. SPRAY), con risoluzioni spaziali differenti da quella contenuta nella base dati, o caratterizzate da domini di calcolo di dimensione o profondità verticali differenti. In questi casi i campi meteorologici possono essere ricostruiti semplicemente ripetendo alcune delle simulazioni effettuate con i codici MINERVE e SURFPRO per la costituzione della base dati su periodi limitati.

La base dati realizzata potrà essere eventualmente migliorata od estesa in futuro secondo le esigenze che si manifesteranno attraverso l'utilizzo dei dati estratti. Sarà infatti possibile estendere la base dati ad altre aree della Regione Piemonte, modificarne la risoluzione spaziale o ampliarne la copertura temporale. Nell'eventualità in cui si rendano disponibili nuove osservazioni meteorologiche, quali profili verticali, o nuove postazioni di misura sarà possibile integrare questi dati nella base dati, migliorandone la rappresentatività locale.

Da un punto di vista tecnico, in futuro sarà possibile sostituire il modello meteorologico diagnostico MINERVE con un modello prognostico non-idrostatico ad alta risoluzione, in grado di simulare direttamente dinamica e termodinamica dell'atmosfera. Questo tipo di tecnica modellistica, integrata con le metodologie di assimilazione delle osservazioni, permetterà di ricostruire i campi di vento in modo consistente, dal punto di vista della fisica dell'atmosfera, anche nelle aree non coperte da osservazioni meteorologiche dirette. Queste tecniche di modellistica avanzata potranno inoltre permettere di sfruttare

altre tipologie di informazioni disponibili, quali ad esempio quelle fornite dalle immagini dei satelliti meteorologici.

Il progetto di costruzione di una base dati meteorologici sulla provincia di Torino con l'ausilio della modellistica numerica è stato realizzato da:

- **Provincia di Torino** (A. Bertello, S. Riccardo)
- **Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio dell'ARPA Piemonte** (S. Bande, M. Muraro)
- **Arianet s.r.l.**

Il testo e le elaborazioni contenuti nel presente capitolo sono a cura del Dott. Sandro Finardi (Arianet s.r.l.).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Aria Technologies (1995): Note de Principe du Modèle MINERVE 4.0, Rapporto ARIA Technologies, 95.008.

Aria Technologies (1999): Aria Régional, Notice d'utilisation du code MINERVE Version 6.0, Rapporto ARIA Technologies 99.058.

Aria Technologies (2001): Minerve Wind Field Model - Version 7, General Design Manual, Rapporto ARIA Technologies maggio 2001.

Arianet (2002): SURFPRO, SURface-atmosphere interFace PROcessor User's Guide, Arianet Report, 2002.