



PROVINCIA DI TORINO



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

Anno 1999



Area Ambiente

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

F. Pavone, A. Bertello, S. Cuffini, M. Diciolla, R. Gonnet, V. Mondatore, G. Pennisi.

ARPA Dipartimento Subprovinciale di Torino

M. Grosa, C. Albanese, G.P. Colombo, M. Dimartino, P. Fin, N. Martire, S. Raimondo.

ARPA Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco

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

SOMMARIO

PRESENTAZIONE	8
PREFAZIONE	8
PREFAZIONE	9
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	11
LA NORMATIVA IN MATERIA DI CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	15
IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI TORINO ALLA LUCE DEL PIANO PER IL RISANAMENTO E LA TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	20
CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO REGIONALE AI FINI DELLA GESTIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	21
ZONA 1	21
ZONA 2	21
ZONA A	22
ZONA 3	22
IL DETTAGLIO SULLA PROVINCIA DI TORINO	23
ANALISI DEI DATI RACCOLTI DALLE STAZIONI FISSE DOTATE DI ANALIZZATORI IN CONTINUO E NELLE STAZIONI DI RACCOLTA DEL PARTICOLATO	26
MONOSSIDO DI CARBONIO	27
DESCRIZIONE	27
DANNI CAUSATI	27
METODO DI MISURA	27
ESAME DEI DATI	27
BIOSSIDO D'AZOTO	32
DESCRIZIONE	32
DANNI CAUSATI	32
METODO DI MISURA	32
ESAME DEI DATI	32
BIOSSIDO DI ZOLFO	38
DESCRIZIONE	38
DANNI CAUSATI	38
METODI DI MISURA	39
ESAME DEI DATI	39
OZONO	42
DESCRIZIONE	42
DANNI CAUSATI	42
METODO DI MISURA	42
ESAME DEI DATI	42
METALLI	49
DESCRIZIONE	49
DANNI CAUSATI	49
METODO DI MISURA	49
ESAME DEI DATI	49
BENZENE	51
DESCRIZIONE	51
DANNI CAUSATI	51
METODO DI MISURA	51

ESAME DEI DATI.....	51
PARTICOLATO SOSPESO.....	54
DESCRIZIONE	54
DANNI CAUSATI	54
METODO DI MISURA.....	54
ESAME DEI DATI.....	54
<i>Frazione PM10</i>	54
<i>Particelle sospese totali</i>	55
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	61
DESCRIZIONE	61
DANNI CAUSATI	61
METODO DI MISURA.....	61
ESAME DEI DATI.....	61
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA.....	65
ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI	76
PREMESSA.....	76
L'INFLUENZA DELL' ARCO ALPINO, DELLA COLLINA TORINESE E DEGLI INSEDIAMENTI URBANI SUI FENOMENI METEOROLOGICI	77
PARAMETRI MONITORATI ED ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI	78
<i>Velocità e direzione del vento</i>	78
<i>Radiazione solare netta e totale</i>	86
PRESSIONE ATMOSFERICA, TEMPERATURA, UMIDITÀ RELATIVA E PRECIPITAZIONI.....	91
LA MODELLISTICA E LA QUALITA' DELL'ARIA	102
CENNI NORMATIVI	102
INTRODUZIONE ALLA MODELLISTICA.....	103
APPLICAZIONE MODELLISTICA PER LA VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DI INQUINANTI NELL'ALTA VAL DI SUSÀ CON PARTICOLARE ATTENZIONE ALL'AREA DEL TRAFORO DEL FREJUS.....	104
PREMESSA.....	104
APPROCCIO METODOLOGICO.....	105
ANALISI DEI DATI	108
<i>Il dominio di calcolo</i>	108
<i>L'orografia del dominio</i>	108
<i>I dati meteorologici</i>	109
<i>La campagna di monitoraggio con unità mobile</i>	111
<i>I dati di transito e il parco autoveicoli</i>	111
<i>Le giornate test</i>	112
RICOSTRUZIONE DEI CAMPI DI VENTO CON IL CODICE MINERVE.....	117
RICOSTRUZIONE DELLA TURBOLENZA CON IL CODICE TURKEY.....	117
IL CODICE A PARTICELLE SPRAY	121
DEFINIZIONE DELLE EMISSIONI DI INQUINANTI.....	122
<i>Simulazione relativa al traffico veicolare</i>	122
<i>Simulazione relativa allo scenario incidentale</i>	123
ANALISI DEI RISULTATI	126
<i>Simulazione relativa al traffico veicolare</i>	126
<i>Simulazione relativa allo scenario incidentale</i>	130
LE EMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE:IL PARCO AUTO CIRCOLANTE NELLA PROVINCIA DI TORINO	132
CONCLUSIONI.....	135

SOMMARIO TABELLE

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati	13
TABELLA 2: valori di riferimento previsti dalla normativa vigente per gli inquinanti.....	18
TABELLA 3: comuni della Provincia di Torino inseriti in zona 1.....	23
TABELLA 4: comuni della Provincia di Torino inseriti in zona 2.....	24
TABELLA 5: comuni della Provincia di Torino inseriti in zona A.....	24
TABELLA 6: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.....	29
TABELLA 7: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.....	34
TABELLA 8: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.....	40
TABELLA 9: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.....	45
TABELLA 10: stazione di Carmagnola – concentrazione di metalli campionati nel particolato atmosferico anno 1999	49
TABELLA 11: stazione di Buttigliera – concentrazione di metalli campionati nel particolato atmosferico anno 1999	50
TABELLA 12: concentrazioni di benzene rilevate durante le campagne effettuate dal mezzo mobile.....	52
TABELLA 13: stazione di Buttigliera Alta – parametro PM10 - valutazione statistica anni 1998-1999	56
TABELLA 14: stazione di Buttigliera Alta – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.....	56
TABELLA 15: stazione di Carmagnola – parametro PM10 - valutazione statistica anni 1998-1999.....	56
TABELLA 16: stazione di Carmagnola – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.....	56
TABELLA 17: stazione di Castagneto Po – parametro PM10 - valutazione statistica anno 1999	57
TABELLA 18: stazione di Castagneto Po – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE	57
TABELLA 19: stazione di Torino (Via della Consolata) – parametro PM10 - valutazione statistica anni 1998-1999 ..	57
TABELLA 20: stazione di Torino (Via della Consolata) – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE.....	57
TABELLA 21: stazione di Torino (Via della Consolata) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999	58
TABELLA 22: stazione di Torino (Parco di Vittorio) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999...	58
TABELLA 23: stazione di Torino (Villa Gualino) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999.....	59
TABELLA 24: stazione di Torino (Piazza Rebaudengo) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999	59
TABELLA 25: stazione di Torino (I.T.I.S. Grassi, Str. Aeroporto) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999	60
TABELLA 26: stazione di Torino (Piazza Rivoli) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999	60
TABELLA 27: stazione di Buttigliera, parametro IPA, anno 1999.....	63
TABELLA 28: stazione di Carmagnola, parametro IPA, anno 1999.....	63
TABELLA 29: stazione di Torino (Via della Consolata), parametro IPA, anno 1999.....	64
TABELLA 30: stazione di Carmagnola e Buttigliera, parametro BaP, concentrazioni medie relative ai 4 trimestri dell'anno 1999	64
TABELLA 31: stazione di Carmagnola, rapporto IPA/PM10, anni 1998-1999.....	64
TABELLA 32: laboratorio mobile, elenco delle campagne di misura effettuate nell'anno 1999	67
TABELLA 33: laboratorio mobile, Comune di Collegno (Savonera) - Dicembre/Gennaio 1998 - Tabella superamenti	68
TABELLA 34: laboratorio mobile, Comune di Collegno (Savonera) - Maggio/Giugno 1999 - Tabella superamenti ...	68
TABELLA 35: laboratorio mobile, Comune di Collegno (Savonera) - Maggio/Giugno 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono	68
TABELLA 36: laboratorio mobile, Comune di S. Ambrogio - Gennaio/Marzo 1999 - Tabella superamenti	69
TABELLA 37: laboratorio mobile, Comune di S. Ambrogio - Gennaio/Marzo 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono	69
TABELLA 38: laboratorio mobile, Comune di Trana - Marzo/Aprile 1999 - Tabella superamenti.....	70
TABELLA 39: laboratorio mobile, Comune di Trana - Marzo/Aprile 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono.....	70
TABELLA 40: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia - Aprile/Maggio 1999 - Tabella superamenti	71
TABELLA 41: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia - Dicembre 1999/Gennaio 2000 - Tabella superamenti.	71
TABELLA 42: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia - Aprile/Maggio 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono	71
TABELLA 43: laboratorio mobile, Comune di Bussoleno - Giugno/Agosto 1999 - Tabella superamenti.....	72
TABELLA 44: laboratorio mobile, Comune di Bussoleno - Giugno/Agosto 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono	72
TABELLA 45: laboratorio mobile, Comune di Pont-Canavese - Settembre 1999 - Tabella superamenti.....	73
TABELLA 46: laboratorio mobile, Comune di Pont-Canavese - Settembre 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono	73
TABELLA 47: laboratorio mobile, Comune di Porte - Ottobre 1999 - Tabella superamenti.....	74
TABELLA 48: laboratorio mobile, Comune di Porte - Ottobre 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono	74
TABELLA 49: laboratorio mobile, Comune di Claviere - Novembre 1999 - Tabella superamenti	75

TABELLA 50: laboratorio mobile, Comune di Claviere - Novembre 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono.....	75
TABELLA 51: localizzazione stazioni di monitoraggio rete di rilevamento regionale.	109
TABELLA 52: suddivisione dei veicoli in classi.....	112
TABELLA 53: corrispondenza fra uso del suolo e valori di rugosità del terreno, albedo e rapporto di Bowen (primavera).	121
TABELLA 54: caratteristiche delle centrali di ventilazione lato Italia.....	123
TABELLA 55: Caratterizzazione del parco veicoli circolante Provincia di Torino al 31 dicembre 1998	132

SOMMARIO FIGURE

FIGURA 1: rendimento strumentale della rete di monitoraggio nell'anno 1999.....	14
FIGURA 2: confronto tra il rendimento strumentale 1999 e il rendimento strumentale 1998.....	14
FIGURA 3: zonizzazione del territorio della Provincia di Torino.....	25
FIGURA 4: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 1998 e 1999.....	30
FIGURA 5: monossido di carbonio, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.....	31
FIGURA 6: monossido di carbonio, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.....	31
FIGURA 7: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO ₂ misurate negli anni 1998 e 1999.....	35
FIGURA 8: interpolazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto.	36
FIGURA 9: biossido di azoto, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.....	37
FIGURA 10: biossido di azoto, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.....	37
FIGURA 11: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di SO ₂ misurate negli anni 1998 e 1999.	41
FIGURA 12: confronto andamento concentrazioni di ozono in relazione alla temperatura.	44
FIGURA 13: carta riportante il valore medio delle concentrazioni medie di O ₃ misurate nei mesi estivi (giugno-settembre) negli anni 1998 e 1999.....	46
FIGURA 14: interpolazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie estive giugno-settembre di ozono.....	47
FIGURA 15: ozono, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto	48
FIGURA 16: ozono, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto	48
FIGURA 17: concentrazioni medie mensili di benzene rilevate presso la stazione di Via Della Consolata negli anni 1998-1999.....	53
FIGURA 18: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia, confronto concentrazione ossidi di azoto con i passaggi di mezzi pesanti	66
FIGURA 19: comuni interessati dalle campagne di monitoraggio effettuate dal laboratorio mobile nell'anno 1999.....	67
FIGURA 20: rappresentazione delle stazioni meteorologiche di monitoraggio.	76
FIGURA 21: rappresentazione del vettore velocità e delle sue proiezioni.	78
FIGURA 22: palo anemometrico utilizzato per la misura della velocità orizzontale del vento nelle reti di monitoraggio per la qualità dell'aria.	79
FIGURA 23: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Orbassano nel 1999.	81
FIGURA 24: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Settimo T.se nel 1999.	82
FIGURA 25: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Chieri nel 1999.	83
FIGURA 26: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino Via della Consolata nel 1999.....	84
FIGURA 27: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino Alenia nel 1999.....	85
FIGURA 28: elaborazione dei dati della radiazione solare netta rilevati nella stazione di Druento (La Mandria).....	88
FIGURA 29: elaborazione dei dati della radiazione solare totale rilevati nella stazione di Druento (La Mandria).....	89
FIGURA 30: elaborazione dei dati della radiazione solare netta rilevati nella stazione di Torino-CNR.....	90
FIGURA 31: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Druento (La Mandria)	93
FIGURA 32: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Druento (La Mandria)	94
FIGURA 33: elaborazione dei dati della temperatura rilevata nella stazione di Torino-CSELT.....	95
FIGURA 34: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nella stazione di Torino-CSELT.....	96
FIGURA 35: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nella stazione di Druento (La Mandria).	97
FIGURA 36: piovosità relativa agli ultimi cento anni.	98
FIGURA 37: piovosità relativa all'ultimo decennio. Confronto mensile delle precipitazioni atmosferiche. 1° quadrimestre.	99
FIGURA 38: piovosità relativa all'ultimo decennio. Confronto mensile delle precipitazioni atmosferiche. 2° quadrimestre	100
FIGURA 39: piovosità relativa all'ultimo decennio. Confronto mensile delle precipitazioni atmosferiche. 3° quadrimestre	101
FIGURA 40: diagramma di flusso.	107

FIGURA 41: ricostruzione tridimensionale dell'orografia del sito citato.....	109
FIGURA 42: il dominio in esame.....	110
FIGURA 43: il dominio in esame – dettaglio dell'area in prossimità dello svincolo autostradale a Bardonecchia.....	110
FIGURA 44: l'Unità Mobile a Bardonecchia nel corso della campagna invernale.....	111
FIGURA 45: settimana media - numero di passaggi veicoli leggeri al Traforo del Frejus.....	114
FIGURA 46: settimana media - numero di passaggi veicoli pesanti ed autobus al Traforo del Frejus.....	114
FIGURA 47: confronto ossidi di azoto - numero di passaggi veicoli pesanti ed autobus al Traforo del Frejus.....	115
FIGURA 48: confronto ossidi di azoto - numero di passaggi veicoli leggeri al Traforo del Frejus.....	115
FIGURA 49: valori delle grandezze meteorologiche registrati dall'Unità Mobile nelle giornate 9 e 10 maggio 1999.....	116
FIGURA 50: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 9/05/1999 - ore 01:00.	119
FIGURA 51: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 9/05/0999 - ore 13:00.	119
FIGURA 52: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 10/05/0999 - ore 01:00.....	120
FIGURA 53: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 10/05/0999 - ore 13:00.....	120
FIGURA 54: traffico leggero alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 9 e 10 maggio 1999.....	124
FIGURA 55: traffico leggero alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 14 e 15 marzo 1999.....	124
FIGURA 56: traffico pesante alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 9 e 10 maggio 1999.....	125
FIGURA 57: traffico pesante alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 14 e 15 marzo 1999.....	125
FIGURA 58: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 12:00 del 09/05/1999.	126
FIGURA 59: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 19:00 del 09/05/1999.	127
FIGURA 60: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 01:00 del 10/05/1999.	127
FIGURA 61: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 12:00 del 10/05/1999.	128
FIGURA 62: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 19:00 del 10/05/1999.	128
FIGURA 63: differenza percentuale delle concentrazioni di ossidi di azoto – domenica 14/03/1999 e 09/05/1999. ..	129
FIGURA 64: differenza percentuale delle concentrazioni di ossidi di azoto – lunedì 15/03/1999 e 10/05/1999.....	129
FIGURA 65: campi di concentrazione di una ipotetica sostanza inquinante emessa dalle centrali di ventilazione interna (sinistra) ed esterna (destra) – ore 12:00 del secondo giorno.....	130
FIGURA 66: campi di concentrazione di una ipotetica sostanza inquinante emessa dalle centrali di ventilazione interna (sinistra) ed esterna (destra) – ore 18:00 del secondo giorno.....	131
FIGURA 67: campi di concentrazione di una ipotetica sostanza inquinante emessa dalle centrali di ventilazione interna (sinistra) ed esterna (destra) – ore 24:00 del secondo giorno.....	131

PRESENTAZIONE

La presente pubblicazione rappresenta un consuntivo di quanto è stato fatto per la qualità dell'aria sul territorio della Provincia di Torino nel corso del 1999.

Al suo interno si trovano esposti i dati rilevati dalle stazioni della rete di monitoraggio della Provincia di Torino riguardanti i parametri chimici e meteorologici elaborati graficamente e confrontati con quelli del precedente anno.

Sono contenuti alcuni dati riguardanti il traffico veicolare circolante in quanto responsabile di una porzione considerevole dell'inquinamento atmosferico ed è altresì riportato uno studio pilota di modellistica applicata all'alta Val di Susa.

Ad oggi il nucleo centrale del monitoraggio della qualità dell'aria consiste nella misura della concentrazione dei principali inquinanti dispersi in atmosfera riferita a precisi punti di campionamento.

L'insieme delle 34 postazioni di misura, dislocate sul territorio provinciale, costituisce la rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La sua struttura prevede la gestione da parte dei Subdipartimenti ARPA di Grugliasco e Torino che controllano e certificano giornalmente i dati. Il Centro Operativo Provinciale elabora i dati rilevati ai fini di una valutazione sistematica sul lungo periodo e garantisce la corretta gestione degli episodi in cui si verificano gli stati di attenzione o di allarme.

La rete della Provincia di Torino è integrata anche da campagne di misura effettuate dalla stazione mobile laddove non siano presenti le postazioni della rete fissa e si renda necessaria una stima di qualità dell'aria.

Il funzionamento della rete di monitoraggio, così come descritta, ha reso possibile, in base alla notevole raccolta dati, stime statistiche sulla qualità dell'aria ambiente.

Il lavoro della Provincia e degli enti preposti non si esaurisce in un'elaborazione globale dei dati raccolti, ma fornisce le basi di partenza per la definizione degli interventi possibili per il miglioramento dell'aria stessa.

Interventi che devono riguardare una pianificazione su area vasta, identificando quelle aree omogenee che per caratteristiche di insediamenti, di traffico, morfologiche etc. hanno bisogno di trattazione specifica.

Per questo è evidente la necessità di una significativa base dati, statistica e storica, che supporti le decisioni che le Amministrazioni, insieme, dovranno prendere.

I dati ottenuti hanno già potuto costituire una base per la valutazione preliminare ed hanno consentito alla Regione Piemonte di elaborare il *Piano di risanamento e tutela della qualità dell'aria* dal quale dovranno poi scaturire gli interventi necessari al miglioramento della qualità dell'aria.

Per rendere efficace il piano è necessario conseguire al più presto una visione globale di tutto il territorio. A questo proposito la tendenza futura, supportata dalla normativa del settore, prevede l'utilizzo di strumenti modellistici per lo studio della dispersione di inquinanti ad integrazione o in sostituzione delle misure sperimentali puntuali.

Contiamo di utilizzare in modo sempre più massiccio gli strumenti modellistici atti a valutare la qualità dell'aria, in modo da poter elaborare specifici protocolli di intervento volto alla diminuzione dell'inquinamento atmosferico tipico di ogni singola area omogenea.

Lo studio di modellistica applicata alla Val di Susa, riportato all'interno, è un primo esempio concreto di applicazione di modelli matematici che con l'ausilio delle misurazioni effettuate mediante analizzatori tradizionali rappresenteranno il futuro strumento di valutazione preliminare della qualità dell'aria.

Ottobre 2000

L'Assessore alle Risorse Idriche e Atmosferiche

Elena Ferro

La Presidente della Provincia di Torino

Mercedes Bresso

PREFAZIONE

La rete di rilevamento della qualità dell'aria della Provincia di Torino è strutturata in modo da ottemperare ai compiti previsti dalla normativa del settore, la struttura di tale rete è in grado di garantire un costante monitoraggio dei fenomeni di inquinamento atmosferico, in modo da salvaguardare la salute dei cittadini ed allo stesso tempo consentire la realizzazione di studi finalizzati ad ottenere indicazioni sull'andamento della qualità dell'aria nel tempo.

Per ottenere una corretta rappresentazione della qualità dell'aria, oltre alla valutazione dei dati misurati dalla rete di rilevamento, è necessario considerare una serie di fattori a contorno, tra i quali l'aspetto meteorologico che gioca un ruolo preponderante nella dispersione dell'inquinamento nei bassi strati dell'atmosfera.

E' noto come i fenomeni meteorologici influenzino in modo rilevante la concentrazione degli inquinanti in atmosfera, ad esempio la presenza di precipitazioni o di forti regimi anemometrici contribuisce in maniera rilevante all'abbattimento degli stessi, mentre la presenza di periodi con elevate temperature ed umidità, situazione tipica dei mesi estivi dell'anno, porta alla formazione di inquinanti secondari di cui l'ozono è il principale costituente.

Per tale motivo, nella stesura della presente pubblicazione, si sono presentate analisi di dati suddivise per ogni mese dell'anno, al fine di valutare le concentrazioni rilevate in funzione delle diverse caratteristiche meteorologiche riscontrabili in un anno solare.

Nel presente volume è esposto il confronto tra i dati rilevati nel 1998 e nel 1999, per fornire indicazioni sull'andamento temporale della qualità dell'aria negli ultimi due anni. A tale riguardo si è osservato per tutti gli inquinanti un leggero trend discendente.

Tale diminuzione per alcuni inquinanti quali il monossido di carbonio, il biossido di zolfo ed in parte per il biossido di azoto, va a consolidare un andamento che si protrae da parecchi anni.

Per altri inquinanti, quali il PM10 e l'ozono e il benzene, per i quali non è disponibile una serie storica di dati tale da rendere identificabile un trend, la leggera diminuzione osservata non rappresenta una sicura indicazione di miglioramento della qualità dell'aria, proprio in relazione delle diverse caratteristiche meteorologiche degli anni considerati che hanno visto un incremento delle precipitazioni nel 1999 rispetto al 1998.

In questo decennio molto è stato fatto per la qualità dell'aria, basti pensare che il biossido di zolfo fino ai primi anni 90 faceva registrare numerosi superamenti dei livelli di attenzione ed in più occasioni era presente in concentrazioni vicine ai livelli di allarme. Attualmente si ha una situazione di assoluto contenimento: la media annuale del 1999 si attesta su valori di quasi due ordini di grandezza inferiori al livello di attenzione.

La drastica riduzione del biossido di zolfo è stata resa possibile in gran parte dalla diminuzione del tenore di zolfo nei combustibili, dalla riconversione dei sistemi di riscaldamento da gasolio a metano e nello specifico per la Provincia di Torino dalla trasformazione di tutte le centrali termoelettriche che, ad eccezione di una, sono attualmente alimentate a gas naturale.

Per avere un'idea delle cifre nel territorio della Provincia di Torino dal 1985 al 1997 l'utilizzo del gas naturale è passato dal 28.2% al 39.3% del totale dei consumi a scapito del gasolio che è passato dal 29.3% al 19.4%. Da non sottovalutare inoltre l'introduzione del teleriscaldamento per usi domestici che a partire dal 1989 ha avuto un incremento di quasi 6 volte il suo valore iniziale in termini di fornitura energetica.

Per quanto attiene la produzione termoelettrica di energia durante lo stesso periodo, il consumo di olio combustibile è diminuito del 75% proprio a causa della diffusione del metano.

Azioni quali l'introduzione delle auto catalizzate e l'istituzione del bollino blu sono riuscite a contrastare l'aumento delle emissioni da traffico veicolare, dovute al fatto che il parco auto sia aumentato nelle principali città del Nord Italia del 260% negli ultimi 20 anni.

Il biossido di azoto ed il monossido di carbonio che fino a 10 anni fa, durante i mesi invernali si attestavano attorno ai rispettivi valori di attenzione, ad oggi solo occasionalmente raggiungono tale soglia. Tali risultati potranno essere migliorati con la maggiore diffusione dei veicoli dotati di marmite catalitiche che nel territorio della Provincia di Torino nel 1998 raggiungevano solo il 43%.

I dati forniti dalla rete di monitoraggio esposti nella presente pubblicazione vogliono fornire una chiara rappresentazione della qualità dell'aria in Provincia di Torino presentando le criticità esistenti sul nostro territorio ed i risultati raggiunti.

Il conseguimento degli obiettivi di qualità dell'aria ed ancor prima il rispetto dei limiti degli stati di attenzione e di allarme costituiscono le risposte tangibili nei confronti dell'ambiente ed insieme al mantenimento dei risultati già ottenuti, continueranno a rappresentare le finalità verso cui indirizzare il nostro lavoro nel prossimo futuro.

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

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 33 postazioni fisse e da un mezzo mobile per il monitoraggio in continuo di parametri chimici e meteorologici. Delle 33 postazioni fisse 27 sono collegate attraverso linee telefoniche ai centri di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate permettendo un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria e 5 sono stazioni di campionamento di particolato atmosferico che permettono di misurare con sistema gravimetrico i parametri PM-10 e polveri totali. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

Si riportano inoltre in FIGURA 1 e in FIGURA 2 rispettivamente i grafici dei rendimenti strumentali ottenuti nell'anno 1999 suddivisi per i 5 principali parametri monitorati e il grafico di confronto fra i rendimenti strumentali ottenuti nel 1998 e nel 1999.

Possiamo osservare che nel corso dell'anno 1999 si è raggiunto un rendimento complessivo pari al 78% (percentuale di dati considerati validi calcolata sulla base dei teoricamente monitorabili) che rappresenta un risultato sicuramente accettabile e significativo ma che sicuramente si ha intenzione di migliorare nei prossimi anni.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi di tutti i siti di tipologia analoga a quella individuata per il posizionamento. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e 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 quasi sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

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

- TIPO A stazioni di riferimento posizionate in luoghi lontani dalle fonti di inquinamento di natura antropogenica per la misura delle concentrazioni degli inquinanti naturalmente presenti sul territorio in esame (punti di bianco).
- TIPO B stazioni collocate in zone ad elevata densità abitativa o in prossimità di grossi insediamenti produttivi per la misura di inquinanti primari e secondari (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 rete di monitoraggio operante in provincia di Torino attende a quanto viene previsto dalla legge; inoltre alcune postazioni, in particolare quelle ubicate nelle aree a prevalente carattere urbano, sono state nel corso degli anni completate con nuovi analizzatori diventando così stazioni multiparametro che permettono di incrementare le informazioni ottenute e che attualmente possono essere classificate come categoria B-C.

Un ulteriore strumento in dotazione alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria è costituito dal mezzo mobile. La sua peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocato ovunque si renda

necessario effettuare brevi campagne di monitoraggio, con particolare attenzione al traffico, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa.

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

Questa rete è un sistema attualmente in evoluzione, nel 1999 è stato infatti avviato il processo di unificazione e di riorganizzazione delle due reti di monitoraggio operanti nella provincia di Torino (rete comunale operante sul territorio della città di Torino e rete Provinciale). Tale processo prevede l'installazione di un nuovo software di acquisizione e validazione dati sviluppato dalla Regione Piemonte che uniformerà su scala provinciale e su scala regionale i sistemi di rilevamento e validazione dati.

Per la realizzazione di questo progetto è prevista la sostituzione di tutte le piattaforme hardware e software necessarie per l'acquisizione e la trasmissione dei dati e l'acquisizione di nuova strumentazione analitica per incrementare il monitoraggio dei parametri chimici attualmente più critici sul fronte dell'inquinamento atmosferico, quali il PM10 e l'ozono.

Il progetto di riorganizzazione provvederà anche ad una riorganizzazione dei compiti degli Enti attualmente impegnati nel monitoraggio della qualità dell'aria, attendendo così ai disposti contenuti nella legge Regionale n. 43 del 7 aprile 2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria".

La gestione tecnica della rete di monitoraggio sarà affidata all'ARPA, verranno unificate in un'unica struttura le competenze tecnico-gestionali che attualmente sono affidate in parte alla stessa ARPA e in parte alla Provincia di Torino.

La Provincia si occuperà di garantire il controllo della qualità dell'aria, della comunicazione e diffusione dei dati rilevati e del coordinamento delle iniziative politiche svolte su base locale atte alla gestione e al contenimento degli episodi acuti di inquinamento atmosferico.

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

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

NOME	INDIRIZZO	TIPO	PARAMETRI
Alpignano	Via F. Baracca, 12 – Alpignano	D	O3, NOx, RDN
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	B	SO2, NOx, VV-DV
Borgaro	Via Italia – Borgaro	D	O3, NOx,
Chieri	C.so Buoizzi, 1 – Chieri	C	NOx, CO, VV-DV
Chivasso	Via Torino, 1 – Chivasso	C	CO
Cirie	Via Teneschie, 2 – Cirie	B	SO2, NOx,
Druento	Cascina Peppinella	A	O3, SO2, CO, NOx, CPA, VV-DV, RDN, RDT, UMID, TEMP, PV, P
Grugliasco	Via Roma, 15 – Grugliasco	B	SO2, NOx, VV-DV
Ivrea	P.zza Freguglia – Ivrea	B-C	SO2, NOx, CO
M. Mobile			O3, SO2, CO, NOx, CPA, PTS, VV-DV, RDT, UMID, TEMP, PV, P
Nichelino	Via XXV Aprile, 111 – Nichelino	C	CO, NOx
Orbassano	Via Gozzano – Orbassano	D	O3, NOx, VV-DV, RDN, RDT
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	C	CO, VV-DV
Rivoli	P.zza Togliatti, 1 – Rivoli	C	CO
Settimo	Via Milano, 31 – Settimo	C	CO, NOx, VV-DV
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	C	CO
Venaria	C.so Garibaldi – Venaria	C	CO
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	D	O3, NOx, RDN, RDT
Buttigliera	Buttigliera		CPA, PM10
Carmagnola	Carmagnola		CPA, PM10
Castagneto Po	Castagneto		CPA, PM10
TO-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	B-C	SO2, CO, NOx, PM10, PTS, BTX, RDT, VV-DV, UMID, TEMP, PV,
TO-Cristina	Via M. Cristina, 129 – Torino	B-C	CO, NOx,
TO-Gaidano	V. Gaidano – Torino	B	CO, NOx, BTX
TO-Lingotto	V. A. Monti, 21 – Torino	A	O3, SO2, CO, NOx, VV-DV, CPA
TO-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	B-C	CO, SO2, NOx, CPA
TO-Rivoli	P.zza Rivoli, 4 – Torino	B-C	CO, NOx, VV-DV, CPA
Pino Torinese	Oss. Astronomico – Pino T.se	D	O3, P, UMID, TEMP
I.T.I.S. Grassi	V. P. Veronese		CPA
Villa Gualino	V. Settimio Severo, 75		CPA
Alenia	C.so Marche, 41 – Torino		VV-DV, TEMP, UMID, RDT
Cnr	Str. delle Cacce, 73 – Torino		RDN, VV-DV, UMID, TEMP, PV, DOAS-OPIS
Cselt	V. Reiss Romoli, 274 – Torino		VV-DV, UMID, TEMP, PV
La Stampa	V. Marengo, 32 – Torino		VV-DV

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

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

**RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA
PERCENTUALI DI DATI VALIDATI (1999)**

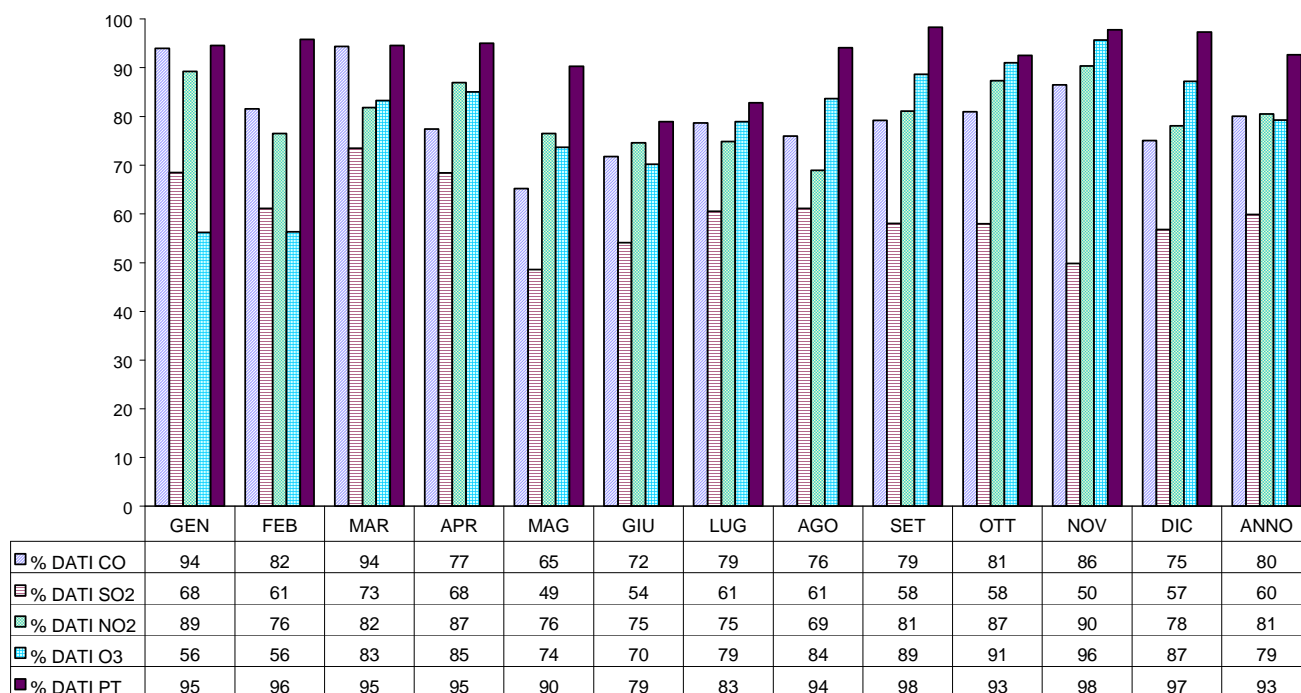


FIGURA 1: rendimento strumentale della rete di monitoraggio nell'anno 1999.

**RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA
CONFRONTO ANNI 1998 - 1999**

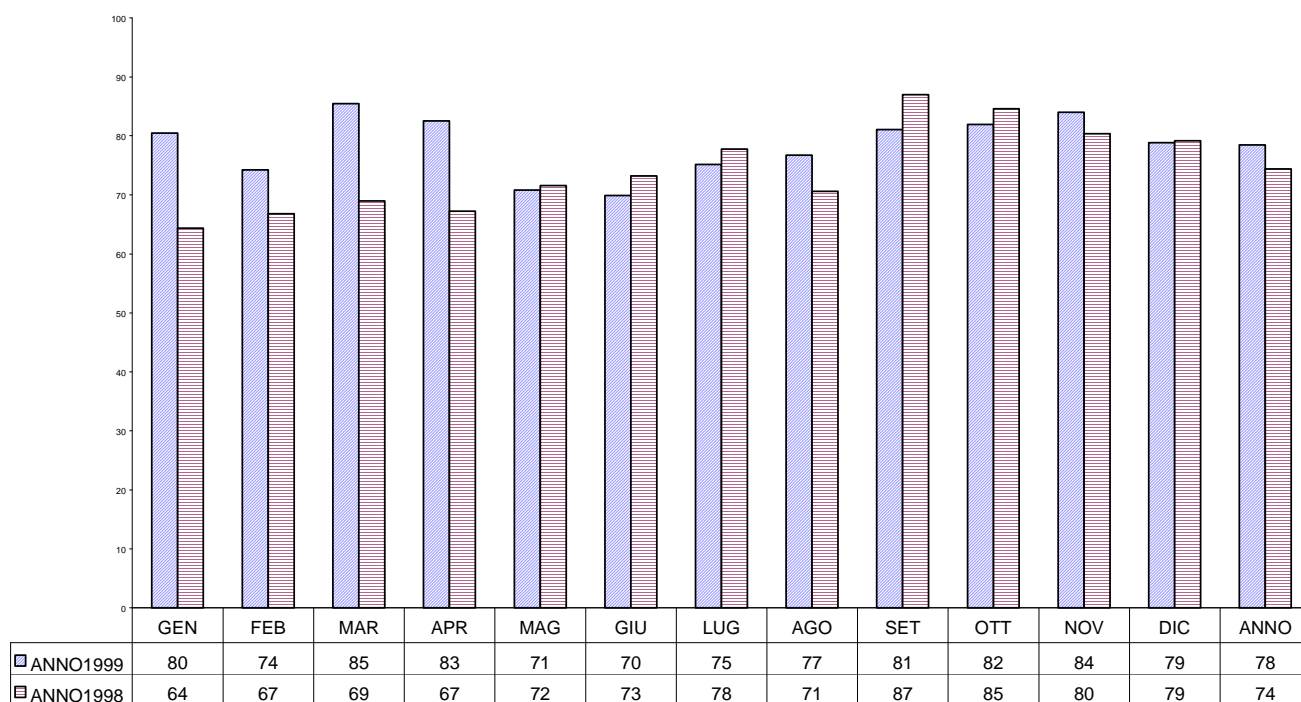


FIGURA 2: confronto tra il rendimento strumentale 1999 e il rendimento strumentale 1998.

LA NORMATIVA IN MATERIA DI CONTROLLO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- **DPCM 28/03/83**
Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.
- **D.P.R. 24/5/1988 n° 203**
Attuazione delle direttive C.E.E. n° 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernente norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16/4/1987, n° 183.
- **D.P.C.M. 21/7/1989**
Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni, ai sensi dell'art.9 della L. 8 Luglio 1986, n.349, per l'attuazione e l'interpretazione del D.P.R. 24 maggio 1988 n.203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali.
- **Legge 8/6/90 n° 142**
Ordinamento delle autonomie locali.
- **D.M. 12/7/1990**
Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.
- **D.M. 20/5/1991**
Criteri per la raccolta di dati inerenti la qualità dell'aria. Decreto che definisce le competenze della provincia in materia di rilevamento dati relativi all'inquinamento atmosferico.
- **D.M. 20/5/1991**
Criteri per l'elaborazione dei piani regionali di risanamento della qualità dell'aria.
- **D.M. 28/12/91**
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. 16/12/92, n° 495**
Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada.
- **D.P.R. 26/8/93, n° 412**
Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.

- **D.M. 15/4/1994**
Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane.
- **D.M. 25/11/1994 n°159**
Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. del 15/4/1994.
- **Legge 12/4/95 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. 4/9/95**
Attuazione della direttiva 93/59/CEE del Consiglio del 28 giugno 1993 che modifica la direttiva 70/220/CEE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alle misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico da emissioni di veicoli a motore.
- **D.P.C.M. 2/10/95**
Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.
- **D.P.C.M. 14/11/95**
Recepimento della direttiva 93/12/CEE relativa al tenore di zolfo di taluni combustibili liquidi.
- **D.M. 5/2/96**
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. 16/5/96**
Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono.
- **D.M. 16/5/96**
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. 19/11/97 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. 31/3/98**
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. 27/3/98**
Mobilità sostenibile nelle aree urbane.
Direttiva 7.7.98 del Ministero dei lavori pubblici.
Direttiva sul controllo dei gas di scarico dei veicoli (bollino blu) ai sensi dell'art. 7 del nuovo codice della strada.
- **D.M. 21/4/99 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 22/04/99**
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. 4/8/99 n° 351**
Qualità dell'aria verso standard europei: nuovi valori per misurare l'inquinamento. I dati del 1999, pubblicati in questa relazione, non erano ancora sottoposti alla normativa sopra riportata.
- **D.Lgs. 4/8/99 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.
- **Regione Piemonte - L.R. 7/4/00 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.

I limiti di riferimento per le concentrazioni di inquinanti in ambiente esterno sono essenzialmente di due tipi:

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

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

Nella tabella che segue (TABELLA 2) sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa vigente per gli inquinanti in ambienti esterni.

INQUINANTE	RIFERIMENTO NORMATIVO	PARAMETRO DI CONTROLLO	PERIODO DI OSSERVAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO
Biossido di zolfo espresso come SO ₂	VALORE LIMITE (D.P.R. 203/88)	mediana delle concentrazioni medie di 24 ore	1 aprile - 31 marzo	80 µg/mc
		98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore (2)	1 aprile - 31 marzo	250 µg/mc
		mediana delle concentrazioni medie di 24 ore	1 ottobre - 31 marzo	130 µg/mc
	VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88)	media giornaliera	1 aprile - 31 marzo	40 - 60 µg/mc
		valore medio delle 24 ore	ore 0 – 24 di ogni giorno	100 - 150 µg/mc
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M.15/4/94 e 25/11/94) (1)	media giornaliera	ogni giorno	125 µg/mc
LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94 e 25/11/94) (1)	media giornaliera (3)	ogni giorno	250 µg/mc	
Biossido di azoto espresso come NO ₂	VALORE LIMITE (D.P.R. 203/88)	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora	1 gennaio - 31 dicembre	200 µg/mc
	VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88)	50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora	1 gennaio - 31 dicembre	50 µg/mc
		98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora	1 gennaio - 31 dicembre	135 µg/mc
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 e 25/11/94) (1)	media oraria	ogni giorno	200 µg/mc
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94 e 25/11/94) (1)	media oraria	ogni giorno	400 µg/mc
Particelle sospese totali esprese come PTS	VALORE LIMITE (D.P.C.M. 28/3/83)	media giornaliera	1 aprile - 31 marzo	150 µg/mc
		95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore	1 aprile - 31 marzo	300 µg/mc
	VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88)	media giornaliera (4)	1 aprile - 31 marzo	40 - 60 µg/mc
		media giornaliera (4)	ogni giorno	100 - 150 µg/mc
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 25/11/94) (1)	media giornaliera (5)	ogni giorno	150 µg/mc
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 25/11/94) (1)	media giornaliera (5)	ogni giorno	300 µg/mc
Monossido di carbonio espresso come CO	VALORE LIMITE (D.P.C.M. 28/3/83)	media di 8 ore	8 ore	10 mg/mc
		media oraria	1 ora	40 mg/mc
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 e 25/11/94) (1)	media oraria	1 ora	15 mg/mc
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94 e 25/11/94) (1)	media oraria	1 ora	30 mg/mc
Ozono espresso come O ₃	VALORE LIMITE (D.P.C.M. 28/3/83) (6)	media oraria	1 mese	200 µg/mc
	LIVELLO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (D.M. 16/5/96)	media (mobile trascinata) su 8 ore	8 ore	110 µg/mc
	LIVELLO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (D.M. 16/5/96)	media oraria	1 ora	200 µg/mc
		media giornaliera	ogni giorno	65 µg/mc
	LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94) (1)	media oraria	1 ora	180 µg/mc
	LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94) (1)	media oraria	1 ora	360 µg/mc
Piombo espresso come Pb	VALORE LIMITE (D.P.C.M. 28/3/83)	media delle concentrazioni medie di 64 ore rilevate in un anno	1 aprile - 31 marzo	2 µg/mc
Particolato sospeso espresso come PM ₁₀	OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/96 al 31/12/98) (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri	annuale	60 µg/mc
	OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/99) (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri	annuale	40 µg/mc
Benzene	OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/96 al 31/12/98) (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri	annuale	15 µg/mc
	OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/99) (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri	annuale	10 µg/mc
BENZO(A)PIRENE	OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/96 al 31/12/98) (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri	annuale	2.5 ng/mc
	OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/99) (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri	annuale	1.0 ng/mc

TABELLA 2: valori di riferimento previsti dalla normativa vigente per gli inquinanti.

Note alla tabella 2

- (1) Lo stato di attenzione e di allarme, come definiti nel D.M. 15/4/94, vengono raggiunti quando, durante il ciclo di monitoraggio, si rileva il superamento, anche non contemporaneo, dei livelli di attenzione e di allarme, in un numero di stazioni di rilevamento pari o superiori a quello indicato nella tabella sottostante (le definizioni relative alla tipologia della stazione sono riportate nel D.M. 20/5/91).

INQUINANTE	STAZIONI
SO ₂ Biossido di zolfo	50% del totale delle stazioni di tipo A, B, C
PTS Particelle sospese totali	50% del totale delle stazioni di tipo A, B, C
NO ₂ Biossido di azoto	50% del totale delle stazioni di tipo A e B
CO Monossido di carbonio	50% del totale delle stazioni di tipo A e C
O ₃ Ozono	Una qualsiasi stazione di tipo A o D

I livelli di attenzione e di allarme sono riferiti alle aree urbane e alle zone individuate dalle Regioni ai sensi dell'art.9 del DM 20.5.91 (criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria).

- (2) Si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di tre giorni consecutivi; inoltre si deve cercare di prevenire e ridurre detti superamenti.
- (3) Ai sensi del D.P.R. 203/88 il limite di 250 µg/m³ non può essere superato per più del 2% delle misure valide su base annua e si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di tre giorni consecutivi.
- (4) Misurate con il metodo dei fumi neri.
- (5) I valori delle concentrazioni di PTS, misurate in modo non automatico con metodo gravimetrico, concorrono alla determinazione degli stati di allarme e di attenzione e ai conseguenti provvedimenti da adottare, compatibilmente con i tempi necessari per il completamento delle operazioni di prelievo e di misurazione.
- (6) Da non raggiungere più di una volta al mese.

IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI TORINO ALLA LUCE DEL PIANO PER IL RISANAMENTO E LA TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La Regione Piemonte, con l'approvazione della Legge Regionale n. 43 del 7 aprile 2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" ha attuato il decentramento amministrativo in materia di inquinamento atmosferico.

La legge in questione presenta inoltre il piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, tale piano redatto ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203 è stato preparato in coerenza con le finalità e i contenuti del Decreto Legislativo 4 agosto 1999 n. 351 "Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria".

Nel suo complesso la Legge Regionale riorganizza i compiti sia degli enti locali (Regione, Provincia e Comune) sia degli enti strumentali (ARPA) in materia di tutela e di controllo della qualità dell'aria e, attraverso il piano per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria definisce gli indirizzi per il perseguimento degli obiettivi considerati prioritari per la tutela dell'ambiente da fenomeni di inquinamento atmosferico.

In questo capitolo si presenteranno i contenuti principali del piano, come tali contenuti influiranno sulle attività legate al monitoraggio della qualità dell'aria e sulla gestione dei fenomeni acuti di inquinamento atmosferico. Si spiegherà altresì quali saranno i principali programmi che dovranno essere previsti per garantire il miglioramento progressivo della qualità dell'aria.

L'innovazione contenuta nel Piano è rappresentata dalla classificazione del territorio regionale ai fini della gestione della qualità dell'aria, sono infatti individuate le zone del territorio regionale nelle quali si stima che:

- si superino o esista il rischio di superare per uno o più inquinanti i valori limite e le soglie di allarme;
- si superino o esista il rischio di superare i valori limite;
- i livelli degli inquinanti siano inferiori ai valori limite.

Il piano definisce le strategie per il controllo della qualità dell'aria ambiente in ciascuna delle zone identificate e individua le priorità di intervento per garantire il miglioramento progressivo della qualità dell'aria.

Vengono identificati nei piani di azione o programmi per il miglioramento progressivo della qualità dell'aria, gli strumenti per l'attuazione degli interventi volti a:

- ridurre il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme;
- garantire il rispetto dei limiti e gli obiettivi entro i termini stabiliti dalla normativa;
- preservare e conservare la qualità dell'aria ambiente laddove i livelli degli inquinanti non comportano il rischio di superamento dei limiti e degli obiettivi stabiliti.

CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO REGIONALE AI FINI DELLA GESTIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Ai fini della gestione della qualità dell'aria e per la pianificazione degli interventi necessari per il suo miglioramento complessivo, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351, il territorio regionale viene suddiviso in **tre zone**, alle quali corrisponderanno livelli di controllo diversificati, ma tali da assicurare adeguata informazione al pubblico ed a tutti i soggetti chiamati al governo e alla gestione della qualità dell'aria.

Per ognuna delle **zone** sono di seguito indicate le caratteristiche, i criteri per l'individuazione dei territori Comunali da assegnare alle medesime e la tipologia di controllo che deve essere realizzato per garantire una adeguata conoscenza dello stato dell'inquinamento e della sua evoluzione.

ZONA 1

La zona 1 comprende:

- gli agglomerati ovvero le zone di territorio con più di 250.000 abitanti, nonché quelle con densità di popolazione tale da rendere necessario il controllo sistematico e la gestione della qualità dell'aria;
- i territori regionali, per i quali la valutazione della qualità dell'aria abbia evidenziato che i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite stabilito dalle normative, aumentato del margine di tolleranza così come definito dal D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351.

I criteri utilizzati per l'individuazione dei Comuni da assegnare alla **zona 1** sono i seguenti:

- Comuni con popolazione superiore ai 250.000 abitanti;
- Comuni con popolazione superiore ai 20.000 abitanti e con una densità di popolazione, riferita alla superficie edificata dei centri urbani superiore a 2500 abitanti/Km²;
- Comuni capofila di una Conurbazione, ovvero di un'area urbana finita, ma per la quale deve essere redatto un piano generale del traffico dell'intera area, così come individuate dalla Regione;
- Comuni per i quali la valutazione della qualità dell'aria evidenzia il superamento di uno o più valori limite attualmente vigenti, ovvero dei limiti che saranno stabiliti ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351, aumentati del margine di tolleranza.

Per i comuni assegnati alla zona 1 si dovrà garantire il controllo sistematico della qualità dell'aria ai fini di permetterne la gestione e saranno predisposti programmi per il miglioramento progressivo dell'aria ambiente. Tali programmi saranno sviluppati in funzione delle diverse tipologie di inquinanti e dovranno tenere conto delle caratteristiche di urbanizzazione, di industrializzazione e di protezione dei territori interessati, conterranno inoltre le misure da attuare affinché sia garantito il rispetto dei limiti attualmente in vigore, ovvero possano essere rispettati, entro i tempi previsti i limiti che saranno stabiliti ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351.

ZONA 2

La zona 2 comprende:

- le zone di territorio con un numero di abitanti e una densità di popolazione inferiore a quelli della zona 1, per le quali la valutazione della qualità dell'aria abbia evidenziato che i livelli di uno o più inquinanti siano tali da comportare il rischio di superamento dei limiti vigenti, ovvero dei limiti che saranno stabiliti ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351, ma entro il margine di tolleranza così come definito dal medesimo D.Lgs..

Per la individuazione dei territori comunali da assegnare alla **zona 2**, si tiene conto dei seguenti ulteriori criteri:

- Comuni con meno di 20.000 abitanti e densità di popolazione inferiore a 2500 abitanti/Km², facenti parte di una Conurbazione ovvero di un'area urbana finita ma per la quale deve essere redatto un piano generale del traffico dell'intera area, così come individuata dalla Regione;
- Comuni per i quali la valutazione della qualità dell'aria indica il rischio di superamento dei limiti attualmente in vigore e evidenzia la possibilità di superamento dei limiti che saranno stabiliti ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351, ma entro il margine di tolleranza così come definito dal medesimo Decreto legislativo.

Per i Comuni assegnati alla **zona 2** il sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria, attraverso campagne di rilevazione, opportunamente integrate con tecniche modellistiche, fornisce ulteriori elementi per la valutazione dello stato della qualità dell'aria e sulla sua evoluzione, anche al fine di individuare la necessità di procedere alla rilevazione sistematica della qualità dell'aria.

Per i Comuni assegnati alla **zona 2** devono essere predisposti piani o programmi per il miglioramento progressivo dell'aria ambiente, opportunamente integrati per i diversi inquinanti e tenendo conto delle caratteristiche di urbanizzazione, di industrializzazione e di protezione dei territori interessati e conterranno le misure da attuare affinché possa essere garantito il costante rispetto dei limiti stabiliti dalle normative vigenti, nonché quello dei nuovi limiti comunitari, entro i tempi stabiliti nelle norme di recepimento delle direttive.

ZONA A

Fra i Comuni appartenenti alla zona 1 e 2 sono identificati, ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351, i territori comunali nei quali i livelli di uno o più inquinanti comportano il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme e sia pertanto possibile il verificarsi di fenomeni acuti di inquinamento atmosferico (art. 3 del D.M. 20/5/91: Criteri per l'elaborazione dei piani e dell'art. 9 del D.M. 20/5/91: Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria). In questi territori sono applicabili i disposti del D.M. 15 aprile 1994 “Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane” e successive modifiche. Tali Comuni sono assegnati alla **zona A**.

Per l'individuazione dei Comuni da assegnare alla zona A sono state prese in considerazione le parti delle aree metropolitane o delle conurbazioni, dove risiede una elevata percentuale della popolazione piemontese, in cui sono presenti sorgenti con rilevante potenzialità emissiva e infrastrutture, imprese, attività commerciali e ricreative, arterie di grande comunicazione, tali da indurre elevati livelli di traffico, e nelle quali, in caso di manifestarsi di condizioni meteorologiche sfavorevoli persistenti, si sia evidenziato il rischio di superamento dei limiti e delle soglie di allarme così come definiti dal D.M. 15 aprile 1994 e dal D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351.

ZONA 3

La zona 3 comprende: tutti i territori comunali, non assegnati alle zone 1, 2 e A, nei quali si stima che i livelli degli inquinanti siano inferiori ai limiti attualmente in vigore.

Per i Comuni assegnati alla zona 3 il sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria garantisce la stima dello stato della qualità dell'aria e sulla sua evoluzione, mediante l'applicazione di modelli e metodi di valutazione obbiettiva.

Per i Comuni assegnati alla zona 3, al fine di conservare i livelli di inquinamento al di sotto dei limiti vigenti, evitare il rischio di superamento dei limiti che saranno stabiliti ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351, nonché preservare la migliore qualità dell'aria ambiente compatibile con lo sviluppo sostenibile, vengono predisposti piani o programmi per il miglioramento progressivo dell'aria ambiente, opportunamente integrati per i diversi inquinanti. Tali piani terranno conto delle caratteristiche di urbanizzazione, di industrializzazione e di protezione dei territori

interessati e conterranno le misure preventive da attuare per la riduzione delle emissioni degli inquinanti più significativi per le aree in esame con particolare riguardo a quelli per i quali le normative individuano limiti stringenti.

IL DETTAGLIO SULLA PROVINCIA DI TORINO

In relazione a quanto definito nel piano regionale per il risanamento della qualità dell'aria si riportano nelle tabelle sottostanti (TABELLA 3, TABELLA 4 e TABELLA 5) i comuni della Provincia di Torino rispettivamente individuati come facenti parte della zona 1, zona 2 e zona a, i Comuni non espressamente citati nelle tabelle sottostanti appartengono alla zona 3.

Comune	Popolazione ISTAT Aggiornamento 1997: ab.	Superficie comunale: km ²	Densità territoriale: ab/km ²	Superficie edificati: km ²	Densità Territorio Edificato: ab/km ²	Comune Appartenente ad una conurbazione
Carmagnola	24773	96	258	7,09	3494	No
Chieri	32534	55	592	7,04	4621	Si
Chivasso	24264	51	476	7,05	3442	No
Collegno	47608	18	2645	5,73	8309	Si
Grugliasco	40461	13	3112	11,31	3577	Si
Ivrea	24779	30	826	5,59	4433	No
Moncalieri	58018	48	1209	12,12	4787	Si
Nichelino	45609	20	2280	6,75	6757	Si
Orbassano	21666	22	985	4,71	4600	Si
Pinerolo	34412	50	688	7,56	4552	No
Rivoli	52288	30	1743	9,23	5665	Si
Settimo t.se	47617	32	1488	10,09	4719	Si
Torino	914818	130	7037	91,75	9971	Capofila
Venaria	35576	20	1779	3,10	11476	Si

TABELLA 3: comuni della Provincia di Torino inseriti in zona 1.

Comune	Popolazione ISTAT Aggiornamento 1997: ab.	Superficie comunale: km ²	Densità territoriale: ab/km ²	Superficie edificati: km ²	Densità Territorio Edificato: ab/km ²	Comune Appartenente ad una conurbazione
Alpignano	17438	12	1453	3,06	5699	Si
Baldissero t.se	3070	16	192	0,61	5033	Si
Beinasco	18486	7	2641	4,17	4433	Si
Borgaro t.se	11832	14	845	2,04	5800	Si
Cambiano	5688	14	406	1,81	3143	Si
Caselle t.se	14965	29	516	5,84	2563	Si
Druento	8021	27	297	2,03	3951	Si
Leini'	12172	33	369	3,85	3162	Si
Pecetto t.se	3522	10	352	1,04	3387	Si
Pianezza	11443	16	715	3,10	3691	Si
Pino t.se	8589	22	390	2,36	3639	Si
Piossasco	15543	41	379	3,17	4903	Si
Rivalta di to	17619	25	705	6,56	2686	Si
San mauro t.se	17865	13	1374	2,56	6979	Si
Trofarello	9264	12	772	2,87	3228	Si
Vinovo	13728	18	763	2,97	4622	Si
Volpiano	12828	32	401	6,10	2103	Si
Villastellone	4712	20	236	1,61	2927	No

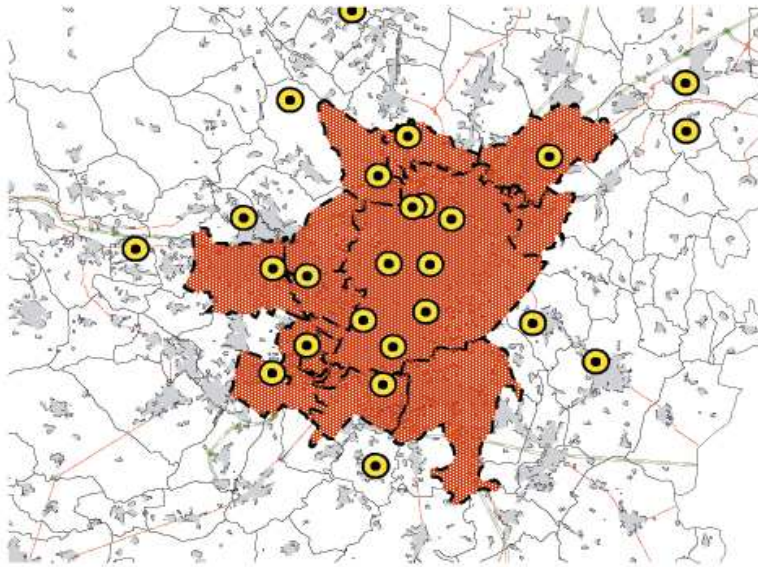
TABELLA 4: comuni della Provincia di Torino inseriti in zona 2.

Comune	Popolazione ISTAT Aggiornamento 1997: ab.	Superficie comunale: km ²	Densità territoriale: ab/km ²	Superficie edificati: km ²	Densità Territorio Edificato: ab/km ²	Comune Appartenente ad una conurbazione
Beinasco	18486	7	2641	4,17	4433	Si
Borgaro t.se	11832	14	845	2,04	5800	Si
Collegno	47608	18	2645	5,73	8309	Si
Grugliasco	40461	13	3112	11,31	3577	Si
Moncalieri	58018	48	1209	12,12	4787	Si
Nichelino	45609	20	2280	6,75	6757	Si
Orbassano	21666	22	985	4,71	4600	Si
Rivoli	52288	30	1743	9,23	5665	Si
San mauro t.se	17865	13	1374	2,56	6979	Si
Settimo t.se	47617	32	1488	10,09	4719	Si
Torino	914818	130	7037	91,75	9971	Capofila
Venaria	35576	20	1779	3,10	11476	Si

TABELLA 5: comuni della Provincia di Torino inseriti in zona A.

Nella

FIGURA 3 è stata riprodotta una cartina sulla quale viene presentata graficamente la suddivisione dei territori comunali della Provincia di Torino in funzione della diversa appartenenza alle zone individuate.



COMUNI INSERITI IN ZONA A


PROVINCIA DI TORINO
 Area Ambiente

A.R.P.A. Piemonte

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO
 PROVINCIALE AI FINI DELLA GESTIONE
 DELLA QUALITA' DELL'ARIA
 (L.Reg. n. 43 del 7 aprile 2000)**

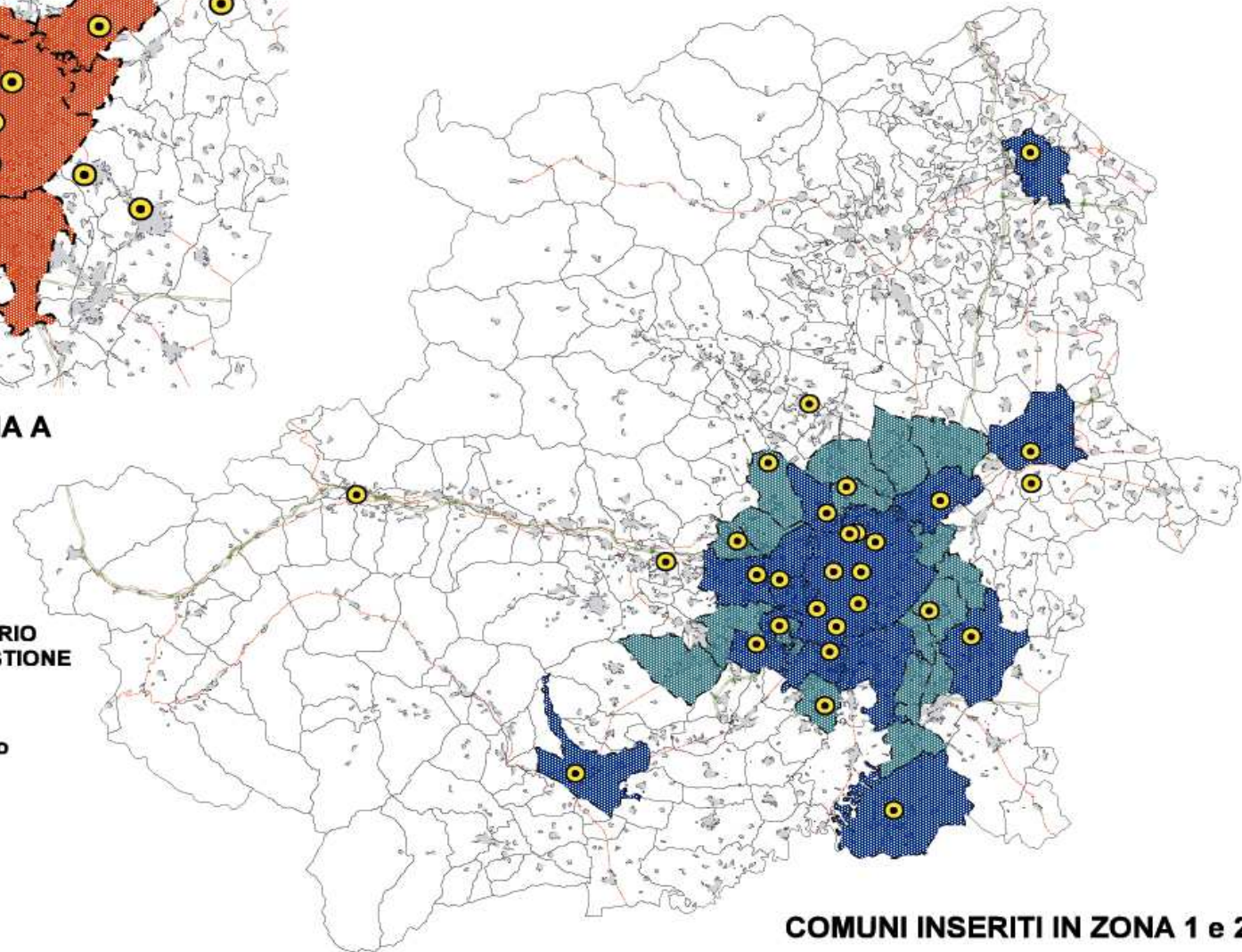

Postazioni di monitoraggio


Zona 1


Zona 2


Zona A


Aree edificate



COMUNI INSERITI IN ZONA 1 e 2

FIGURA 3: zonizzazione del territorio della Provincia di Torino

Si osserva che la grande maggioranza dei comuni individuati nelle zone 1 e 2 sono raggruppati nell'area urbana torinese, tale area è sicuramente la porzione di territorio provinciale più densamente abitata e con la più alta concentrazione di insediamenti industriali. E' conseguente che una così forte pressione antropica sul territorio si ripercuota sulla qualità dell'aria e che in tale zona debbano essere focalizzate le attenzioni volte ad un monitoraggio sistematico dei fenomeni di inquinamento e alla definizione di interventi per il miglioramento della qualità dell'aria. Inoltre nella zona 1 sono stati individuati anche i comuni di Pinerolo, Carmagnola, Ivrea e Chivasso che pur non rientrando nell'area metropolitana torinese, rappresentano centri con una rilevante presenza abitativa ed industriale, conseguentemente anche per questi centri è previsto che il sistema di monitoraggio operante nel territorio della Provincia di Torino sia presente il controllo sistematico della qualità dell'aria.

Un approfondimento spetta alla zona A; la definizione di tale zona impegna gli amministratori degli enti locali ad operare congiuntamente ai fini di una corretta ed efficace gestione delle situazioni di rischio, infatti, come già detto in precedenza, sul territorio dei comuni individuati sono applicabili i disposti del D.M. 15 aprile 1994 e del D.M. 21 aprile 1999.

La Provincia, in qualità di autorità competente alla gestione delle situazioni di rischio, di concerto con i Comuni interessati, elaborerà i piani di intervento operativi volti al contenimento degli episodi acuti di inquinamento atmosferico, alla riduzione del rischio di superamento dei limiti e dell'entità dei superamenti medesimi. Nello sviluppo di tali piani di intervento operativo in accordo con tutti i Comuni interessati si definiranno le modalità e le caratteristiche dei provvedimenti da attuare e le aree soggette a tali provvedimenti. Un tale sforzo di concertazione consentirà sicuramente di incrementare l'efficacia degli interventi volti al controllo delle situazioni di attenzione e allo sviluppo di azioni comuni che nel breve termine portino ad un tangibile miglioramento della qualità dell'aria.

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

Nelle pagine seguenti sono riportati per ogni inquinante:

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

Si desidera inoltre precisare che i rilevamenti delle concentrazioni degli inquinanti seguono sempre l'ora solare, anche nel periodo estivo, di conseguenza nella lettura delle elaborazioni è necessario tenerne conto.

MONOSSIDO DI CARBONIO

DESCRIZIONE

Il carbonio, che costituisce lo 0.08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare 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 la cui concentrazione venga espressa in milligrammi 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 il 80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina.

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

DANNI CAUSATI

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

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

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

METODO DI MISURA

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

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di monossido di carbonio è milligrammi al metro cubo (mg/m³).

ESAME DEI DATI

Non si sono verificati superamenti del livello di allarme (a differenza di quanto accaduto nel 1998, in cui nella stazione di P.zza Rivoli il livello di allarme era stato superato quattro volte).

In sette siti, su un totale di sedici, si è verificato invece almeno un superamento del livello di attenzione. Il sito nettamente più critico è quello di P.zza Rivoli a Torino (34 superamenti del livello di attenzione), seguito da quello di Chivasso, con 12 superamenti; in quest'ultimo caso, però, i superamenti sono tutti concentrati in una sola settimana del mese di febbraio e legati alla presenza di autoveicoli in manovra per l'allestimento di una manifestazione pubblica nelle immediate vicinanze della stazione. Tali valori non sono quindi rappresentativi di una situazione media del sito di Chivasso, ma sono legati a un evento eccezionale.

Nei rimanenti cinque siti il numero di ore di superamento del livello di attenzione è compreso tra uno e sei nel corso dell'intero anno.

A livello di distribuzione spaziale complessiva dei dati sul territorio provinciale, escludendo l'anomalia di Chivasso, il 92% dei superamenti del livello di attenzione è avvenuto nel capoluogo, e

il restante 8% in due siti di prima cintura, a Settimo T.se (Via Milano) e a Nichelino (Via XXV Aprile).

Al di fuori della prima cintura non si sono verificati superamenti del livello di attenzione.

Per quanto riguarda la distribuzione temporale dei dati, tutti i superamenti del livello di attenzione verificatisi nell'insieme delle stazioni si sono sostanzialmente concentrati *nei mesi invernali* e in particolare in quello di gennaio. Ciò evidenzia che le situazioni più critiche sono strettamente legate a situazioni meteo-climatiche di stabilità atmosferica, quali appunto quelle che tipicamente si verificano nell'Italia del nord nei mesi da dicembre a febbraio.

Nel complesso i valori rilevati nel 1999 appaiono significativamente più bassi di quelli dell'anno precedente. La ripresa del leggero trend discendente dei valori (osservabile in particolare sulla rete cittadina di Torino che dispone di serie storiche) a seguito del costante aumento del parco auto catalizzato sembra avere annullato la stagnazione dell'anno precedente, dovuta presumibilmente ad una differente situazione meteorologica.

I superamenti del livello di attenzione sono comunque ormai da considerarsi estremamente rari: nella situazione più critica (stazione di P.zza Rivoli nel mese di gennaio) il numero di ore interessate da tali superamenti è circa il 4,5% delle ore totali del mese.

Data la natura dell'inquinante (per il quale il contributo del traffico autoveicolare legato ai veicoli a benzina è vicino all'80% sul complesso della provincia¹) le azioni di risanamento vanno indirizzate soprattutto alla sostituzione del parco auto non catalizzato, alla verifica periodica delle emissioni degli autoveicoli e alla razionalizzazione dei flussi di traffico nelle aree a maggiore congestione.

In questa direzione porta la recente Legge Regionale n. 43 del 7 aprile 2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" che a livello di Stralcio del Piano per il Risanamento della Qualità dell'aria prevede, tra l'altro:

- il controllo periodico obbligatorio a partire dal 1/7/2001 delle emissioni degli autoveicoli su tutto il territorio regionale (il cosiddetto "bollino blu");
- l'adozione di misure atte alla razionalizzazione e alla fluidificazione della circolazione.

Per una visualizzazione delle elaborazioni effettuate è rappresentata in FIGURA 4 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 1998 e 1999.

¹ Disaggregazione delle Emissioni CORINAIR 1990 sulla provincia di Torino - ENEL Ricerca 1998

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali (mg/m ³)		Valori Massimi datati (mg/m ³)		Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 15/4/94) indice: conc. media di 1h periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento 15(mg/m ³)		Numero superamenti livello di allarme (D.M. 15/4/94) indice: conc. media di 1h periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento 30(mg/m ³)		Valore limite (D.P.C.M. 28/3/83) indice: conc. media oraria periodo di osservazione orario valore di riferimento 40 (mg/m ³)		Valore limite (D.P.C.M. 28/3/83) indice: conc. Media di 8 h periodo di osservazione: 8 h valore di riferimento 10(mg/m ³)	
			1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Chieri	C.so Buozzi, 1	C	1.7	1.2	15 - 30 marzo h 08:00	10 - 24 novembre h 09:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Chivasso	Via Torino, 1	C	1.2	0.9	23 - 12 febbraio h 19:00	17 - 11 febbraio h 19:00	3	12	0	0	0	0	0	2
Druento	Cascina Peppinella	A	0.5	0.4	2 - 16 dicembre h 20:00	3 - 3 marzo h 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ivrea	P.zza Freguglia	C	1.8	1.3	18 - 18 dicembre h 18:00	13 - 25 gennaio h 20:00	6	0	0	0	0	0	3	0
Nichelino	Via XXV Aprile, 111	C	1.6	1.7	26 - 14 dicembre h 21:00	19 - 1 dicembre h 09:00	19	3	0	0	0	0	4	1
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1	C	0.9	0.7	8 - 14 dicembre h 09:00	10 - 20 gennaio h 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivoli	P.zza Togliatti, 1	C	1.1	1.2	13 - 13 febbraio h 09:00	14 - 21 gennaio h 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Settimo	Via Milano, 31	C	2.4	1.7	22 - 14 gennaio h 21:00	17 - 21 gennaio h 19:00	27	1	0	0	0	0	16	0
Susa	P.zza della Repubblica	C	0.6	0.6	4 - 16 dicembre h 09:00	5 - 10 dicembre h 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TO Consolata	Via Consolata, 10	B-C	2.9	2.6	28 - 13 febbraio h 20:00	15 - 6 gennaio h 20:00	23	0	0	0	0	0	10	1
TO Cristina	Via M.Cristina	B-C	2.5	2.3	14 - 13 febbraio h 20:00	16 - 29 gennaio h 09:00	0	1	0	0	0	0	1	0
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	1.3	1.1	15 - 12 febbraio h 20:00	10 - 4 febbraio h 21:00	1	0	0	0	0	0	0	0
TO Gaidano	Via Gaidano	B-C	2.2	2.1	21 - 18 dicembre h 09:00	19 - 7 gennaio h 19:00	19	3	0	0	0	0	7	0
TO Rebaudengo	P.zza Rebaudengo	B-C	3.5	3.2	27 - 13 febbraio h 19:00	19 - 20 gennaio h 19:00	23	6	0	0	0	0	9	1
TO Rivoli	P.zza Rivoli	B-C	3.7	3.3	44 - 13 febbraio h 19:00	27 - 21 gennaio h 09:00	78	34	4	0	1	0	23	13
Venaria	C.so Garibaldi	C	1	0.8	9 - 10 marzo h 02:00	9 - 6 gennaio h 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELLA 6: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

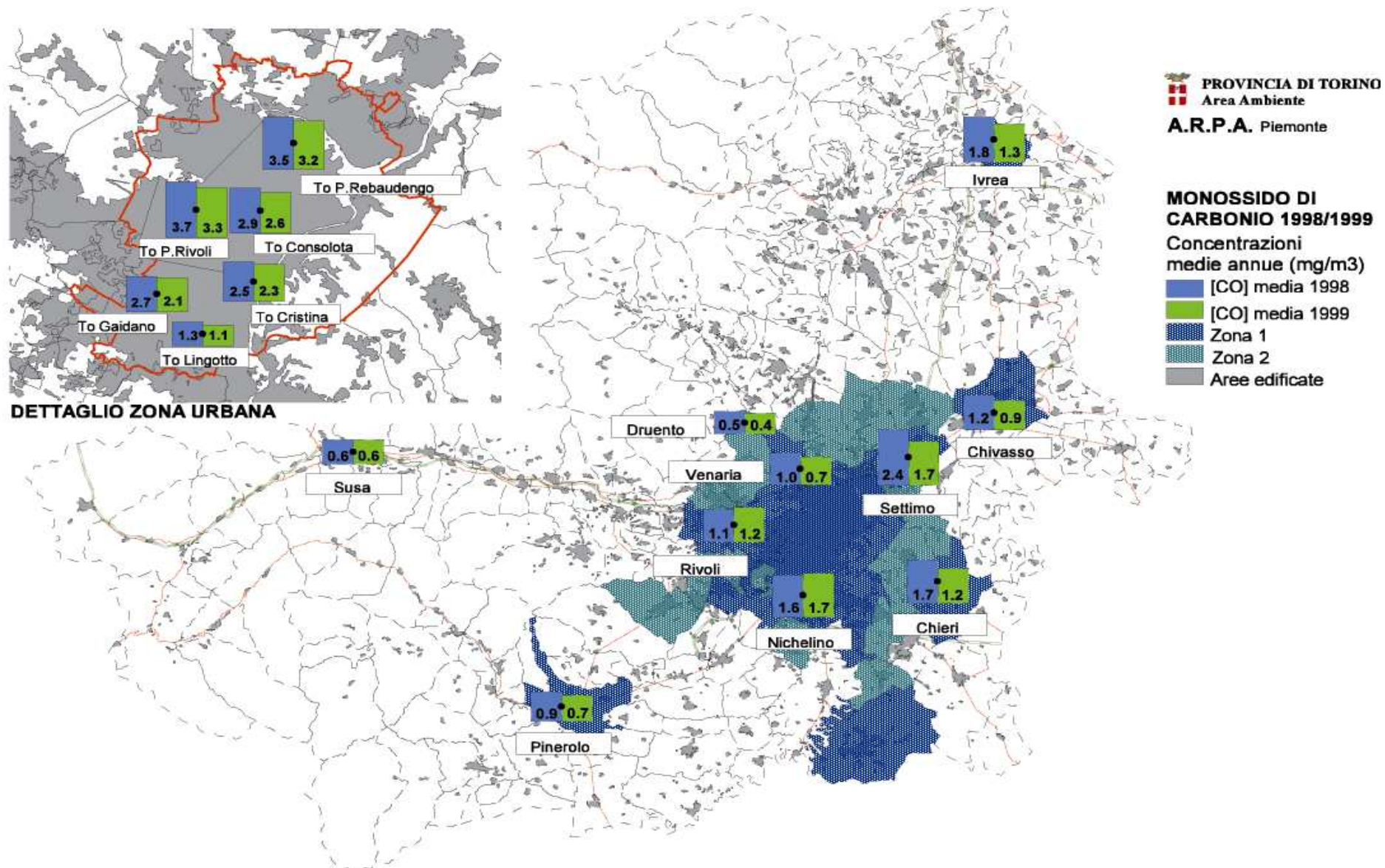


FIGURA 4: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 1998 e 1999.

**DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI FENOMENI DI INQUINAMENTO ACUTO
NUMERO DI SUPERAMENTI DEI LIVELLI DI ATTENZIONE DEL MONOSSIDO DI CARBONIO
ANNI 1998 - 1999**

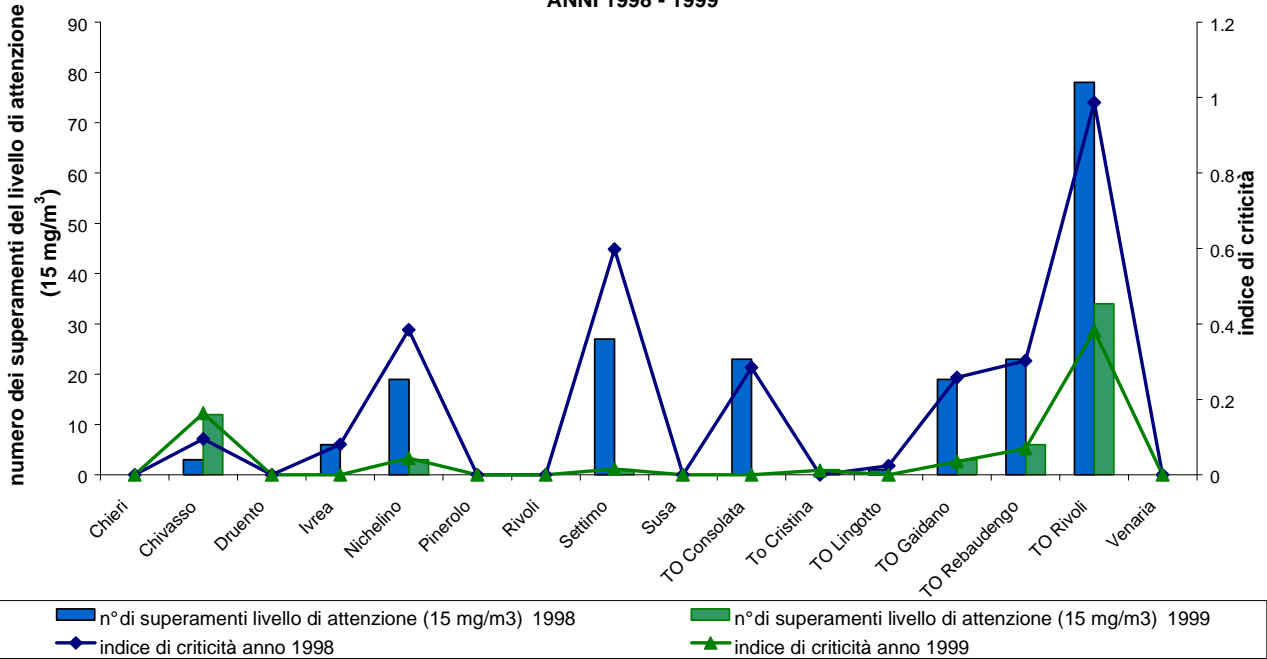


FIGURA 5: monossido di carbonio, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto

**DISTRIBUZIONE TEMPORALE DEI FENOMENI DI INQUINAMENTO ACUTO
NUMERO DI SUPERAMENTI DEI LIVELLI DI ATTENZIONE DEL MONOSSIDO DI CARBONIO
ANNI 1998 - 1999**

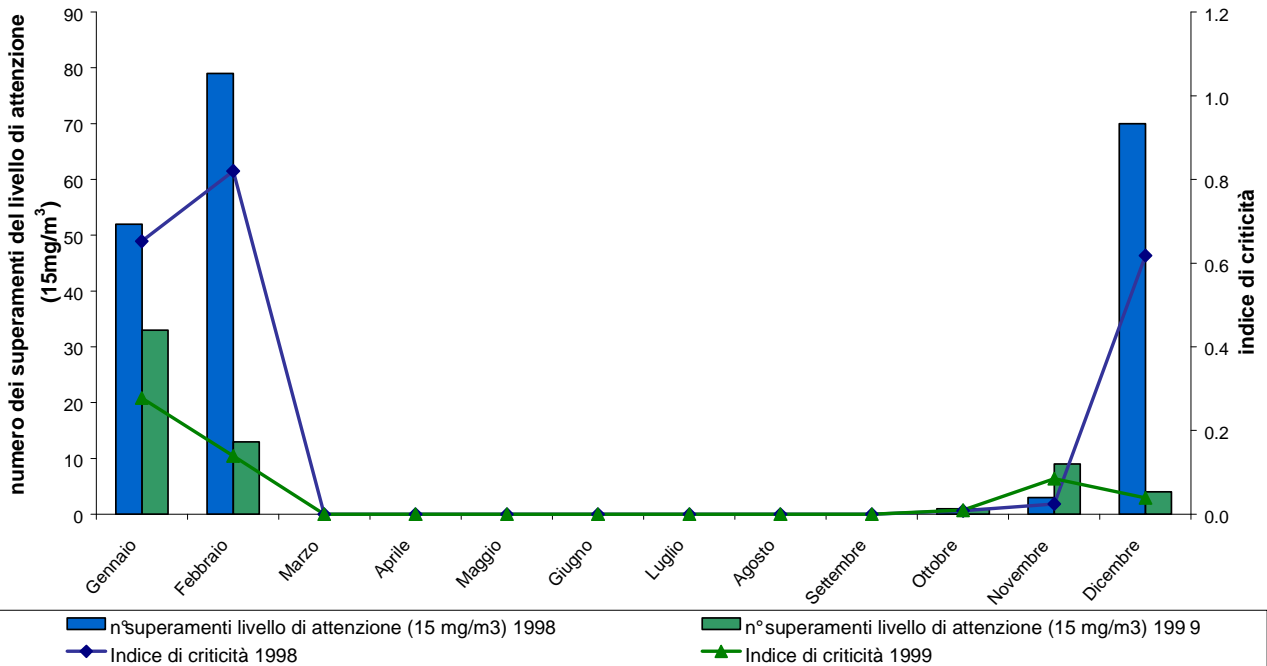


FIGURA 6: monossido di carbonio, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto

BIOSSIDO D'AZOTO

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂ ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile utilizzato.

Il biossido di azoto si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro di odore forte e pungente.

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

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

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

DANNI CAUSATI

Il biossido di azoto è un gas tossico irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con 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

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

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

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

ESAME DEI DATI

Non si sono verificati superamenti dei valori di allarme in nessuna delle stazioni nelle quali era presente l'analizzatore del biossido di azoto.

In 10 siti su 18 vi è stato nel corso dell'anno almeno un superamento del livello di attenzione, indice di esposizione della popolazione sul breve periodo; si nota una riduzione delle stazioni interessate da tale superamento infatti nel 1998 il numero delle stazioni che avevano superato il livello di attenzione ammontava a 15.

E' comunque da notare che in sole 6 stazioni il numero di superamenti è maggiore di 5 e di queste 4 sono nel Comune di Torino e 2 nella cintura torinese (Borgaro e Settimo).

Nel complesso la distribuzione spaziale dei dati (TABELLA 7 FIGURA 9 e FIGURA 10) mostra che le zone più critiche sono soprattutto nell'area metropolitana ed in modo particolare nel Comune di Torino. La differenza dei valori tra l'area metropolitana e il comune di Torino è meno accentuata

rispetto al caso del monossido di carbonio; come nel 1998 il rapporto tra il sito di Druento (caratterizzato dai valori più bassi) e quello di piazza Rebaudengo in Torino è di circa 1 a 3.

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

In modo analogo l'equivalente europeo per la protezione della salute umana sul lungo periodo (Direttiva 1999/30/CE peraltro non ancora recepita dallo Stato Italiano) è indicato in $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tale valore viene superato in sole 5 stazioni su 18 e tutte sono site nel comune di Torino.

Per quanto riguarda la distribuzione temporale dei dati, si osserva che, rispetto al monossido di carbonio, i superamenti del livello di attenzione sono distribuiti su un arco temporale più ampio che va da ottobre a maggio anche se i mesi invernali, per le ragioni esposte relative al monossido di carbonio, sono i più critici.

Ciò è legato al fatto che la quota di biossido di azoto primario, ovvero immesso come tale dalle sorgenti, è minoritaria rispetto alla quota secondaria (quella che si forma a partire dal monossido di azoto) e la cui sintesi è promossa dall'irraggiamento solare.

Nel complesso per gli ossidi di azoto si ravvisa una forte necessità di interventi strutturali di riduzione delle emissioni, quasi tutte riconducibili alla combustione di combustibili fossili.

Tali azioni di riduzione delle emissioni sono da attuarsi sia a livello di emissioni veicolari che industriali che civili. È importante sottolineare che l'utilizzo sempre più diffuso delle marmitte catalitiche a tre vie aumenterà l'importanza delle sorgenti diverse da quelle veicolari a differenza del passato anche recente.

Per una visualizzazione delle elaborazioni effettuate è rappresentata in FIGURA 7 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO_2 misurate negli anni 1998 e 1999 e in FIGURA 8 un'interpolazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni di biossido di azoto.

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valori Massimi datati ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valore limite (D.P.R. 203/88) indice: 98° percentile delle conc. medie orarie periodo di osservazione: dal 1 gennaio al 31 dicembre valore di riferimento: 200($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valori guida (D.P.R. 203/88) indice: 50° percentile delle conc. medie orarie periodo di osservazione: dal 1 gennaio al 31 dicembre valore di riferimento: 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 15/4/94) indice: media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 200($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti livello di allarme (D.M. 15/4/94) indice: media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 400($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Alpignano	Via F.Baracca, 12	D	36	37	252 - 17 dicembre h 17:00	160 - 13 marzo h 19:00	114	103	25	33	8	0	0	0
Beinasco	Via S.Pellico,5	B	31	42	219 - 18 marzo h 22:00	201 - 26 novembre h 14:00	116	121	24	38	3	1	0	0
Borgaro	Via Italia	D	25	40	141 - 23 luglio h 10:00	270 - 29 novembre h 15:00	78	112	16	35	0	13	0	0
Chieri	C.so Buozzi, 1	C	39	34	262 - 17 dicembre h 13:00	172 - 29 dicembre h 11:00	127	102	34	29	4	0	0	0
Ciriè	Via Teneschie, 2	B	36	32	214 - 16 dicembre h 20:00	207 - 1 dicembre h 17:00	119	105	30	23	2	2	0	0
Druento	Cascina Peppinella	A	30	25	114 - 22 ottobre h 13:00	164 - 22 gennaio h 16:00	73	71	24	22	0	0	0	0
Grugliasco	Via Roma, 15	B	53	52	283 - 17 dicembre h 18:00	210 - 29 settembre h 12:00	156	126	52	48	17	2	0	0
Ivrea	P.zza Freguglia	C	51	49	219 - 18 dicembre h 18:00	158 - 13 marzo h 20:00	109	104	49	47	1	0	0	0
Nichelino	Via XXV Aprile, 111	C	52	58	272 - 22 aprile h 07:00	196 - 1 dicembre h 20:00	146	140	46	52	21	0	0	0
Orbassano	Via Gozzano	D	41	49	197 - 16 dicembre h 22:00	156 - 2 marzo h 19:00	120	111	36	47	0	0	0	0
Settimo	Via Milano, 31	C	66	52	364 - 17 gennaio h 13:00	251 - 2 dicembre h 16:00	176	137	61	47	71	9	0	0
Vinovo	Via Garibaldi, 31	D	37	36	259 - 15 dicembre h 17:00	152 - 1 marzo h 21:00	109	88	35	33	5	0	0	0
TO Consolata	Via Consolata, 10	B-C	77	77	247 - 14 febbraio h 13:00	241 - 2 marzo h 14:00	159	154	74	74	25	20	0	0
To Cristina	Via M.Cristina	B-C	67	75	211 - 14 febbraio h 13:00	203 - 3 febbraio h 14:00	136	133	65	73	5	1	0	0
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	47	49	292 - 15 dicembre h 21:00	234 - 4 febbraio h 21:00	124	125	44	46	23	4	0	0
TO Gaidano	Via Gaidano	B	67	65	324 - 18 dicembre h 12:00	395 - 26 novembre h 13:00	146	152	60	60	30	30	0	0
TO Rebaudengo	P.zza Rebaudengo	B-C	90	82	360 - 14 dicembre h 15:00	334 - 20 gennaio h 15:00	188	163	82	77	121	45	0	0
TO Rivoli	P.zza Rivoli	B-C	82	78	322 - 17 dicembre h 13:00	280 - 2 dicembre h 13:00	169	164	75	73	50	41	0	0

TABELLA 7: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

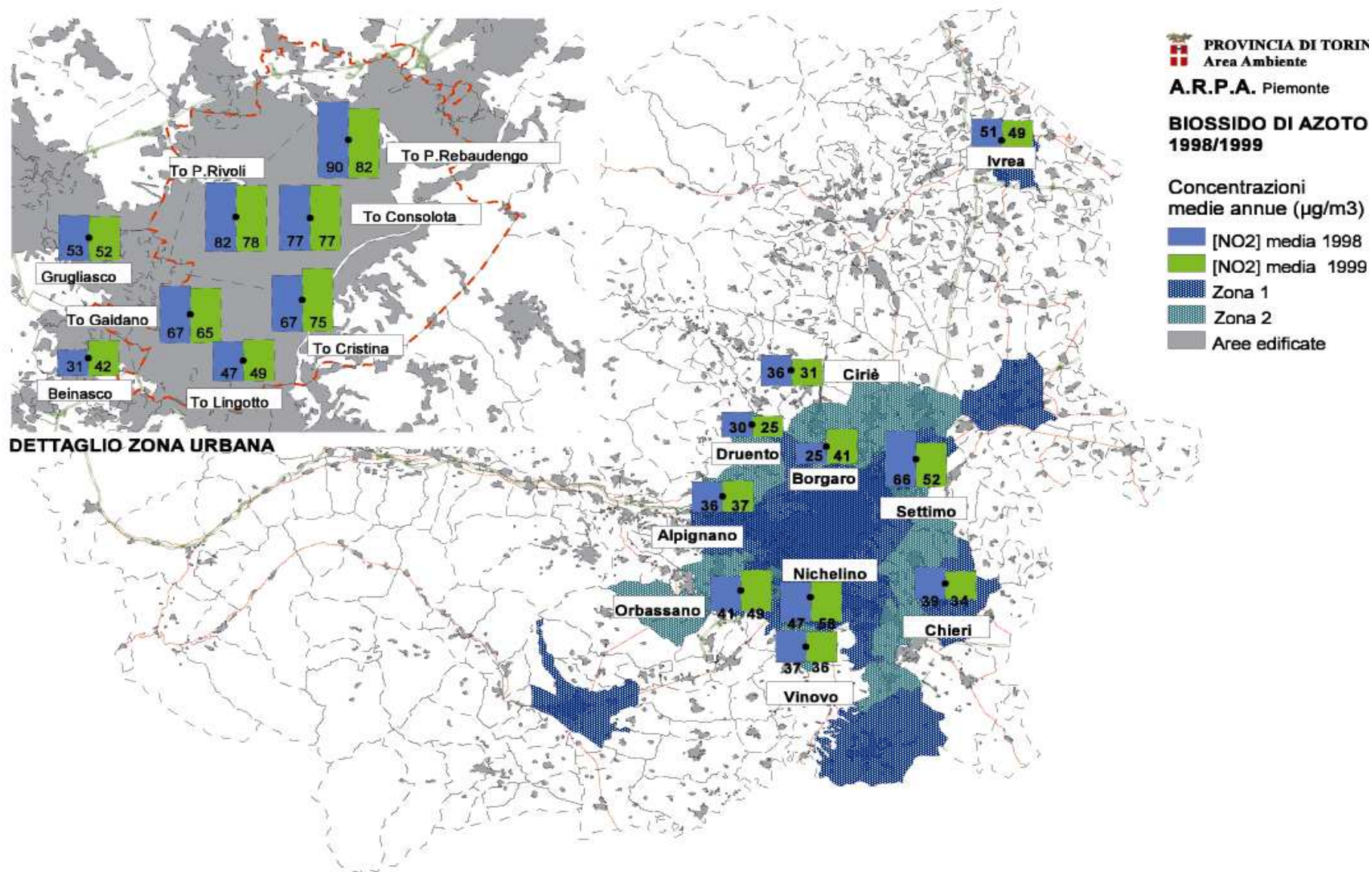


FIGURA 7: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO₂ misurate negli anni 1998 e 1999.

Medie annue Biossido di Azoto '99

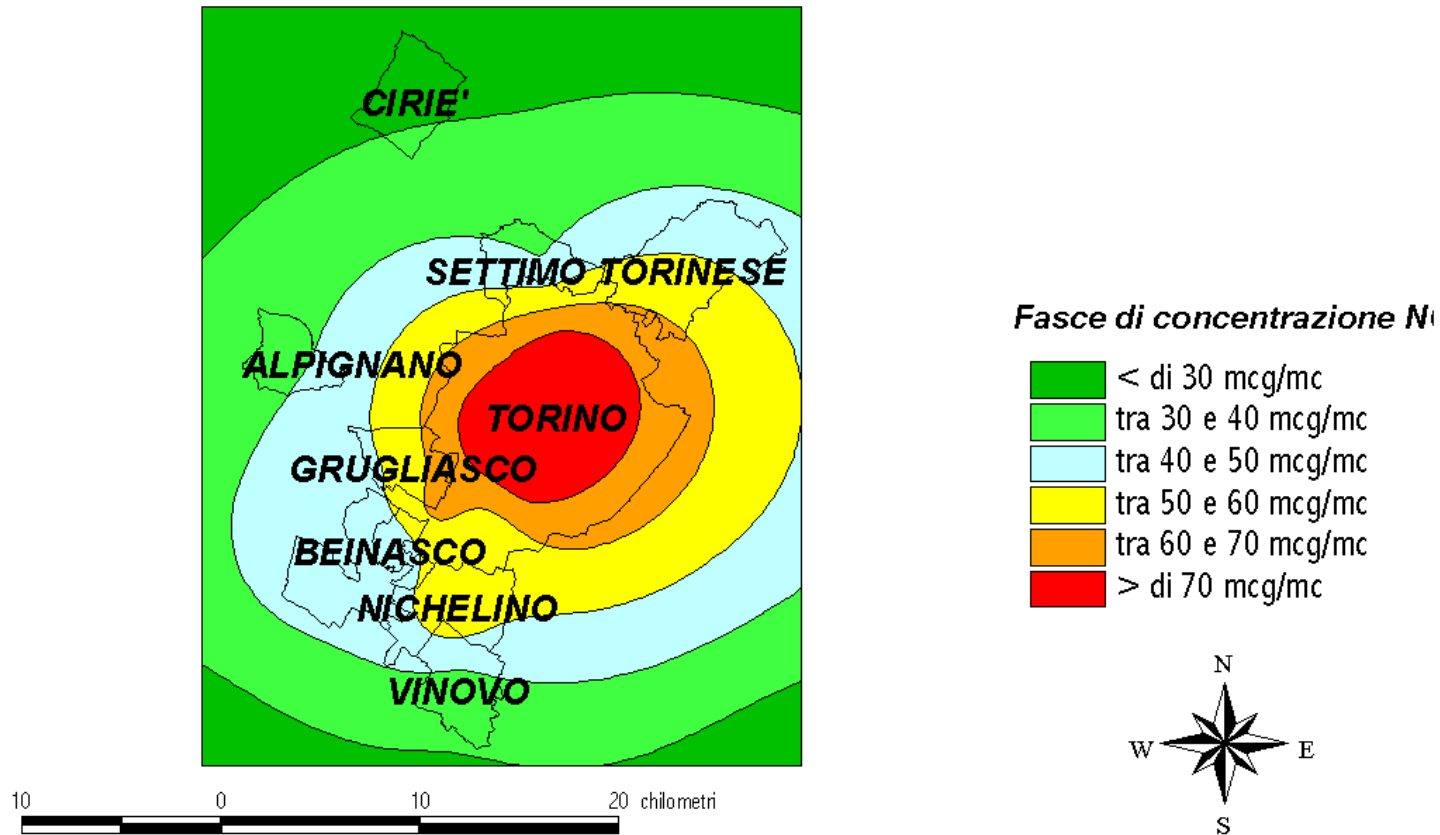


FIGURA 8: interpolazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto.

**DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI FENOMENI DI INQUINAMENTO ACUTO
NUMERO DI SUPERAMENTI DEI LIVELLI DI ATTENZIONE DEL BISSIDO DI AZOTO
ANNI 1998 - 1999**

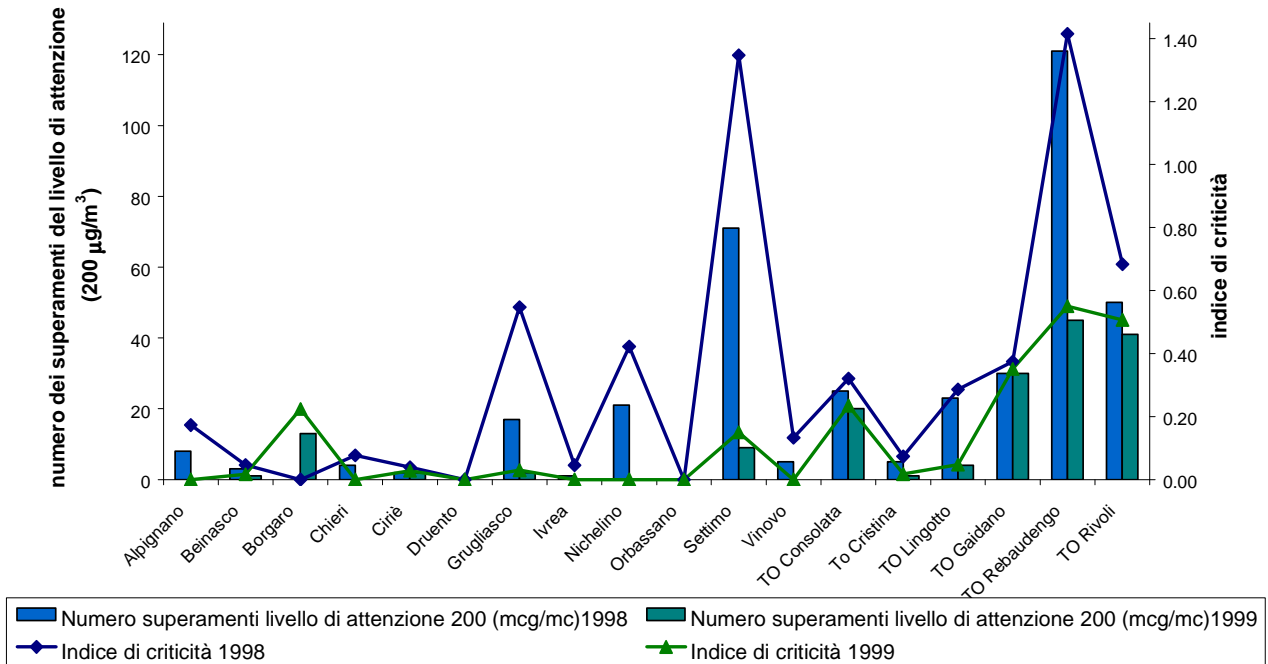


FIGURA 9: biossido di azoto, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

**DISTRIBUZIONE TEMPORALE DEI FENOMENI DI INQUINAMENTO ACUTO
NUMERO DI SUPERAMENTI DEI LIVELLI DI ATTENZIONE DEL BISSIDO DI AZOTO
ANNI 1998 - 1999**

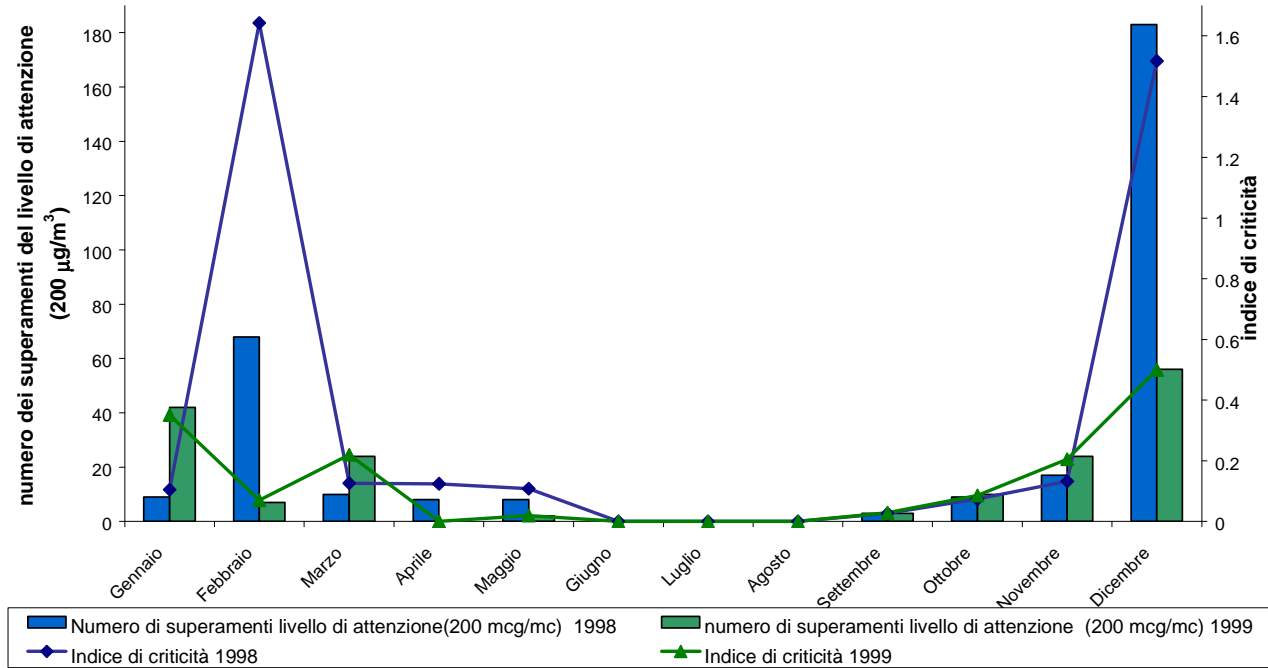
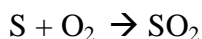


FIGURA 10: biossido di azoto, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.

BIOSSIDO DI ZOLFO

DESCRIZIONE

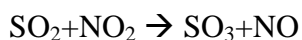
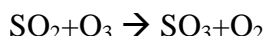
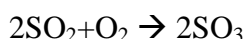
È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:



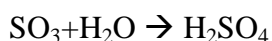
È un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa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

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici.

Nell'atmosfera l'anidride solforosa (SO_2) è ossidata ad anidride solforica (SO_3). L'ossidazione può avvenire direttamente dall'ossigeno atmosferico o da parte di altri inquinanti per via chimica, secondo le reazioni:



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



Il biossido di zolfo era ritenuto fino a pochi anni fa il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Tuttavia, oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, imposto dal D.P.C.M. del 14 novembre 1995) insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO_2 nell'aria.

DANNI CAUSATI

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

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

METODI DI MISURA

Il biossido di zolfo è analizzato con metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale vengono emesse radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di anidride solforosa presenti, che stabilizzandosi emettono delle radiazioni nello spettro del visibile, misurate con apposito fotomoltiplicatore. 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 microgrammi al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ESAME DEI DATI

La situazione è del tutto analoga a quella rilevata nel 1998. Tutti i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati in tutti i siti. Le differenze rispetto ai valori riscontrati nel 1998 rientrano nella fluttuazione statistica del dato. Solo nel sito di Beinasco si riscontra un aumento significativo ma ciò è legato al fatto che nel 1998 l'analizzatore di Beinasco ha presentato sufficienti rendimenti strumentali solo nel periodo estivo, per cui il dato risultava sottostimato.

In generale i valori più elevati si riscontrano nel capoluogo², ma si tratta comunque di concentrazioni inferiori di circa dieci volte al valore guida su base annuale previsto dal D.P.R. 203/88, a tutt'oggi il limite più restrittivo previsto dalla normativa in relazione all'esposizione della popolazione sul lungo periodo.

Un ulteriore dato positivo emerge dal confronto con quanto stabilito dalla Direttiva 1999/30/CE, in corso di recepimento che prevede un valore limite annuale per il biossido di zolfo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a partire dal 19 luglio 2001 e che di fatto sul territorio della provincia di Torino è già rispettato.

Per una visualizzazione più immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in FIGURA 11 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di SO_2 misurate negli anni 1998 e 1999.

² Nel sito di P.zza Rebaudengo a Torino il monitoraggio non copre il periodo gennaio-aprile per cui la media e la mediana annuale sono sottostimate.

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valori Massimi datati ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 15/4/94) indice: media delle conc. Medie di 24 h periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 125($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti livello di allarme (D.M. 15/4/94) indice: media delle conc. Medie di 24 h periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 250($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valore limite (D.P.R. 203/88) indice: mediana delle conc. medie di 24 h periodo di osservazione:* valore di riferimento: 80($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti valori guida (D.P.R. 203/88) indice: valore medio delle 24 h periodo di osservazione: giorno valore di riferimento: 100-150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valori guida (D.P.R. 203/88) indice: media aritmetica delle conc. Medie di 24 h periodo di osservazione:* valore di riferimento: 40-60($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Valore limite (D.P.R. 203/88) indice: 98°percentile periodo di osservazione:* valore di riferimento: 250($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Beinasco	Via S.Pellico,5	B	3.1	6.7	92 231 marzo h 12:00	117 29 dicembre h 13:00	0	0	0	0	0.3	2.7	0	0	2.5	6.6	15.2	42
Ciriè	Via Teneschie, 2	B	6.8	5.7	146 18 dicembre h 16:00	120 10 febbraio h 12:00	0	0	0	0	5.5	3.1	0	0	7.3	4.5	25.6	25
Druento	Cascina Peppinella	A	6.8	4.9	63 18 dicembre h 14:00	43 25 dicembre h 12:00	0	0	0	0	8.3	4.4	0	0	6.9	4.4	16.2	18
Grugliasco	Via Roma, 15	B	7.4	5.4	175 15 dicembre h 16:00	76 25 dicembre h 12:00	0	0	0	0	6.3	4.0	0	0	8.1	6.0	28.5	24
Ivrea	P.zza Freguglia	C	7.9	6.4	49 7 dicembre h 08:00	59 1 dicembre h 11:00	0	0	0	0	9.4	4.5	0	0	9.4	5.7	19	26
TO Consolata	Via Consolata, 10	B-C	15	9.7	210 17 dicembre h 16:00	94 29 gennaio h 08:00	0	0	0	0	12.1	6.8	0	0	16.1	9.1	45.1	37
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	13	10.3	163 31 marzo h 10:00	75 26 febbraio h 13:00	0	0	0	0	11.3	9.8	0	0	12.8	8.0	30.5	29
TO Rebaudengo	P.zza Rebaudengo	B-C	20	7.9	231 31 marzo 11:00	114 4 gennaio h 12:00	0	0	0	0	15.3	5.2	0	0	19.2	9.1	53.5	39

TABELLA 8: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

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

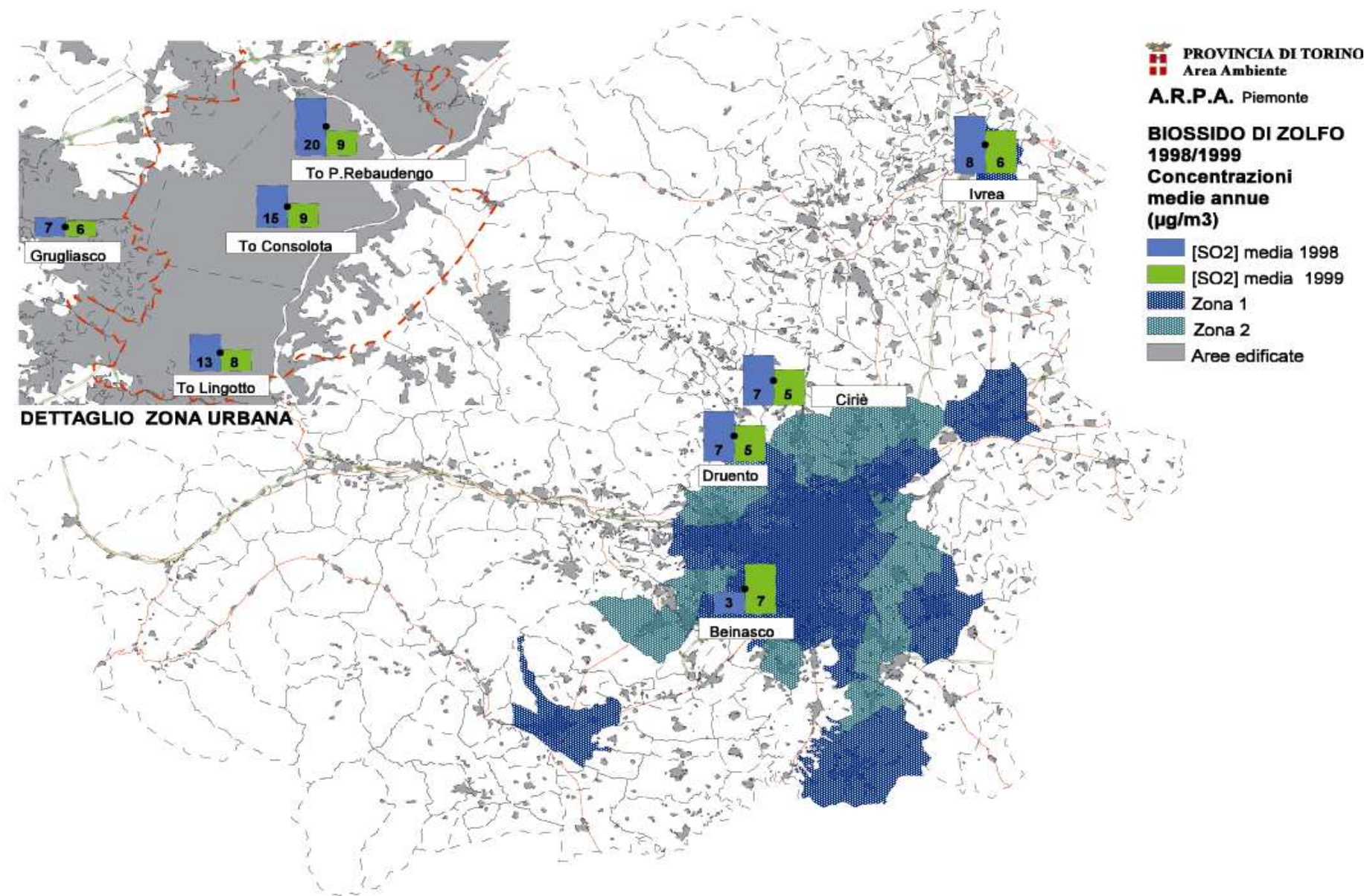


FIGURA 11: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di SO₂ misurate negli anni 1998 e 1999.

OZONO

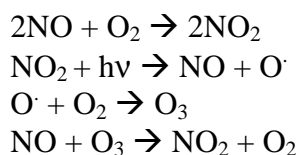
DESCRIZIONE

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

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

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

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



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

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

DANNI CAUSATI

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

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

METODO DI MISURA

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

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

ESAME DEI DATI

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 anche per decine di volte nei casi peggiori.

Oltre al livello di attenzione sono stati superati i valori di riferimento relativi alla protezione della salute e della vegetazione previsti dal D.M.16/5/96. Il numero di superamenti relativamente basso della stazione di Druento rispetto alle altre stazioni e rispetto all'anno precedente è legato alla

percentuale di dati molto bassa nel trimestre estivo dovuta a problemi di malfunzionamento dell'analizzatore.

La distribuzione spaziale dei dati dimostra che l'ozono è un inquinante 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.

Tutto questo è confermato dalle campagne di monitoraggio, effettuate tramite il mezzo mobile, nel territorio provinciale.

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

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

Particolare rilievo assume l'elevato numero dei superamenti, sull'insieme della rete, del livello di protezione della salute ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su otto ore consecutive), indice di esposizione caratterizzato da un valore nettamente inferiore a quello del livello di attenzione, ma che è mantenuto per molte ore consecutive (di particolare interesse il sito di Pino Torinese che presenta un'occorrenza tripla di tali eventi rispetto agli altri siti di pianura).

Quest'ultimo indice appare, alla luce dei più recenti documenti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, come uno dei più efficaci ai fini della stima dei rischi per la salute umana.

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

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

A titolo di esempio in FIGURA 12: confronto andamento concentrazioni di ozono in relazione alla temperatura viene riportato l'andamento delle concentrazioni medie settimanali insieme alla temperatura media settimanale registrata presso la stazione della Rete di Rilevamento della Regione Piemonte di C.so Regina Margherita in Torino. Dal grafico si nota la stretta correlazione tra gli andamenti delle due grandezze che avvalorano una volta ancora il rapporto di causalità esistente tra le due.

Il problema dell'inquinamento da ozono sarà uno dei temi centrali della politiche di risanamento della qualità dell'aria del primo decennio del secolo appena iniziato e data la complessità e vastità del problema dal punto di vista spaziale occorreranno piani di azione coordinati su scala del bacino del Po se non nazionale.

In FIGURA 13 è rappresentata una cartina riportante i valori delle medie delle concentrazioni di O_3 rilevate nei mesi estivi misurate negli anni 1998 e 1999 e in FIGURA 14 un'interpolazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie di O_3 rilevate nei mesi estivi.

Confronto delle medie settimanali dei massimi giornalieri delle concentrazioni di O₃ della stazione di Borgaro e le medie settimanali dei massimi giornalieri di TEMPERATURA misurati a Torino (C.so Regina Margherita)

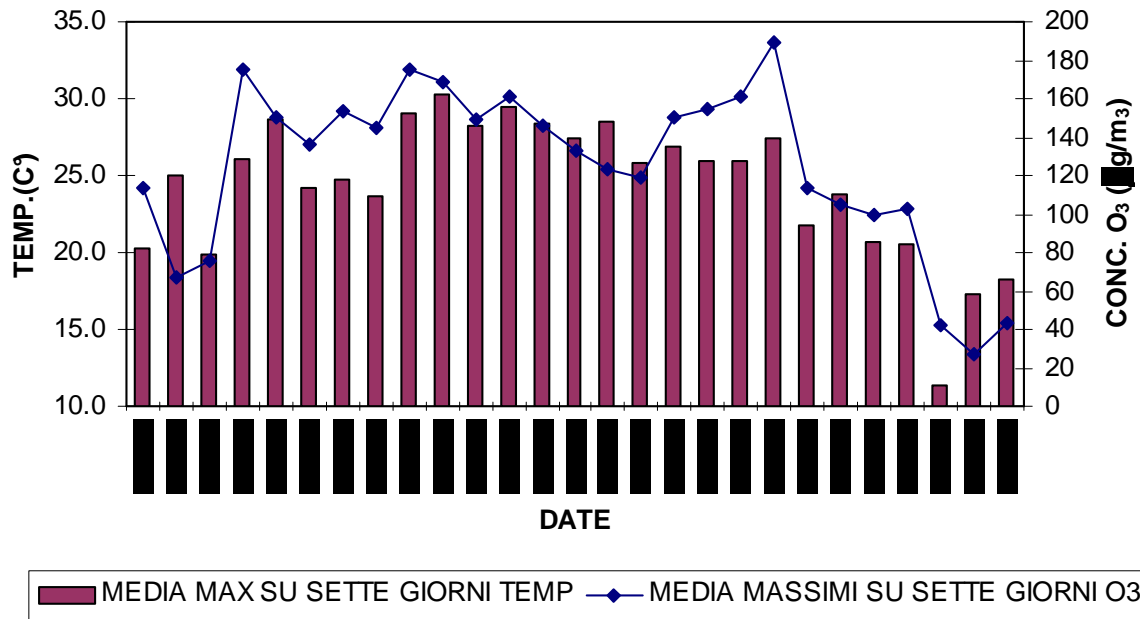


FIGURA 12: confronto andamento concentrazioni di ozono in relazione alla temperatura.

STAZIONE	INDIRIZZO	TIPO	Valori Medi Annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Val. Max datati ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti livello di attenzione (D.M. 15/4/94) 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. 15/4/94) indice: conc. media oraria periodo di osservazione: ogni giorno valore di riferimento: 360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Numero superamenti livello di protezione 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($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Alpignano	Via F.Baracca, 12	D	49	52.7	258 20 giugno h 15:00	246 20 luglio h 15:00	85	98	0	0	40	41	103	115
Borgaro	Via Italia	D	43	53.0	227 8 agosto h 13:00	235 9 settembre h 14:00	11	88	0	0	2	27	48	103
Druento	Cascina Peppinella	A	48	38.6	267 8 agosto h 17:00	236 14 settembre h 15:00	62	18	0	0	27	9	62	41
Orbassano	Via Gozzano	D	55	47.5	305 24 luglio h 15:00	268 2 luglio h 13:00	184	78	0	0	72	35	0	82
TO Lingotto	Via A.Monti, 21	A	48	43.2	243 12 agosto h 14:00	200 27 luglio h 15:00	44	20	0	0	8	0	80	103
Pino Torinese	Osservatorio Astronomico	D	94	89.7	240 12 luglio h 17:00	233 2 luglio h 22:00	167	102	0	0	31	18	207	261
Vinovo	Via Garibaldi, 3	D	44	48.9	239 25 luglio h 17:00	193 9 giugno h 17:00	95	10	0	0	31	0	87	94

TABELLA 9: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

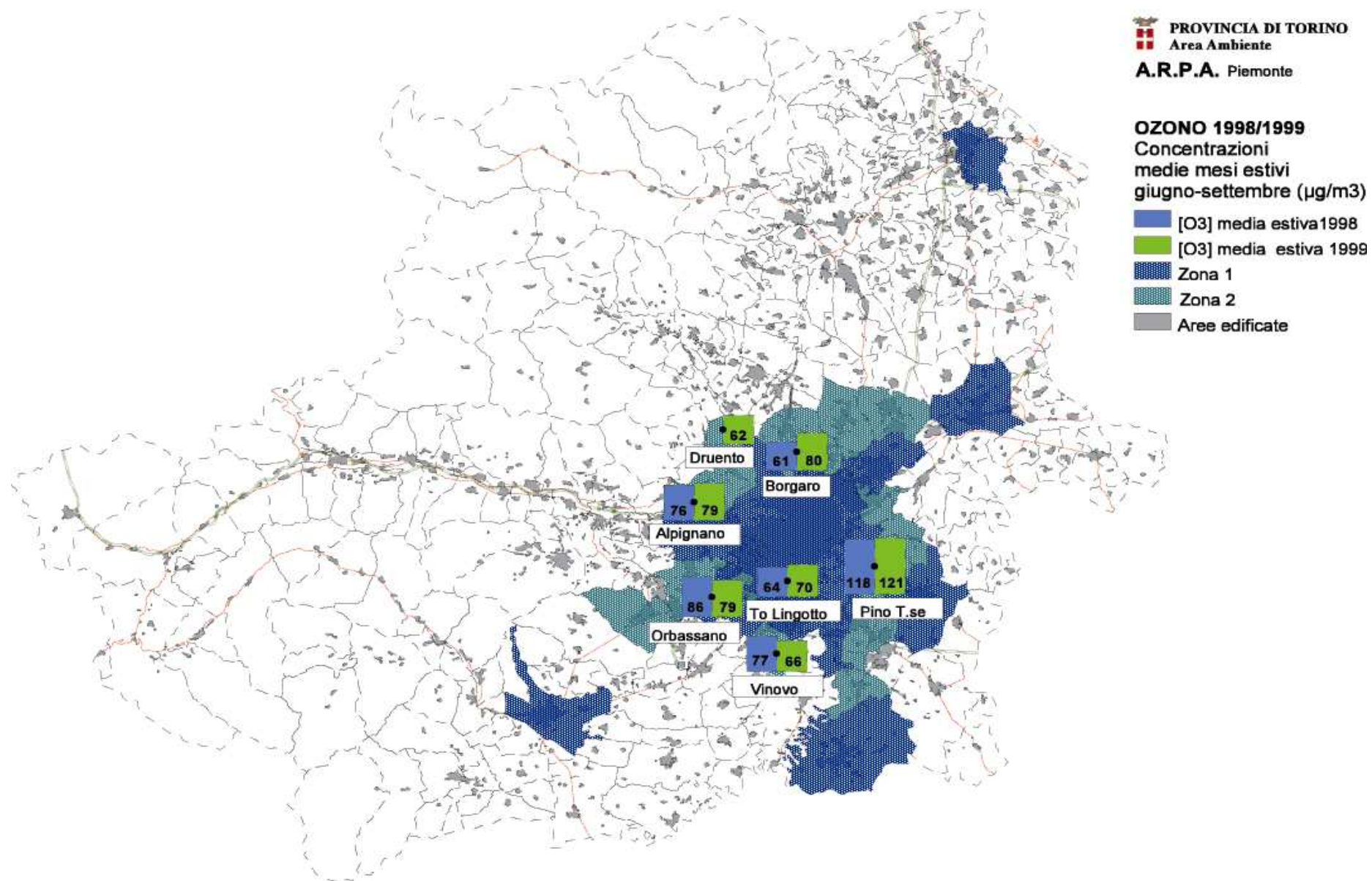


FIGURA 13: carta riportante il valore medio delle concentrazioni medie di O_3 misurate nei mesi estivi (giugno-settembre) negli anni 1998 e 1999

Monitoraggio Ozono anno '99

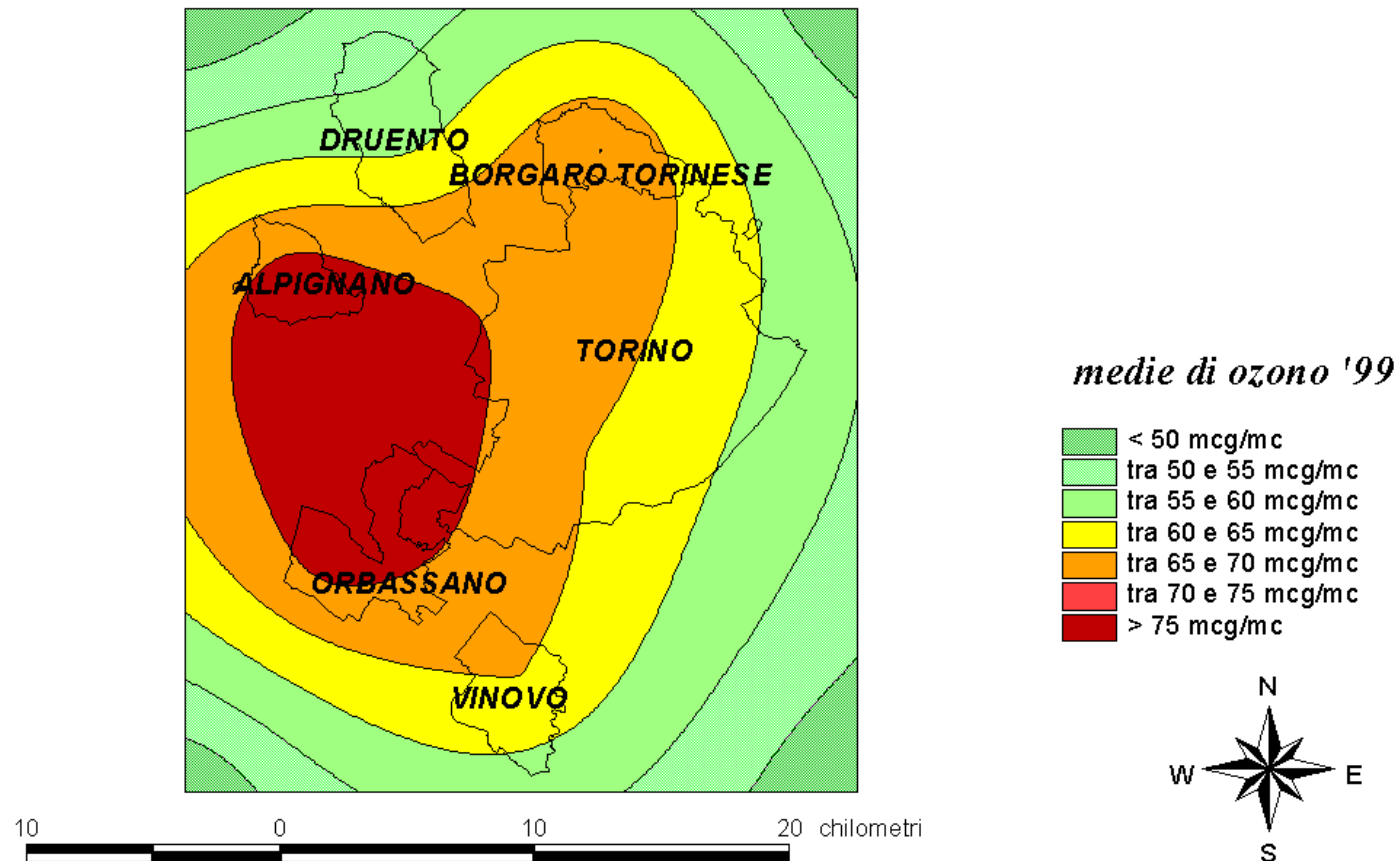


FIGURA 14: interpolazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie estive giugno-settembre di ozono.

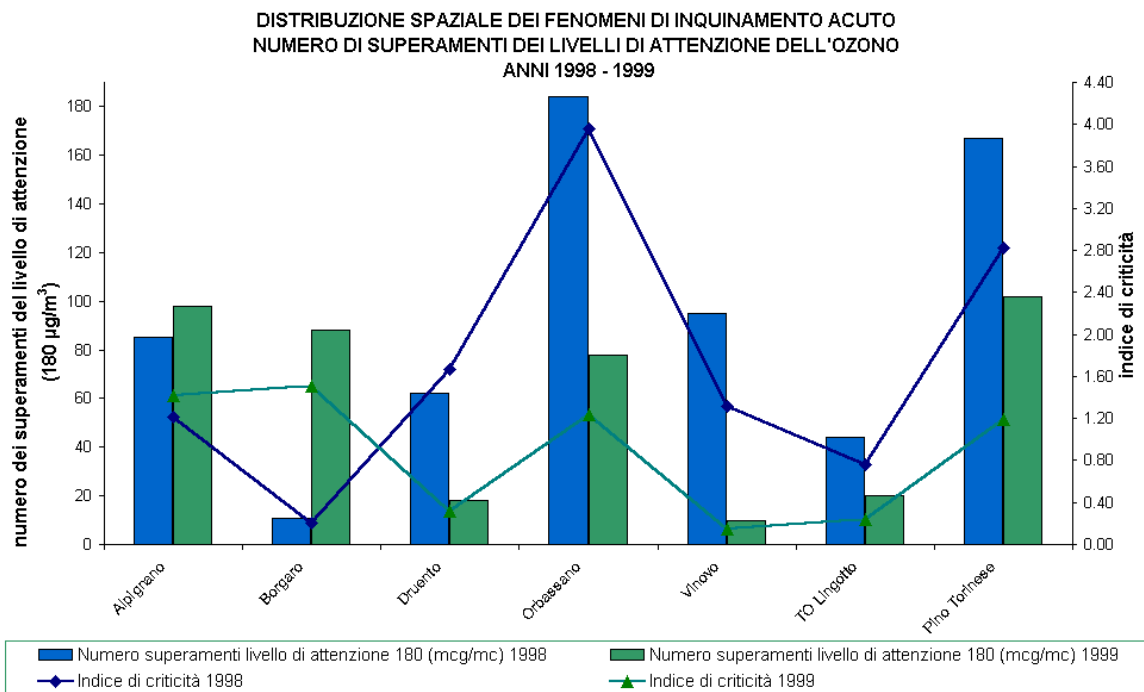


FIGURA 15: ozono, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto

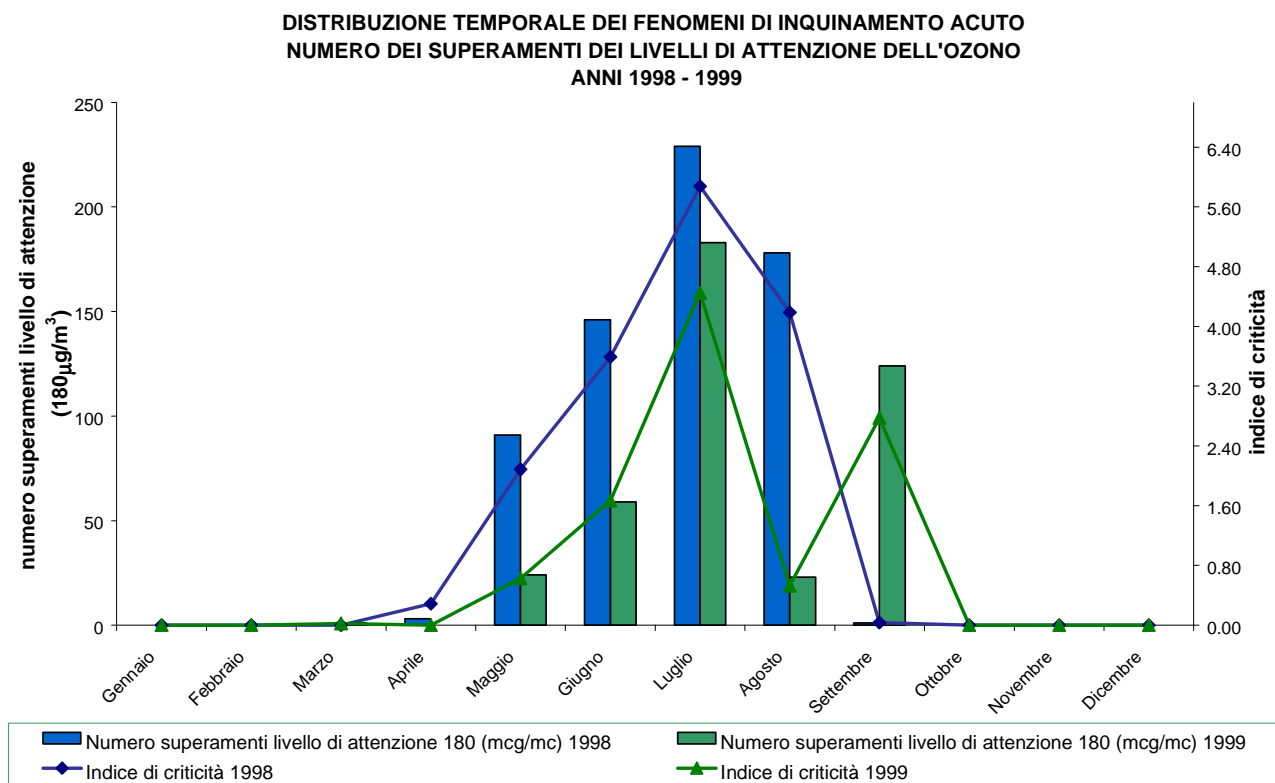


FIGURA 16: ozono, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto

METALLI

DESCRIZIONE

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

DANNI CAUSATI

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

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

METODO DI MISURA

Il particolato presente in un volume noto di aria viene raccolto su membrana di cellulosa, la quale viene sottoposta a mineralizzazione mediante acido nitrico. Sulla soluzione ottenuta si effettua il dosaggio dei metalli mediante spettrofotometria di assorbimento atomico.

ESAME DEI DATI

La situazione risulta sostanzialmente sovrapponibile a quella rilevata nel 1998. L'unico metallo per il quale esiste un riferimento nella normativa italiana è il piombo, per il quale è previsto un valore limite come media annuale di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nei siti di Buttigliera e Carmagnola i valori rilevati sono inferiori di più di dieci volte al valore limite, lo stesso ordine di grandezza rilevato nel corso dei prelievi effettuati in occasione delle campagne della stazione mobile. La situazione decisamente positiva per quanto riguarda l'esposizione della popolazione al piombo aerodisperso è confermata dal fatto che anche i valori più elevati rilevati durante l'anno sono significativamente inferiori al valore limite di $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla Direttiva 1999/30/CE, a conferma dell'efficacia delle politiche di riduzione del piombo nelle benzine da autotrazione.

Per quanto riguarda il cadmio i valori rilevati si situano, in base ai dati forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, ai limiti più bassi dell'intervallo di concentrazioni rilevati nelle aree urbane europee, mentre le concentrazioni di nichel sono quelle tipiche di un'area urbana.

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

I dati rilevati sono riportati nelle tabelle seguenti (TABELLA 10 e TABELLA 11)

STAZIONE DI CARMAGNOLA	Cadmio	Ferro	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
Anno 1999	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
n° prelievi	49	49	49	49	49	49
valore minimo	<0.001	<0.05	<0.02	<0.01	<0.02	<0.1
valore medio	0.001	1.8	0.04	0.11	0.065	0.26
valore massimo	0.001	6.0	0.11	0.40	0.16	0.54

TABELLA 10: stazione di Carmagnola – concentrazione di metalli campionati nel particolato atmosferico anno 1999

I dati sono calcolati sulla base di prelievi di 8 ore (gli intervalli sono distribuiti omogeneamente nell'arco delle 24 ore)

STAZIONE DI BUTTIGLIERA	Cadmio	Ferro	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
anno 1999	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
n° prelievi	18	18	18	18	18	18
valore minimo	< 0.001	0.3	<0.02	0.03	0.02	<0.1
valore medio	0.0014	2.3	0.04	0.12	0.06	0.25
valore massimo	0.002	6.2	0.09	0.29	0.13	0.54

TABELLA 11: stazione di Buttigliera – concentrazione di metalli campionati nel particolato atmosferico anno 1999

I dati sono calcolati sulla base di prelievi di 12 ore (gli intervalli sono distribuiti omogeneamente nell'arco delle 24 ore)

BENZENE

DESCRIZIONE

Il benzene misurato in atmosfera risulta prodotto da attività umana, in particolare dall'uso di petrolio, oli e loro derivati.

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

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

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, dell'ordine dei grammi al metro cubo, 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 g/m³ 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.

Le misure effettuate nel territorio esterno alla città di Torino sono state effettuate mediante campionamento discontinuo in contenitori di TEDLAR e ad analisi di laboratorio mediante gascromatografia con criofocalizzazione.

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

ESAME DEI DATI

L'analisi del benzene è stata compiuta storicamente con prelievi discontinui tramite fiale di carbone attivo e a partire dal 1995, con procedure automatiche nella città di Torino. Per quanto riguarda la stazione di via Consolata le concentrazioni misurate nel 1999 sono ulteriormente calate (FIGURA 17), fino ad ottenere un valore medio annuo di 9.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre nell'anno precedente il valore era di 11.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La diminuzione delle concentrazioni è stata provocata sia dall'introduzione del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine introdotto nel mese di luglio 1998 vuoi per l'aumento della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Dall'esame dei dati misurati in questa stazione si possono effettuare le seguenti osservazioni; le concentrazioni di altri idrocarburi aromatici, se pure non oggetto di normative specifiche, indicano un'analogia di comportamento col benzene e concentrazioni che globalmente, per i soli idrocarburi Toluene e o,m,p-Xilene, giungono a valori di 4-6 volte superiori a quelli del benzene.

Per quanto riguarda il territorio provinciale, occorre considerare che le misure effettuate tramite il mezzo mobile non sono confrontabili con l'obiettivo di qualità definito dalla legislazione vigente. Tale valore è infatti riferito alla media dei valori ottenuti in un sito nel corso di un intero anno.

Le campagne di misura effettuate con il mezzo mobile (TABELLA 12) hanno di norma per esigenze tecniche una durata di campionamento molto limitata nel tempo, i risultati così ottenuti hanno necessariamente un forte carattere episodico e sono rappresentative di situazioni temporali estremamente limitate. Bisogna comunque evidenziare che i campionamenti vengono solitamente effettuati in zone ed in ore del giorno estremamente critiche per quanto riguarda l'esposizione da benzene. I valori misurati rappresentano preferenzialmente le condizioni di soglia massima di concentrazione di benzene in atmosfera e non possono essere paragonati con i limiti di legge che prevede la misurazione di un valore medio annuale.

Va sottolineato inoltre che il benzene ha modalità di emissione simili a quella del monossido di carbonio ovvero legate, a parità del numero e tipo di autoveicoli e situazione meteorologica, alle condizioni locali di marcia. Questo comportamento rende estremamente complicato il confronto tra siti differenti con diverse tipologie del traffico; molte località della nostra provincia hanno infatti una vocazione turistica, invernale/estiva, che le rende assai differenti, dal punto di vista della mobilità su gomma rispetto a quanto accade tipicamente nella città di Torino.

I valori misurati con il mezzo mobile descrivono quindi delle realtà molto varie, dove accanto a siti caratterizzati da valori decisamente bassi ve ne sono altri dove le concentrazioni sono elevate e confrontabili a quelle torinesi.

PERIODO	COMUNE-SITO	CONC. ($\mu\text{c}/\text{m}^3$)
Dicembre '98	Collegno (Savonera)	31.1 *
Marzo '99	S.Ambrogio	11.6
Marzo '99	Trana	18.2 *
Maggio '99	Bardonecchia	2.3 *
Giugno '99	Collegno (Savonera)	7.1 *
Luglio '99	Bussoleno	8.5
Agosto '99	Pont Canavese	14.1
Settembre '99	Pont Canavese	18.6
Novembre '99	Claviere	5.7
Dicembre '99	Bardonecchia	9.8

(* media di prelievi della durata di circa 30' effettuati in siti diversi)

TABELLA 12: concentrazioni di benzene rilevate durante le campagne effettuate dal mezzo mobile.

Benzene 1998-1999 , valori medi mensili in Torino (staz.Consolata)

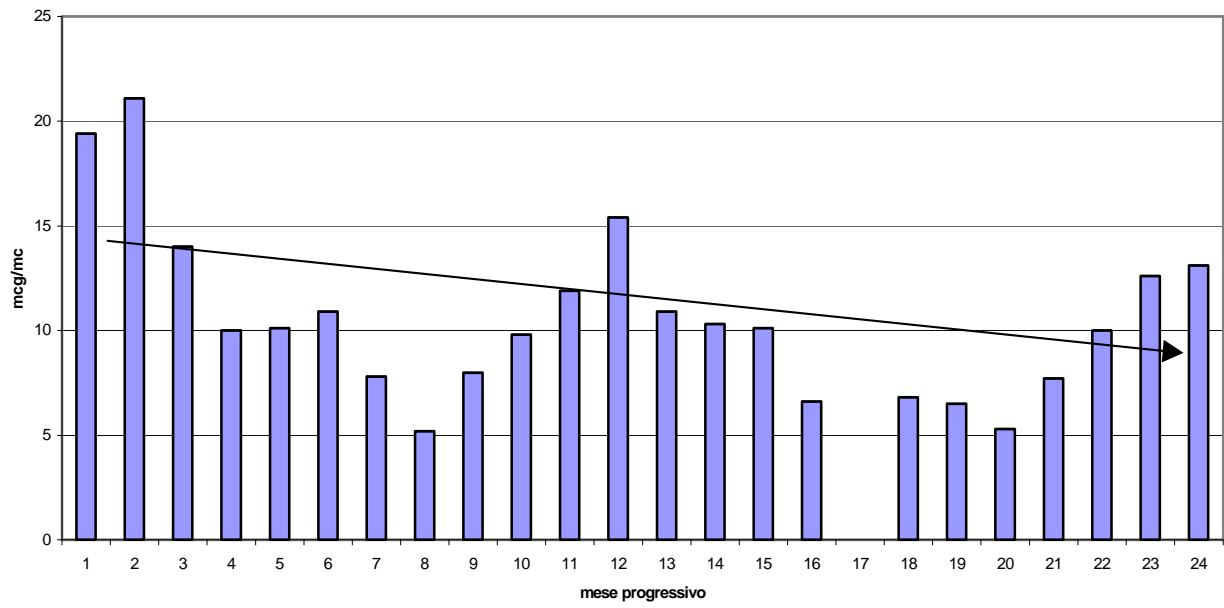


FIGURA 17: concentrazioni medie mensili di benzene rilevate presso la stazione di Via Della Consolata negli anni 1998-1999

PARTICOLATO SOSPESO

DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana) ecc... Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

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

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

In prima approssimazione:

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

Per queste ragioni il Decreto Ministeriale 25/11/94 ha affiancato alla tradizionale misura del particolato sospeso quella del particolato PM10, cioè della frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm .

DANNI CAUSATI

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti, enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo 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 determinazione gravimetrica (vale a dire per pesata) delle polveri depositate. Nel caso della frazione PM10 la testa della apparecchiatura di prelievo ha una particolare geometria in modo tale che sul filtro si depositino solo le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm .

ESAME DEI DATI

Frazione PM10

In tutte le quattro stazioni viene nettamente superato l'obiettivo di qualità su base annuale pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ad eccezione del sito di Castagneto Po in cui la media annuale è pari a 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TABELLA 13, TABELLA 15, TABELLA 17 e TABELLA 19). In relazione a tale sito va inoltre rilevato che, in base alle indagini sulla composizione del particolato effettuate negli anni precedenti e alle caratteristiche stesse del sito, il particolato stesso risulta in massima parte di origine naturale.

Nelle (TABELLA 14, TABELLA 16, TABELLA 18 e TABELLA 20) è riportato il confronto, oltre che con la normativa italiana vigente, anche con quanto previsto dalla Direttiva 1999/30/CE.

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

Nelle tabelle è stato inoltre riportato per confronto il numero di giorni di superamento della soglia di $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera in quanto la medesima Direttiva indica un margine di tolleranza iniziale del 50% sul valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tutte le stazioni presentano, anche considerando il margine di tolleranza, una percentuale di superamenti compresa tra il 13 e il 33% circa del totale dei giorni monitorati e quindi sempre superiore a quanto previsto dalla Direttiva.

La situazione generale conferma che il PM10 risulta uno degli inquinanti a maggiore criticità e in relazione al quale risulta più complessa l'attuazione di politiche di risanamento, anche in considerazione del fatto che occorre un approfondimento della conoscenza del contributo delle varie fonti.

Nel breve termine un contributo efficace al risanamento è costituito, specie in ambito urbano, da tutte quelle misure atte a tenere sotto controllo le emissioni dei veicoli con motore diesel, come quelle contenute nella Legge Regionale n. 43 del 7 aprile 2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" che prevede il controllo periodico obbligatorio a partire dal 1/7/2001 delle emissioni degli autoveicoli su tutto il territorio regionale (il cosiddetto "bollino blu").

Particelle sospese totali

A livello di distribuzione spaziale, il limite di attenzione ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera) è stato superato in tutte le stazioni in cui sono posizionate stazioni fisse, sia urbane che suburbane (villa Gualino), mentre il livello di allarme ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera) è stato superato solo nelle stazioni di p.zza Rebaudengo e Str. Aeroporto. In entrambe le stazioni, comunque, si sono avuti 3 superamenti dell'allarme sull'intero anno, pari a circa lo 0.8% del totale delle giornate di rilevamento (TABELLA 21, TABELLA 22, TABELLA 23, TABELLA 24, TABELLA 25 e TABELLA 26).

Per quanto riguarda la situazione esterna al capoluogo, i dati rilevati mediante la stazione mobile hanno evidenziato superamenti del livello di attenzione per le polveri totali nei siti di S.Ambrogio (SS25), Porte (SS23) e Trana (SS 589), Collegno (fraz Savonera), e valori prossimi al livello di attenzione anche nel comune di Claviere (SS 24). Nel sito della frazione Savonera a Collegno si sono verificati anche superamenti del livello di allarme, ma si tratta, come riportato nel capitolo dedicato alla stazione mobile, di un dato riferito a una situazione localizzata e contingente.

Nel complesso la situazione appare migliorata rispetto al 1998; sulla rete fissa i superamenti totali del limite di attenzione sono globalmente scesi da 413 a 279 con una contrazione del 30%, mentre i superamenti totali del limite di allarme si sono ridotti globalmente da 20 a 6. La diminuzione della concentrazione di Polveri Totali sull'insieme delle stazioni tra il 1998 e il 1999 è di circa il 10% e come per il monossido di carbonio, appare quindi in ripresa il leggero trend storico discendente.

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

A livello di distribuzione temporale dei dati, i 6 superamenti totali del livello di allarme sono tutti concentrati nei mesi di dicembre e gennaio, mentre quelli del livello di attenzione coprono un arco temporale più ampio che va da ottobre a marzo, con sporadici superamenti, in alcune stazioni, anche nei mesi primaverili e estivi.

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

TABELLA 13: stazione di Buttigliera Alta – parametro PM10 - valutazione statistica anni 1998-1999

Confronto con valori indicati dalla direttiva CE 1999/30/CE		
STAZIONE DI BUTTIGLIERA	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	49.0
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8	16.3

TABELLA 14: stazione di Buttigliera Alta – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE

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

TABELLA 15: stazione di Carmagnola – parametro PM10 - valutazione statistica anni 1998-1999

Confronto con valori indicati dalla direttiva CE 1999/30/CE		
STAZIONE DI CARMAGNOLA	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39	72.2
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	33.3

TABELLA 16: stazione di Carmagnola – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE

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

TABELLA 17: stazione di Castagneto Po – parametro PM10 - valutazione statistica anno 1999

Confronto con valori indicati dalla direttiva CE 1999/30/CE		
STAZIONE DI CASTAGNETO PO	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13	28.9
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6	13.3

TABELLA 18: stazione di Castagneto Po – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
STAZIONE DI TORINO (Via della Consolata)		
anni	1998	1999
n° prelievi	116	115
valore minimo	9	14
valore medio	63	57
valore massimo	283	160

TABELLA 19: stazione di Torino (Via della Consolata) – parametro PM10 - valutazione statistica anni 1998-1999

Confronto con valori indicati dalla direttiva CE 1999/30/CE		
STAZIONE DI TORINO (Via della Consolata)	NUMERO	%
prelievi con conc.> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	54	47.0
prelievi con conc.> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	20.0

TABELLA 20: stazione di Torino (Via della Consolata) – parametro PM10 – confronto con i valori direttiva 1999/30/CE

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

STAZIONE DI TORINO (Via della Consolata) anno 1999													
PT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	332	28	22	24	24	27	28	31	31	29	31	30	27
valore minimo	15	25	31	44	48	15	29	33	32	30	20	26	56
valore medio	95	119	119	123	74	69	75	83	61	84	94	114	132
valore massimo	264	191	264	218	115	117	146	127	112	123	168	231	231
n° sup. liv. attenzione	43	5	8	10	0	0	0	0	0	0	2	9	9
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	186												

TABELLA 21: stazione di Torino (Via della Consolata) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999

STAZIONE DI TORINO (Parco di Vittorio) anno 1999													
PT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	362	31	28	31	30	28	30	31	31	30	31	30	31
valore minimo	7	19	28	16	7	21	39	12	22	25	25	19	13
valore medio	79	105	105	94	64	62	65	56	56	68	83	82	112
valore massimo	207	197	194	181	106	86	130	94	125	105	148	169	207
n° sup. liv. attenzione	25	4	8	5	0	0	0	0	0	0	0	3	5
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	162												

TABELLA 22: stazione di Torino (Parco di Vittorio) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999

STAZIONE DI TORINO (Villa Gualino) anno 1999													
PT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	349	31	28	28	28	31	24	29	28	30	31	30	31
valore minimo	4	13	17	18	21	31	20	15	13	7	4	9	13
valore medio	56	61	68	81	45	58	42	39	39	46	62	53	75
valore massimo	161	105	149	161	99	129	89	67	85	80	119	115	153
n° sup. liv. attenzione	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	122												

TABELLA 23: stazione di Torino (Villa Gualino) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999

STAZIONE DI TORINO (Piazza Rebaudengo) anno 1999													
PT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	285	31	28	31	30	20	0	2	23	28	31	30	31
valore minimo	6	17	47	26	6	34	-	59	28	30	36	25	87
valore medio	110	124	139	114	81	74	-	66	51	81	98	118	192
valore massimo	322	220	277	223	170	131	-	73	93	118	170	239	322
n° sup. liv. attenzione	62	10	12	8	1	0	-	0	0	0	2	8	21
n° sup. liv. allarme	3	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	3
95° percentile	220												

TABELLA 24: stazione di Torino (Piazza Rebaudengo) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999

STAZIONE DI TORINO (I.T.I. Grassi, Str. Aeroporto) anno 1999													
PT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	363	31	28	31	30	31	30	30	31	30	31	30	30
valore minimo	22	22	49	28	42	48	49	26	37	38	34	31	53
valore medio	119	147	155	140	97	102	95	96	72	108	117	127	170
valore massimo	331	310	257	254	157	175	165	166	127	182	215	254	331
n° sup. liv. attenzione	84	15	14	14	1	2	1	1	0	3	7	9	17
n° sup. liv. allarme	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
95° percentile	228												

TABELLA 25: stazione di Torino (I.T.I.S. Grassi, Str. Aeroporto) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999

STAZIONE DI TORINO (Piazza Rivoli) anno 1999													
PT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
n° prelievi	338	24	27	31	29	31	30	31	31	30	17	26	31
valore minimo	19	19	40	33	51	33	47	35	35	36	52	48	74
valore medio	109	155	137	132	97	93	84	86	64	90	97	143	136
valore massimo	273	269	273	228	157	135	141	171	109	126	164	258	248
n° sup. liv. attenzione	63	13	12	11	2	0	0	2	0	0	2	10	11
n° sup. liv. allarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95° percentile	213												

TABELLA 26: stazione di Torino (Piazza Rivoli) – parametro Polveri Totali - valutazione statistica anno 1999

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

DESCRIZIONE

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

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

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

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

DANNI CAUSATI

Un numero considerevole di idrocarburi policiclici aromatici presentano attività cancerogena. In particolare le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che nove persone su centomila esposte a una concentrazione di 1 ng/m³ di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro.

METODO DI MISURA

Il particolato contenuto in un volume noto di aria viene raccolto su membrana in fibra di vetro; tale membrana viene sottoposta ad estrazione con cicloesano e sull'estratto gli I.P.A. vengono quantificati mediante tecnica gascromatografica.

ESAME DEI DATI

L'obiettivo di qualità dell'aria in vigore dal 1/1/99 per il benzo(a)pirene è pari a 1 ng/m³ come media annuale. Per un esame corretto dei dati occorre considerare che:

- la stazione di Torino è situata a circa 15 metri di altezza e quindi è rappresentativa di un fondo urbano;
- per ragioni tecniche nelle stazioni di Buttigliera e Carmagnola non sono stati effettuati prelievi nelle giornate di domenica, per cui le medie annuali risultano presumibilmente sovrastimate; a ciò si aggiunge il fatto che nella stazione di Buttigliera il maggior numero di prelievi è stato effettuato nel primo e quarto trimestre, quelli più critici dal punto di vista meteorologico;
- nel calcolo delle medie i valori inferiori al limite di rivelabilità sono stati posti pari al limite stesso.

L'obiettivo di qualità è rispettato in tutte e tre le stazioni, con una sostanziale uniformità tra fondo urbano e stazioni extraurbane (TABELLA 27, TABELLA 28 e TABELLA 29). Occorre considerare che:

- come già osservato nella relazione dello scorso anno le concentrazioni rilevate nei trimestri freddi I e IV sono nettamente superiori a quelle rilevate nei trimestri caldi II e III, (TABELLA 30). Ciò significa che l'esposizione della popolazione varia nel corso dell'anno in maniera non trascurabile e dipendente dalle condizioni meteorologiche. Questo è l'effetto dell'incremento nei trimestri freddi della percentuale di I.P.A. rispetto al totale del particolato. Dalla TABELLA 31 si può vedere il confronto trimestrale I.P.A./PM10 nel 1998-99 per la stazione di Carmagnola, quella per cui si dispone della serie storica più completa. Tale dato andrà confermato negli anni successivi sull'insieme delle stazioni;

- non disponendo di lunghe serie storiche non è possibile escludere che l'obiettivo di qualità possa essere raggiunto, a parità di situazione emissiva, in annate caratterizzate da condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli.

Nei due siti di Carmagnola e Buttigliera, in cui è stata effettuata la determinazione, oltre che del Benzo(a)pirene, anche degli altri I.P.A. di rilievo tossicologico (TABELLA 27, TABELLA 28), la composizione della miscela indica che la fonte principale è costituita dal traffico veicolare, in particolare dei veicoli con motore diesel.

L'analisi dei dati disponibili indica che le azioni di risanamento dovranno essere indirizzate al controllo e al contenimento delle emissioni veicolari nonché alla razionalizzazione dei flussi di traffico. È importante inoltre sottolineare che vista la stretta correlazione esistente fra la presenza di I.P.A. e di particolato atmosferico, i risultati delle azioni di contenimento di quest'ultimo avranno ripercussioni positive anche sulle concentrazioni di I.P.A..

STAZIONE DI BUTTIGLIERA anno 1999																
IPA (ng/m ³)	(NA)	(ACL)	(AC)	(FL)	(PHE)	(AN)	(FA)	(PY)	(BaA)	(CHR)	(BbFA)	(BkFA)	(BaP)	(IP)	(DBahA)	(BghiP)
N. prelievi validi	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Media	0.1	0.05	0.1	0.05	0.06	0.05	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	0.8	1.3	0.3	1.0
Minimo	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2
Massimo	0.2	<0.05	1.1	<0.05	0.2	<0.05	1.3	1.5	1.6	2.7	3.2	3.1	3.2	8.0	0.8	4.9

TABELLA 27: stazione di Buttigliera, parametro IPA, anno 1999

STAZIONE DI CARMAGNOLA anno 1999																
IPA (ng/m ³)	(NA)	(ACL)	(AC)	(FL)	(PHE)	(AN)	(FA)	(PY)	(BaA)	(CHR)	(BbFA)	(BkFA)	(BaP)	(IP)	(DBahA)	(BghiP)
N. prelievi validi	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Media	0.06	0.05	0.10	0.06	0.09	0.06	0.37	0.47	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	0.3	0.8
Minimo	0.05	0.05	0.4	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.3
Massimo	0.2	0.05	1.0	0.5	0.6	0.3	4.5	5.9	3.7	4.6	4.3	4.0	5.3	12	0.8	6.1

TABELLA 28: stazione di Carmagnola, parametro IPA, anno 1999

NA: naftalene

PHE: fenantrene

BaA: benzo(a)antracene

BaP: benzo(a)pirene

ACL: acenaftilene

AN: antracene

CHR: crisene

IP: indeno(1,2,3-cd)pirene

AC: acenaftene

FA: fluorantene

BbFA: benzo(b)fluorantene

DBahA: dibenzo(a,h)antracene

FL: fluorene

PY: pirene

BkFA: benzo(k)fluorantene

BghiP: benzo(g,h,i)perilene

STAZIONE DI TORINO Via della Consolata - anno 1999	
IPA (ng/m ³)	(BaP)
N. prelievi validi	110
Media	0.9
Minimo	0.1
Massimo	4.2

TABELLA 29: stazione di Torino (Via della Consolata), parametro IPA, anno 1999

concentrazioni medie di benzo(a)pirene (ng/mc) relative ai 4 trimestri dell'anno 1999		
	STAZIONE DI CARMAGNOLA	STAZIONE DI BUTTIGLIERA
I trimestre	1.5	2.0
II trimestre	0.2	0.5
III trimestre	0.1	0.1
IV trimestre	0.8	2.7
1999	0.7	0.9

TABELLA 30: stazione di Carmagnola e Buttigliera, parametro BaP, concentrazioni medie relative ai 4 trimestri dell'anno 1999

STAZIONE DI CARMAGNOLA	
rapporto IPA/PM10 (ng/μg) – anni 1998-1999	
I trimestre. 98.	0.06
II trimestre. 98.	0.02
III trimestre. 98.	0.02
IV trimestre. 98.	0.07
I trimestre. 99	0.20
II trimestre. 99	0.03
III trimestre. 99	0.02
IVtrimestre. 99	0.10

TABELLA 31: stazione di Carmagnola, rapporto IPA/PM10, anni 1998-1999

LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

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

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

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

Nell'anno 1999 sono state eseguite campagne di rilevamento della qualità dell'aria in 8 diversi Comuni della provincia di Torino. Nel seguito è riportato l'elenco dettagliato delle campagne e una cartografia che evidenzia i siti di monitoraggio (TABELLA 32, FIGURA 19).

Di particolare rilevanza sono risultate le campagne di monitoraggio nel comune di Bardonecchia e in quello di Pont Canavese.

L'indagine nel comune di Bardonecchia è stata effettuata a seguito dell'incremento di traffico autoveicolare al traforo del Frejus dopo la chiusura del tunnel del Monte Bianco. È stato scelto un sito di misura di particolare criticità, a ridosso dell'ultimo tratto della A32. Le concentrazioni rilevate degli inquinanti atmosferici si sono mantenute ampiamente al di sotto dei livelli di allarme e nessun parametro ha mostrato superamenti del livello di attenzione. L'inquinante più critico è risultato il biossido di azoto, con valori medi orari massimi di $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella prima campagna e $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella seconda (a fronte di un livello di attenzione di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$); la presenza di ossidi di azoto risulta essere legata principalmente alle emissioni degli autoveicoli pesanti, come illustrato dal grafico relativo a due giornate test (FIGURA 18), per le quali è stata effettuata anche una simulazione di ricadute mediante modelli fisico-matematici (vedere capitolo sulla modellistica e la qualità dell'aria).

Nel comune di Pont C.se, invece, l'obiettivo dell'indagine è consistito nel valutare le attuali condizioni di qualità dell'aria nel territorio in relazione al progetto di installazione di un impianto di termoutilizzazione di rifiuti, in accordo con quanto previsto dalle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale.

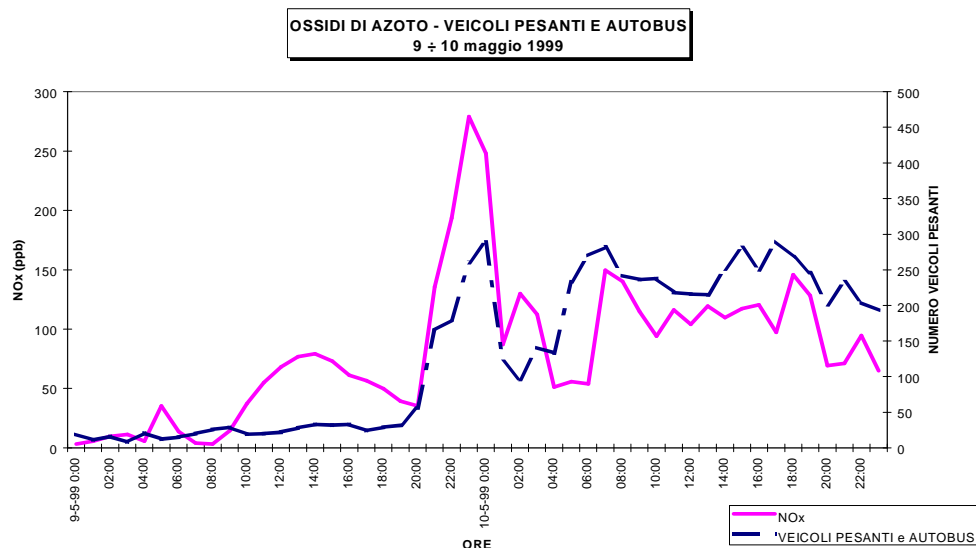


FIGURA 18: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia, confronto concentrazione ossidi di azoto con i passaggi di mezzi pesanti

Il monitoraggio svolto su un totale di cinque siti, oltre ai tradizionali inquinanti, ha riguardato anche il fenolo e la formaldeide aerodispersi; la quantificazione di tali sostanze, data la natura del materiale destinato ad alimentare l'impianto di termoutilizzazione, è necessaria per garantire la conservazione della qualità dell'aria a seguito dell'eventuale avviamento dell'impianto in questione. In generale non sono state riscontrate particolari criticità in termini di qualità dell'aria.

Le rimanenti campagne del mezzo mobile sono state effettuate in relazione a situazioni di inquinamento da traffico autoveicolare. A parte il problema dell'inquinamento estivo da ozono (che è di fatto un inquinante ubiquitario), risulta particolarmente critico l'inquinamento da polveri totali sospese e, in misura minore, da biossido di azoto. Superamenti del livello di attenzione per le polveri totali si sono verificati nei comuni di S. Ambrogio, Porte e Trana, e valori prossimi al livello di attenzione si sono misurati anche nel comune di Claviere (SS del Monginevro). Nel sito della frazione Savonera a Collegno (che è nel complesso il più critico tra quelli monitorati) si sono verificati superamenti del livello di allarme. Va osservato che nel periodo di monitoraggio erano in corso nelle vicinanze del sito i lavori di sistemazione dell'area a giardino che hanno certamente contribuito all'aumento delle concentrazioni di polveri aerodisperse.

In generale le concentrazioni più elevate di particolato appaiono legate alla presenza di traffico pesante lungo le arterie stradali di attraversamento degli abitati, come già evidenziato in alcune campagne nel corso del 1998. In situazioni vallive, come quella del comune di S. Ambrogio, la presenza di polveri sospese appare anche legata a fenomeni di trasporto eolico.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, in accordo con quanto rilevato dalla rete fissa, l'insieme delle campagne mostra che superamenti del solo livello di attenzione si verificano saltuariamente pure al di fuori dell'area metropolitana.

Tutti i siti monitorati sono stati oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento A.R.P.A. di Grugliasco, che vengono inviate agli enti competenti. Copia delle relazioni è disponibile sia presso il Dipartimento A.R.P.A. di Grugliasco sia presso l'Area Ambiente della Provincia di Torino.

Nelle tabelle che seguono (TABELLA 32 - TABELLA 50) è riportato il numero di superamenti dei livelli di attenzione e di allarme e per l'ozono dei livelli di protezione della salute e della vegetazione. Il confronto con gli standard di qualità dell'aria è riportato a titolo indicativo, in quanto richiede a rigore un monitoraggio su base annuale. L'unica eccezione è l'ozono, per il quale lo standard di qualità è riferito a una base temporale mensile.

Campagne di monitoraggio eseguite con il mezzo mobile nel 1999

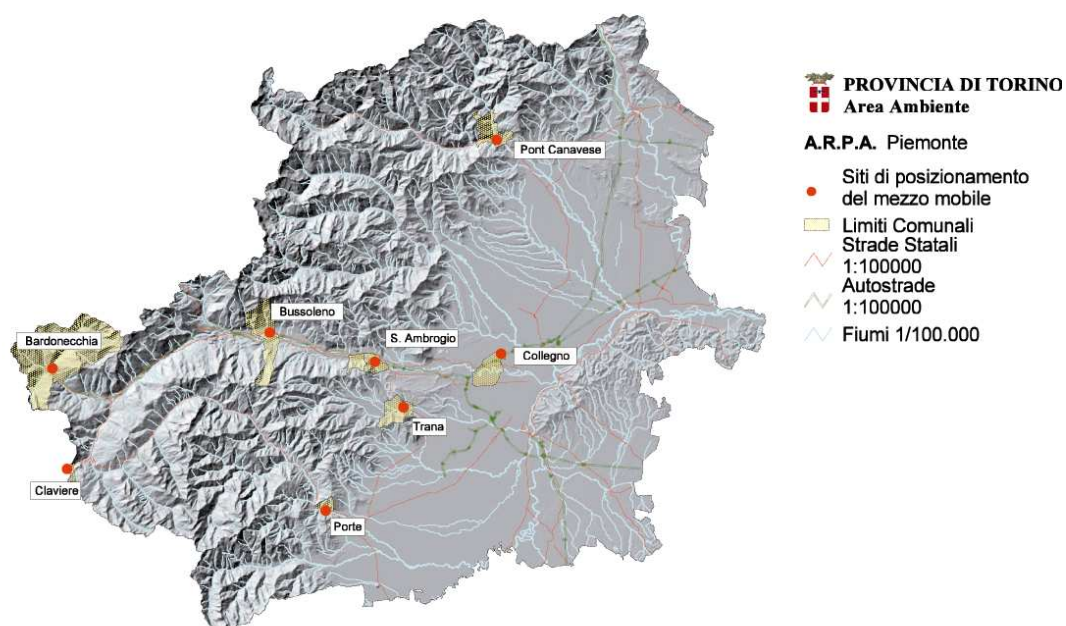


FIGURA 19: comuni interessati dalle campagne di monitoraggio effettuate dal laboratorio mobile nell'anno 1999

LABORATORIO MOBILE, ELENCO CAMPAGNE DI MISURA anno 1999		
N° campagna	Comune	Periodo di monitoraggio
1	Collegno(Savonera)	dal 9.12.98 al 12.01.99 e dal 20.05.99 al 22.06.99
2	S.Ambrogio-SS24	dal 12.01.99 al 09.03.99
3	Trana- SS589	dal 09.03.99 al 09.04.99
4	Bardonecchia A32	dal 09.04.99 al 20.05.99 e dal 02.12.99 al 11.01.2000
5	Bussoleno - SS25	dal 22.06.99 al 31.08.99
6	Ponte C.se	dal 31.08.99 al 28.09.99
7	Porte - SS23	dal 28.09.99 al 21-10-99
8	Claviere -SS24	dal 28.10.99 al 02.12.99

TABELLA 32: laboratorio mobile, elenco delle campagne di misura effettuate nell'anno 1999

Nota: Per i siti di S. Ambrogio, Bussoleno, Trana, Porte e Claviere è prevista una seconda campagna nell'anno 2000

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	792	100.0	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	784	99.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	0.3	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	0.3
O3	790	99.7	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	792	100.0	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	792	100.0	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	57.6	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3	9.1	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	57.6

TABELLA 33: laboratorio mobile, Comune di Collegno (Savonera) - Dicembre/Gennaio 1998 - Tabella superamenti

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	646	99.7	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	569	87.8	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	0.2	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	0.2
O3	648	100.0	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	647	99.8	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	648	100.0	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0

TABELLA 34: laboratorio mobile, Comune di Collegno (Savonera) - Maggio/Giugno 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
5	1.1	0	0.0	2	7.4

TABELLA 35: laboratorio mobile, Comune di Collegno (Savonera) - Maggio/Giugno 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	1310	99.2	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	1132	85.8	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	1319	99.9	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	1312	99.4	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	1302	98.6	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	25.5	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	25.5

TABELLA 36: laboratorio mobile, Comune di S. Ambrogio - Gennaio/Marzo 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
0	0.0	0	0.0	0	0.0

TABELLA 37: laboratorio mobile, Comune di S. Ambrogio - Gennaio/Marzo 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	719	99.9	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	720	100.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	587	81.5	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	720	100.0	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	674	93.6	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4	13.8	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4	13.8

TABELLA 38: laboratorio mobile, Comune di Trana - Marzo/Aprile 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
0	0.0	0	0.0	0	0.0

TABELLA 39: laboratorio mobile, Comune di Trana - Marzo/Aprile 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	30	100.0	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	720	100.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	708	98.3	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	720	100.0	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	30	100.0	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0

TABELLA 40: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia - Aprile/Maggio 1999 - Tabella superamenti

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	934	99.8	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	934	99.8	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	934	99.8	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	923	98.6	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	862	92.1	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0

TABELLA 41: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia - Dicembre 1999/Gennaio 2000 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
0	0.0	0	0.0	0	0.0

TABELLA 42: laboratorio mobile, Comune di Bardonecchia - Aprile/Maggio 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	1571	99.2	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	1345	84.9	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	0.9	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	0.9
O3	1547	97.7	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	1476	93.2	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	1474	93.1	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0

TABELLA 43: laboratorio mobile, Comune di Bussoleno - Giugno/Agosto 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
23	2.1	0	0.0	14	21.2

TABELLA 44: laboratorio mobile, Comune di Bussoleno - Giugno/Agosto 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	456	100.0	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	456	100.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	456	100.0	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	357	78.3	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	453	99.3	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0

TABELLA 45: laboratorio mobile, Comune di Pont-Canavese - Settembre 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
19	5.9	0	0.0	7	36.8

TABELLA 46: laboratorio mobile, Comune di Pont-Canavese - Settembre 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	518	93.8	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	519	94.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	519	94.0	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	519	94.0	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	519	94.0	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	4.8	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	4.8

TABELLA 47: laboratorio mobile, Comune di Porte - Ottobre 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
0	0.0	0	0.0	0	0.0

TABELLA 48: laboratorio mobile, Comune di Porte - Ottobre 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

INQUINANTE	NUMERO DI LETTURE VALIDE		LIVELLO DI ATTENZIONE	NUMERO DI SUPERAMENTI		LIVELLO DI ALLARME	NUMERO DI SUPERAMENTI		STANDARD QUALITA' ARIA	NUMERO DI SUPERAMENTI	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
SO2	816	100.0	125 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	250 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	80 (1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
NO2	325	39.8	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
O3	809	99.1	180 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0
CO	430	52.7	15 (mg/m^3)	0	0.0	30 (mg/m^3)	0	0.0	40 (mg/m^3)	0	0.0
PTS	815	99.9	150 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	300 (*) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0	150 (2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0.0

TABELLA 49: laboratorio mobile, Comune di Claviere - Novembre 1999 - Tabella superamenti

SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE SALUTE: 110 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (3)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 200 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (4)		SUPERAMENTI SOGLIA PROTEZIONE VEGETAZIONE: 65 $\mu\text{g}/\text{mc}$ (*)	
N°	%	N°	%	N°	%
0	0.0	0	0.0	3	8.8

TABELLA 50: laboratorio mobile, Comune di Claviere - Novembre 1999 - Tabella superamenti soglie specifiche per l'ozono

(*) media giornaliera

(1) mediana delle concentrazioni medie di 24 ore

(2) media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore

(3) media sulle 8 ore

(4) media oraria

ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI

PREMESSA

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

L'elenco e la localizzazione delle stazioni nelle quali sono installati i sensori meteorologici sono riportati nella TABELLA 1, dove sono elencati in modo completo tutti i sensori e gli analizzatori presenti nelle diverse stazioni di monitoraggio.

I parametri meteorologici misurati dalle stazioni della rete provinciale sono la velocità e la direzione del vento (vv, dv), la radiazione solare globale e netta (rdt, rdn), la pressione atmosferica (pres), l'umidità relativa (umid), la quantità di pioggia (pv), la temperatura (temp). La scelta del tipo di sensore installato è legata sia alla necessità di ricostruire nel modo più corretto l'andamento dei diversi parametri su tutto il territorio provinciale sia alla tipologia della stazione.

Nella FIGURA 20 è rappresentato la disposizione geografica sul territorio delle centraline.

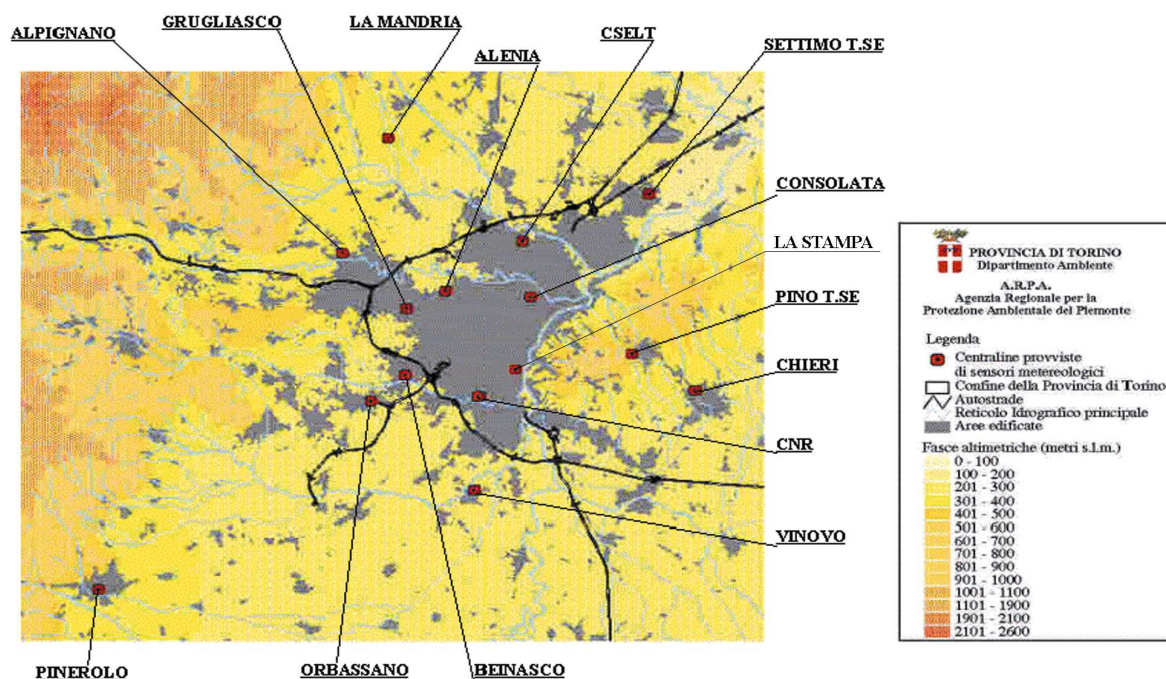


FIGURA 20: rappresentazione delle stazioni meteorologiche di monitoraggio.

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

La valle padana, alla quale appartiene il territorio della provincia di Torino, è caratterizzata da un clima di tipo continentale³. Nel territorio in esame si evidenziano gli effetti di barriera dell'arco alpino che danno luogo prevalentemente a fenomeni di origine termica rispetto a quelli dinamici, causati principalmente da processi di compensazione tra aria fredda ed aria calda. A ciò si aggiunge la presenza della collina torinese, che altera, a scala locale⁴, l'uniformità del clima tipico della zona pianeggiante, specie per quanto riguarda i venti a bassa quota.

L'influenza dell'arco alpino fa in modo che la gran parte delle perturbazioni che interessano la provincia di Torino sia originata dal passaggio di un fronte freddo proveniente da nord o nord-ovest. Queste situazioni, accompagnate da nuvolosità e precipitazioni estese, possono talvolta dar luogo a fenomeni di föhn, caratterizzati da venti intensi, temperature miti e umidità relative piuttosto basse. Il föhn, come altri venti discendenti si genera in condizioni di tempo perturbato, data la presenza di alte montagne che costringono l'aria che le investe a salire fino alla cresta, da dove poi essa torna a scendere a valle. Le osservazioni compiute sulle Alpi indicano che in caso di föhn si hanno venti e precipitazioni lungo il versante sopravvento, ove avviene l'ascesa forzata dell'aria, mentre in Valpadana il tempo è bellissimo. Il föhn determina infatti un innalzamento della temperatura grazie alla cessione del calore latente derivante dalla condensazione dell'umidità presente nelle masse d'aria che risalgono il versante alpino settentrionale. Questo fenomeno può durare qualche giorno ed in seguito si verifica un forte abbassamento della temperatura notturna.

Nei mesi caldi si evidenziano in particolare circolazioni di brezza associate a moti convettivi, mentre nei mesi freddi sono favorite le condizioni che determinano il ristagno di spessi strati di aria fredda adiacenti al terreno e il conseguente instaurarsi di nebbie.

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

Il sistema anemologico, modificato dalle caratteristiche orografiche locali, viene ad essere in parte modificato anche dalla presenza dell'agglomerato urbano, ai piedi della collina.

Gli agglomerati urbani sono caratterizzati dalla presenza di superfici ricoperte di asfalto e cemento, in grado di assorbire la radiazione solare incidente meglio di quanto non siano in grado di fare altre superfici. Ne consegue che la temperatura degli strati d'aria sovrastanti la città è più elevata di quella che sovrasta le circostanti zone rurali. Gli sbalzi termici più consistenti fra aree urbane e rurali si possono osservare durante le ore notturne e la loro entità è in generale correlabile alle dimensioni dell'abitato. Il gradiente termico orizzontale che si genera in tali circostanze, nonché il rimescolamento verticale mantenuto nel periodo notturno a causa del calore rilasciato dalla città, possono andare ad interagire con i flussi d'aria presenti a quote maggiori.

³ La latitudine, l'altezza sul livello del mare, la distanza dal mare, l'influsso delle montagne, la configurazione del suolo, la vegetazione e lo stadio medio dell'atmosfera costituiscono gli elementi essenziali del clima di una determinata regione. Il clima fa risaltare i fenomeni fondamentali dell'evoluzione meteorologica. Tra i "climi europei" si ricordano: il "clima atlantico" (marittimo), fresco e umido, con rara presenza di inverni freddi e nevicate ed estati calde; il "clima continentale", secco e con temperature estreme, caratterizzato da inverni molto freddi ed estati molto calde e asciutte; il "clima mediterraneo", temperato, con estati calde e relativamente asciutte ed inverni miti e piovosi, con rare nevicate [Roth, 1993].

⁴ Nello studio dei fenomeni meteo-diffusivi degli inquinanti è possibile distinguere le seguenti scale spaziale:

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

PARAMETRI MONITORATI ED ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI

Velocità e direzione del vento

La misura del vento si rileva con apposite strumentazioni che verranno descritte successivamente e da luogo ad una grandezza rappresentata graficamente come un vettore in uno spazio a tre dimensioni, le cui componenti si ottengono proiettando lo stesso vettore sui tre assi cartesiani (FIGURA 21a). La velocità del vento è quindi composta da due componenti lungo la direzione orizzontale (v_x e v_y) e da un valore lungo la direzione verticale (v_z , spesso indicato con il termine w).

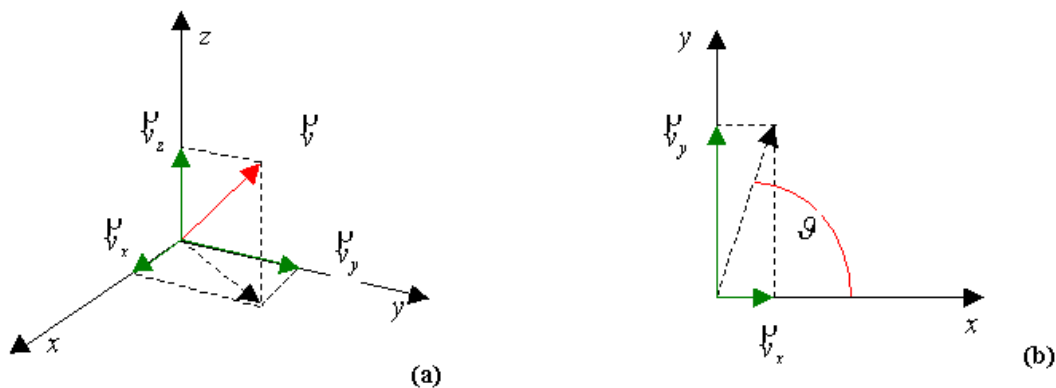


FIGURA 21: rappresentazione del vettore velocità e delle sue proiezioni.

Nella maggior parte dei casi si rappresenta la sola velocità orizzontale attraverso la proiezione del vettore tridimensionale sul piano orizzontale (FIGURA 21b) che si esprime mediante un valore di intensità del vento (lunghezza del vettore proiezione) ed una direzione (ϑ), espressa in gradi sessagesimali.

La possibilità di misurare la velocità del vento come vettore tridimensionale, dipende dalla strumentazione che si utilizza e, dagli scopi per i quali vengono effettuate le misurazioni.

Per quanto riguarda la Provincia di Torino, gli strumenti installati sono anemometri tradizionali, chiamati anche “pali anemometrici”, in grado di misurare la velocità orizzontale del vento, all'altezza alla quale è posto lo strumento. L'anemometro (FIGURA 22) è uno strumento composto da due parti: un tac oanemometro, in grado di misurare l'intensità del vento, e un gonioanemometro per misurare la direzione. E' 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, in presenza di vento proveniente da est, la direzione sarà pari a 90 gradi, se da sud a 180 gradi, se da ovest a 270 gradi (il senso di rotazione per la misura in gradi della direzione è orario).

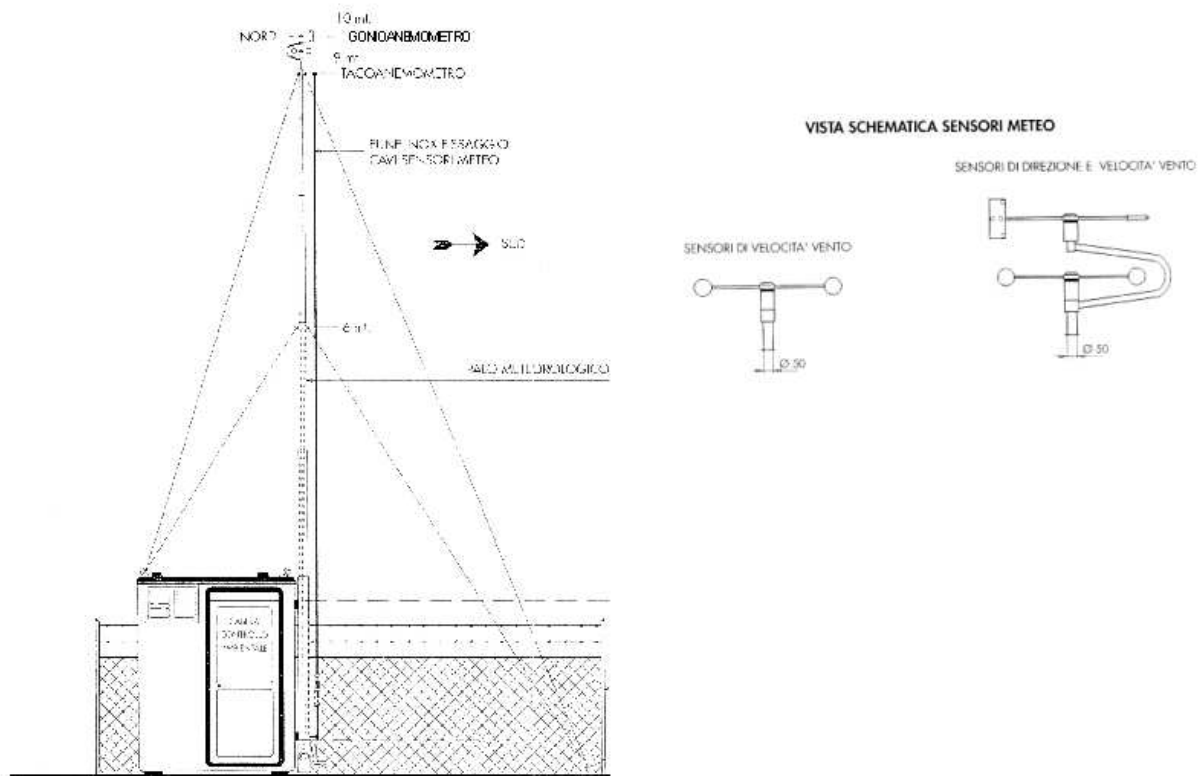


FIGURA 22: palo anemometrico utilizzato per la misura della velocità orizzontale del vento nelle reti di monitoraggio per la qualità dell'aria.

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

Esistono strumenti più complessi con i quali è possibile effettuare misure tridimensionali di velocità del vento. Fra questi è opportuno citare l'anemometro sonico (ormai spesso integrato nelle reti di monitoraggio della qualità dell'aria, ed il SODAR Doppler, meno diffuso in piccole reti, ma importante per la conoscenza della circolazione anemologica su territori più vasti.

Brevemente, l'anemometro sonico consente di misurare, oltre alle componenti orizzontali, anche il valore della componente verticale della velocità del vento alla quota dello strumento e di formulare in tal modo ipotesi attendibili sui fenomeni turbolenti che si instaurano nei bassi strati dell'atmosfera.

Il SODAR Doppler è in grado di rilevare un profilo verticale di vento. Le antenne acustiche di cui è dotato lo strumento emettono impulsi sonori in atmosfera; sfruttando lo spostamento Doppler fra le frequenze dei segnali emessi e quelli di ritorno vengono determinate le tre componenti del vettore velocità del vento a quote diverse lungo un asse verticale. In questo modo è possibile indagare uno strato verticale di atmosfera il cui spessore varia con la tipologia dello strumento utilizzato e con le condizioni meteorologiche al momento della misura.

Per approfondimenti in materia di strumentazione esistente per la misura del vento negli strati più alti dell'atmosfera si rimanda a testi specifici sull'argomento.

Per esigenze di spazio, nei grafici che seguono, sono riportate solo alcune delle elaborazioni effettuate partendo dai dati rilevati nelle stazioni meteorologiche. In particolare sono riportate le elaborazioni di Orbassano, Settimo Torinese e Chieri, ritenute le più interessanti ai fini di una caratterizzazione meteorologica del territorio provinciale.

Per quanto riguarda la città di Torino sono state riportate solo le elaborazioni relative alle stazioni di Consolata e Alenia.

Si ricorda che le elaborazioni delle stazioni non riportate nella relazione (Alpignano, Grugliasco, La Mandria, Vinovo, Beinasco Pinerolo, Cnr, Cselt, La Stampa e Pino Torinese) sono comunque disponibili presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

Per ogni stazione presente è disponibile una tabella iniziale e quattro rose dei venti relative ad ogni stagione.

Nella tabella iniziale sono riportati i valori delle seguenti grandezze per ogni stagione:

- la percentuale di dati validi;
- la percentuale dei dati validi caratterizzati da valore di velocità orizzontale del vento inferiore a 0.5 m/s;
- il valore massimo orario, tra i dati validi, con l'indicazione del giorno e dell'ora nel quale si è verificato;
- il valore medio annuo, ottenuto calcolando una media matematica di tutti i valori medi orari registrati, fatta esclusione delle calme di vento;
- la deviazione standard del valore medio annuale, utile per dare un'idea della variazione che si registra in media in un anno sui valori di velocità orizzontale del vento.

Tutti i dati rilevati sono validati giornalmente; tale operazione consente di verificare il corretto funzionamento degli strumenti ed evita che eventi eccezionali in termini di durata e di misura falsino la misura stessa. I dati vengono analizzati osservando l'andamento dei valori medi orari di direzione, velocità e deviazione standard, al fine di rilevare situazioni anomale.

Nella fase di validazione i valori di intensità e direzione del vento devono essere valutati contemporaneamente; un dato di velocità è ritenuto valido quando lo si può esprimere in un'unica grandezza (vettore velocità).

Le rose dei venti presentate sono state ricavate attraverso diverse elaborazioni dei valori medi orari di intensità e direzione del vento. In linea generale, sui dati rilevati, sono state effettuate le seguenti operazioni:

1. per l'intensità del vento:
 - suddivisione in classi di ampiezza diversa, la prima delle quali viene definita classe della calma di vento (valori di velocità inferiori a 0.5 m/s).
2. per la direzione del vento:
 - suddivisione in settori di provenienza, più precisamente in sedici settori aventi ampiezza pari a 22.5 gradi, centrati nelle direzioni N; NNE; NE; ENE; E; ESE; SE; SSE; S; SSW; SW; WSW; W; WNW; NW; NNW.

Nel caso in cui l'intensità del vento sia inferiore a 0.5 m/s (situazione di calma di vento) il valore di direzione non entrerà nel calcolo delle percentuali di accadimento per settore, ma apparterrà alla percentuale indicante le situazioni di calma di vento.

Le quattro rose dei venti danno un'idea della distribuzione dei dati in termini di direzioni di provenienza e classi di velocità.

COMUNE DI ORBASSANO
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 1999

	NUMERO DATI VALIDI %	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITA' MEDIA (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD (m/s)
1° TRIMESTRE	87.5	27.3	9.5	1.6	1.3
2° TRIMESTRE	80.2	29.4	6.2	1.6	0.9
3° TRIMESTRE	94.0	52.8	5.0	1.2	0.6
4° TRIMESTRE	92.2	51.4	7.5	1.5	1.0
ANNO 1999	88.5	40.9	9.5	1.5	1.0

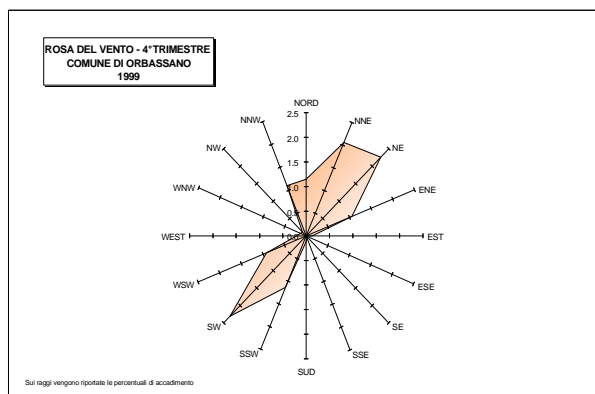
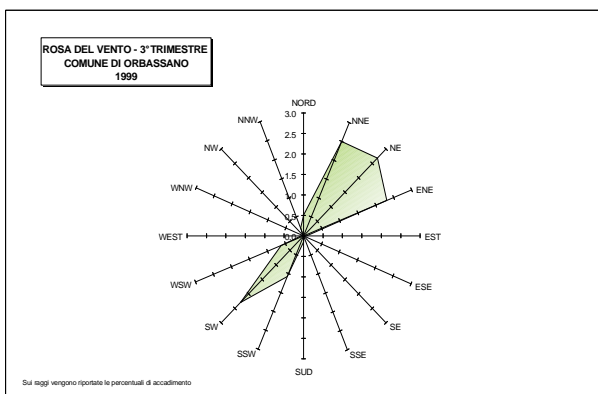
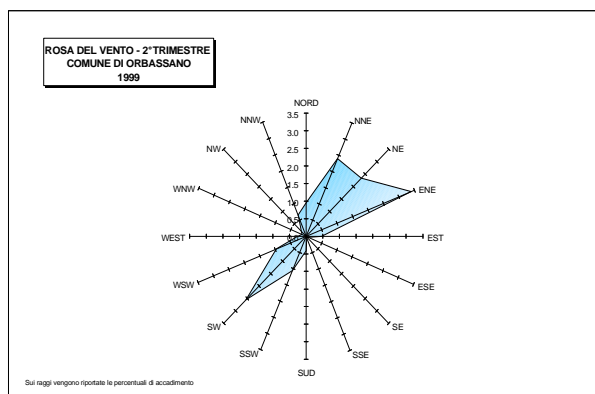
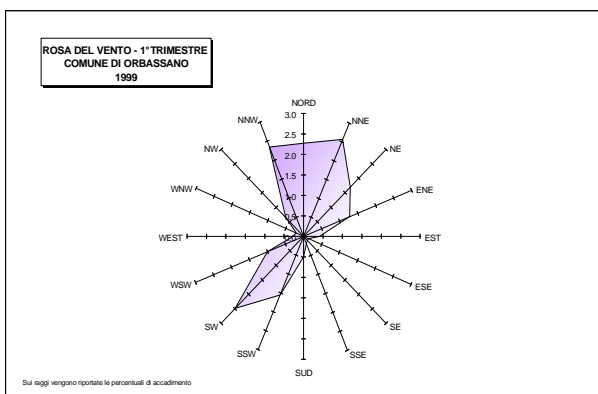


FIGURA 23: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Orbassano nel 1999.

COMUNE DI SETTIMO
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 1999

	NUMERO DATI VALIDI %	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITA' MEDIA (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD (m/s)
1° TRIMESTRE	90.5	59.5	7.7	1.4	1.0
2° TRIMESTRE	82.1	23.1	5.9	1.4	0.7
3° TRIMESTRE	81.4	25.4	5.4	1.2	0.6
4° TRIMESTRE	82.1	51.4	4.7	0.6	0.6
ANNO 1999	84.0	40.3	7.7	1.3	0.7

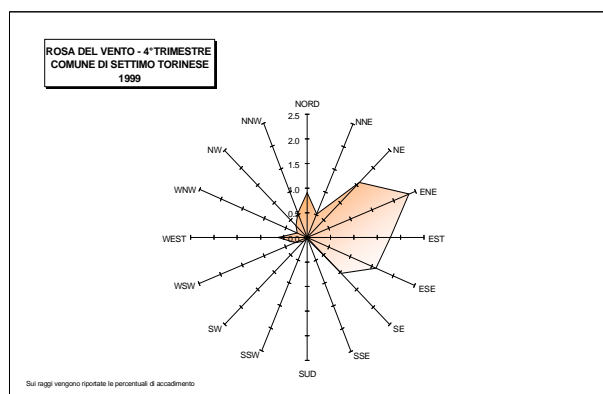
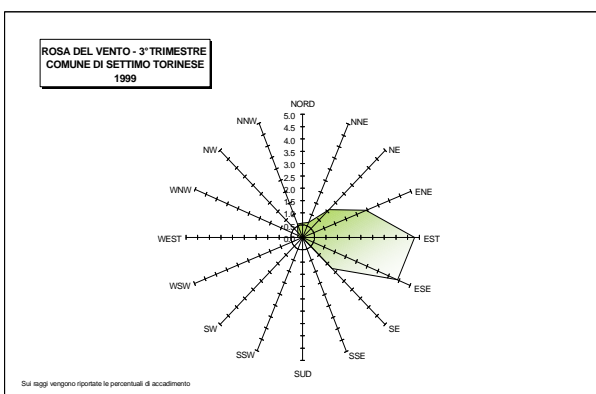
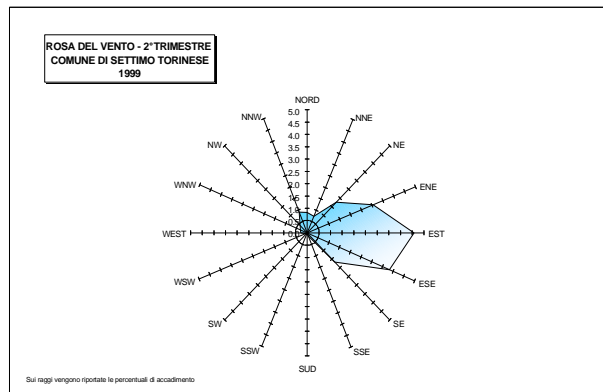
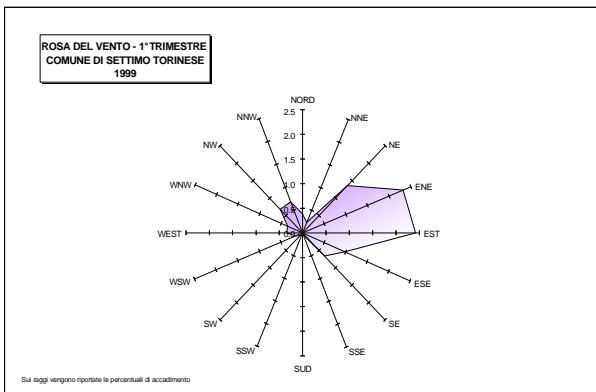


FIGURA 24: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Settimo T.se nel 1999.

COMUNE DI CHIERI
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 1999

	NUMERO DATI VALIDI %	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITA' MEDIA (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD (m/s)
1° TRIMESTRE	90.2	36.7	6.9	1.3	0.9
2° TRIMESTRE	84.2	31.8	9.4	1.6	1.3
3° TRIMESTRE	89.7	52.4	3.6	1.3	0.6
4° TRIMESTRE	91.8	73.5	5.0	0.8	0.8
ANNO 1999	89.0	49.1	9.4	1.4	1.0

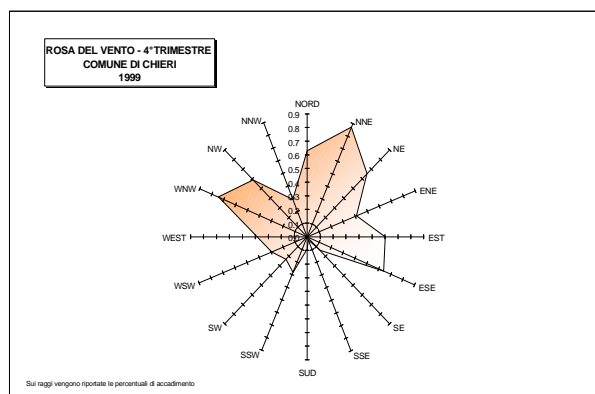
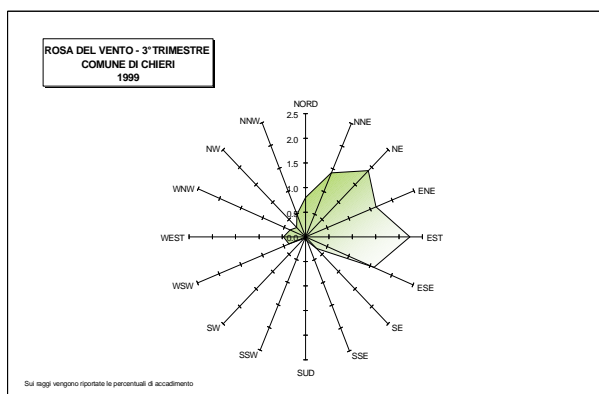
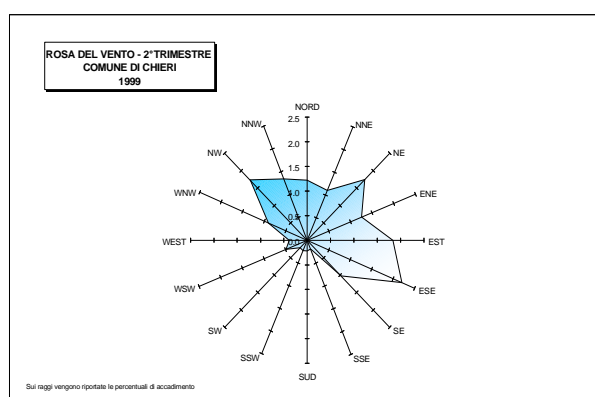
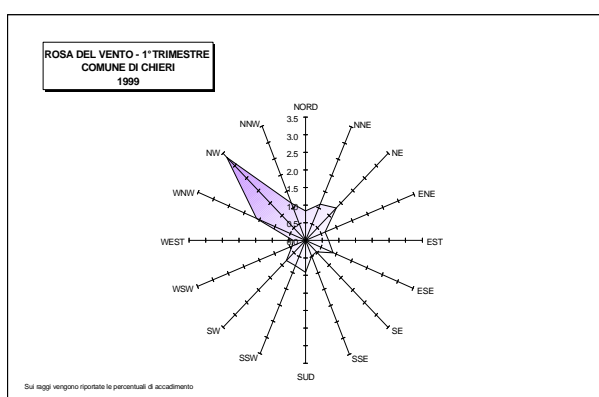


FIGURA 25: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Chieri nel 1999.

**COMUNE DI TORINO – STAZIONE CONSOLATA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 1999**

	NUMERO DATI VALIDI %	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITA' MEDIA (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD (m/s)
1° TRIMESTRE	97.2	5.0	7.0	1.6	1.0
2° TRIMESTRE	97.6	3.0	7.1	1.7	0.8
3° TRIMESTRE	98.2	3.6	6.0	1.5	0.7
4° TRIMESTRE	97.1	5.2	6.4	1.4	0.8
ANNO 1999	97.5	4.2	7.1	1.5	0.9

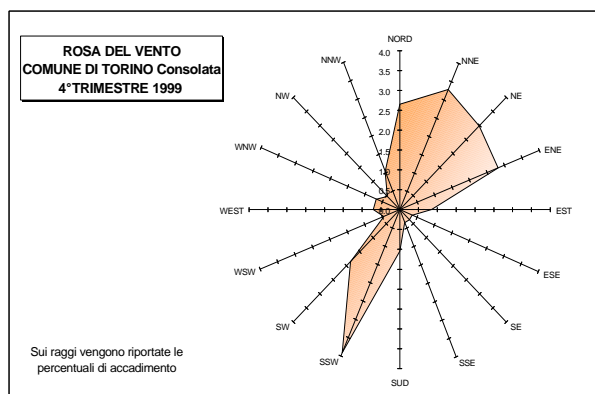
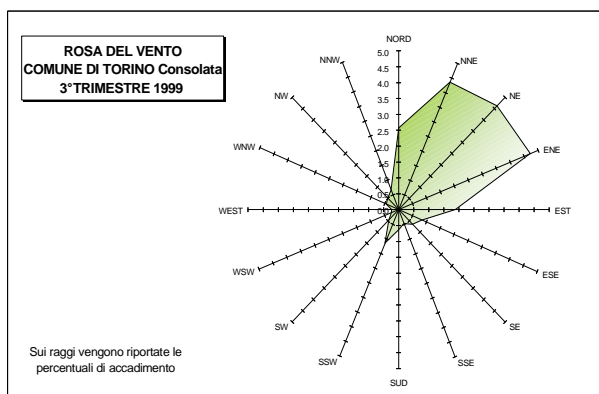
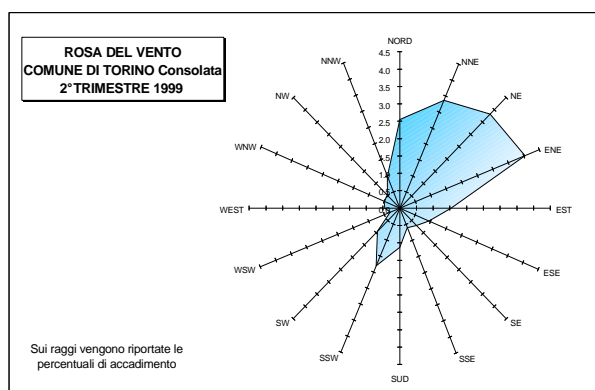
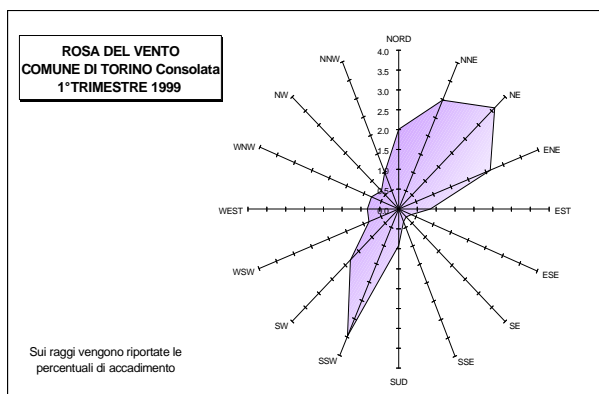


FIGURA 26: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino Via della Consolata nel 1999.

**COMUNE DI TORINO – STAZIONE ALENIA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 1999**

	NUMERO DATI VALIDI %	CALME % (misure < 0.5 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITA' MEDIA (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD (m/s)
1° TRIMESTRE	94.3	2.6	15.2	2.2	1.7
2° TRIMESTRE	95.5	0.8	13.2	2.3	1.4
3° TRIMESTRE	96.2	1.5	8.8	2.0	0.9
4° TRIMESTRE	94.9	1.5	9.0	1.9	1.3
ANNO 1999	95.2	2.0	15.2	2.1	1.4

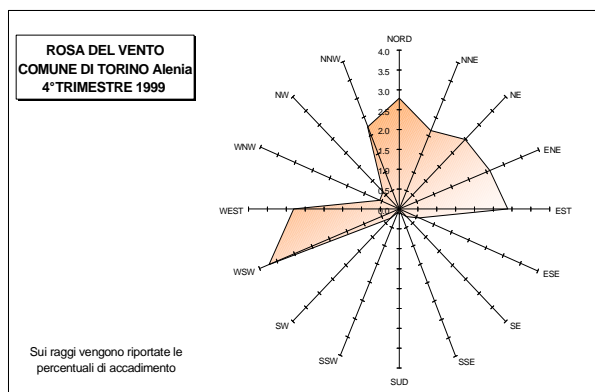
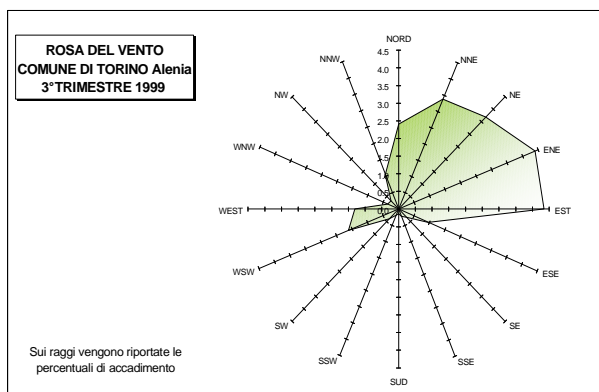
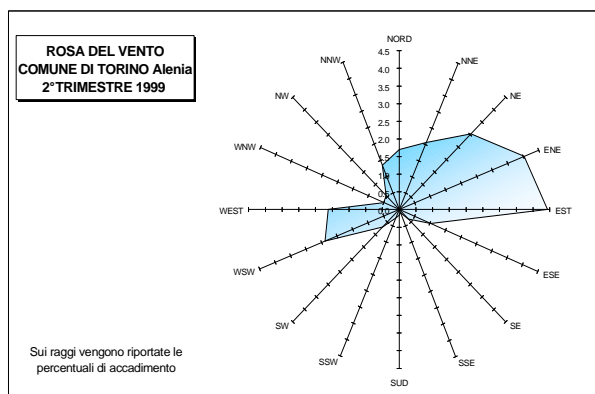
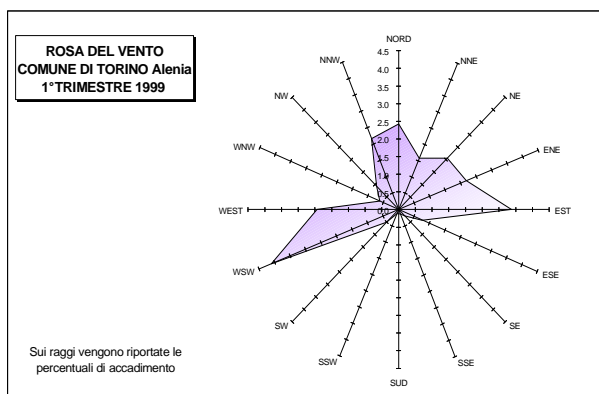


FIGURA 27: elaborazioni annuali dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino Alenia nel 1999.

Radiazione solare netta e totale

La radiazione solare totale è la radiazione termica e luminosa proveniente dal sole. La sua intensità dipende dalla nuvolosità, dalla posizione del sole sull'orizzonte al punto d'osservazione e dalla stagione. Lo strumento utilizzato per la misura della radiazione solare totale prende il nome di solarimetro. Esso deve essere installato su un supporto rigido, in grado di resistere anche a venti di elevata intensità, ad un'altezza dal suolo compresa tra 1,5 e 2 metri; può anche essere fissato alla sommità della centralina. Nella collocazione del solarimetro è necessario evitare la presenza di ostacoli che possano agire da schermo nei confronti della radiazione solare, in modo che nessuna ombra venga proiettata sullo strumento durante la misura (ovvero durante tutto l'arco della giornata). Non devono essere inoltre presenti oggetti riflettenti ed illuminazione artificiale.

La radiazione solare netta è data dalla differenza tra la radiazione solare totale e la radiazione riflessa dal terreno.

Lo strumento per la misura della radiazione solare netta prende il nome di radiometro netto. Esso, effettuando la misura differenziale tra la radiazione solare e la radiazione infrarossa emessa dal terreno, deve essere installato considerando tutti gli accorgimenti già citati per il solarimetro facendo attenzione che non vi siano ostacoli sul terreno sottostante lo strumento. Lo sbraccio laterale, rispetto al supporto principale verticale, dovrà pertanto avere una lunghezza di circa un metro e permettere con precisione il suo livellamento orizzontale. Inoltre deve essere evitata qualsiasi influenza del supporto e/o del basamento (che dovrebbe essere preferibilmente ricoperto di manto erboso).

I dati rilevati dalla rete di monitoraggio provinciale sono archiviati come valori medi orari e su di essi viene operata giornalmente la validazione, valutando la regolarità dell'andamento giornaliero dei valori medi registrati.

Per quanto riguarda le misure di radiazione solare totale, il valore del massimo si deve collocare, in giornate serene, intorno alle ore 13:00, mentre di notte i valori devono scendere a zero; la presenza di riduzioni sistematiche del valore misurato alla stessa ora del giorno può essere sintomo di ostacoli che proiettano la loro ombra sul sensore, quindi di un non corretto posizionamento dello stesso. Vengono inoltre confrontati i valori rilevati con stazioni vicine e/o con i valori medi ed estremi stagionali. Di giorno, inoltre, i valori rilevati devono essere sempre superiori a quelli corrispondenti del radiometro netto (che presenta mediamente valori pari a $2/3$ del solarimetro) e mostrare lo stesso andamento.

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

Per tutte le stazioni, per quanto riguarda la radiazione solare totale e/o netta, le analisi sono condotte con dettaglio mensile, al fine di evidenziare il diverso andamento della radiazione con il variare delle stagioni. Ai fini della presente pubblicazione si è scelto di riportare solamente le elaborazioni di due stazioni ritenute le più rappresentative: La Mandria e Torino-CNR. Si ricorda che le elaborazioni dei dati delle altre stazioni sono disponibili presso L'Area Ambiente della Provincia di Torino.

Per la stazione della Mandria (località Druento) sono state presentate le elaborazioni relative alla radiazione solare totale e alla netta, per la stazione di Torino - CNR è stata riportata, a titolo di esempio, la sola elaborazione della radiazione totale. Nell'ambito delle elaborazioni presentate sia per la radiazione solare totale sia per la netta, sono stati riportati: una tabella, due grafici e quattro istogrammi.

La tabella riassume, per ogni mese dell'anno:

- il numero dei dati validi, in termini percentuali;

- i valori minimo e massimo registrati tra i valori medi orari, espressi in W/m^2 o in kJ/m^2 ;
- i valori minimo e massimo della media giornaliera (media matematica dei valori medi orari rilevati ogni giorno, per ogni mese), espressi in W/m^2 o in kJ/m^2 ;
- il valore massimo del giorno medio mensile, espresso in W/m^2 kJ/m^2 .

Nei grafici e negli istogrammi viene visualizzato l'andamento del giorno medio ed il valore medio mensile per i diversi mesi dell'anno. La suddivisione temporale delle rappresentazioni è stata operata semplicemente al fine di agevolare la lettura dei grafici stessi.(FIGURA 28, FIGURA 29 e FIGURA 30).

**STAZIONE DI DRUENTO (LA MANDRIA)
PARAMETRO: RADIAZIONE SOLARE NETTA-1999**

	NUMERO DATI VALIDI %	VALORE MINIMO ORARIO W/m ²	VALORE MASSIMO ORARIO W/m ²	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA W/m ²	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA W/m ²	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO W/m ²
Gennaio 99	79	-29	155	8	27	115
Febbraio 99	23	-37	197	20	29	175
Marzo 99	95	-35	349	9	89	201
Aprile 99	20	-27	328	63	83	287
Maggio 99	0					
Giugno 99	93	-48	422	10	143	301
Luglio 99	69	-26	425	72	140	378
Agosto 99	26	-20	396	13	110	290
Settembre 99	72	-16	334	16	93	201
Ottobre 99	100	-28	309	9	75	145
Novembre 99	100	-40	219	2	39	118
Dicembre 99	100	-35	172	4	25	116

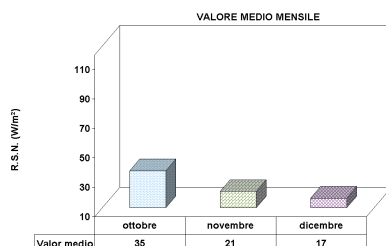
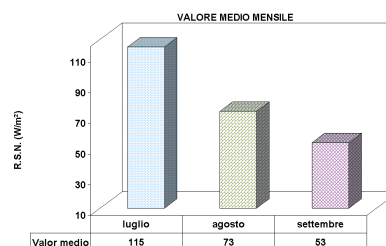
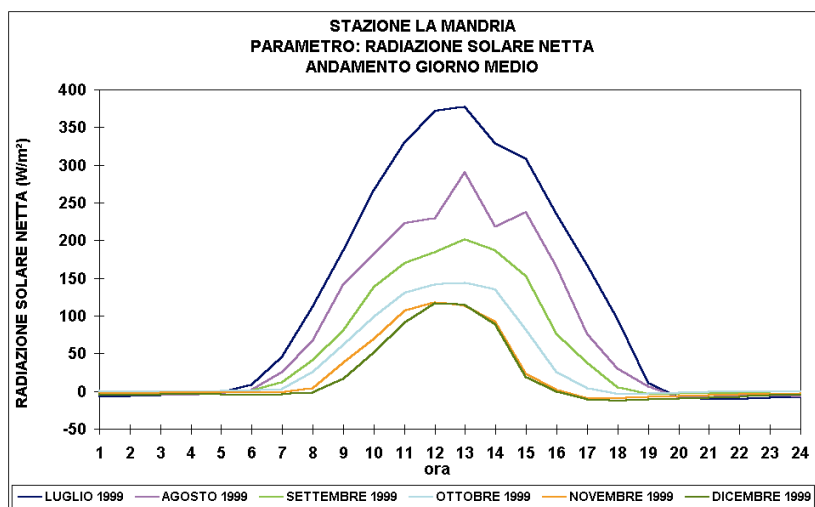
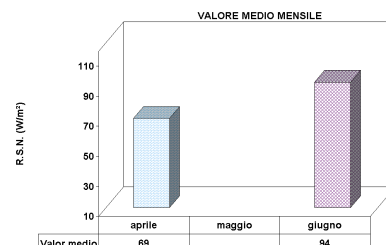
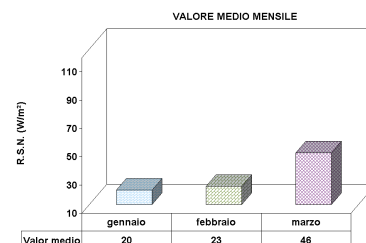
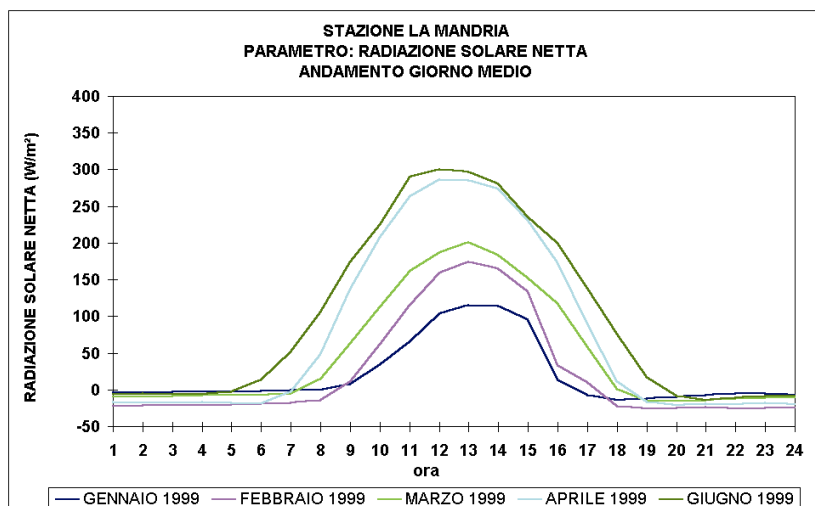


FIGURA 28: elaborazione dei dati della radiazione solare netta rilevati nella stazione di Druento (La Mandria)

STAZIONE DI DRUENTO (LA MANDRIA)
PARAMETRO: RADIAZIONE SOLARE TOTALE-1999

	NUMERO DATI VALIDI	VALORE MINIMO ORARIO W/m ²	VALORE MASSIMO ORARIO W/m ²	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA W/m ²	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA W/m ²	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO W/m ²
	%					
Gennaio 99	79	0	470	9	102	346
Febbraio 99	23	0	609	121	147	544
Marzo 99	95	0	760	10	242	502
Aprile 99	20	0	766	199	243	683
Maggio 99	0					
Giugno 99	94	0	1038	21	365	693
Luglio 99	69	0	993	169	351	876
Agosto 99	24	0	891	37	286	582
Settembre 99	71	0	760	31	244	460
Ottobre 99	100	0	747	13	208	351
Novembre 99	98	0	546	9	112	292
Dicembre 99	84	0	474	18	89	287

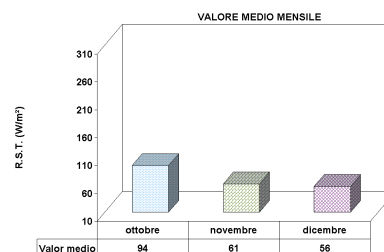
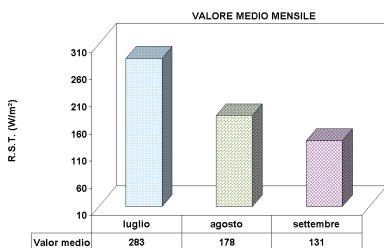
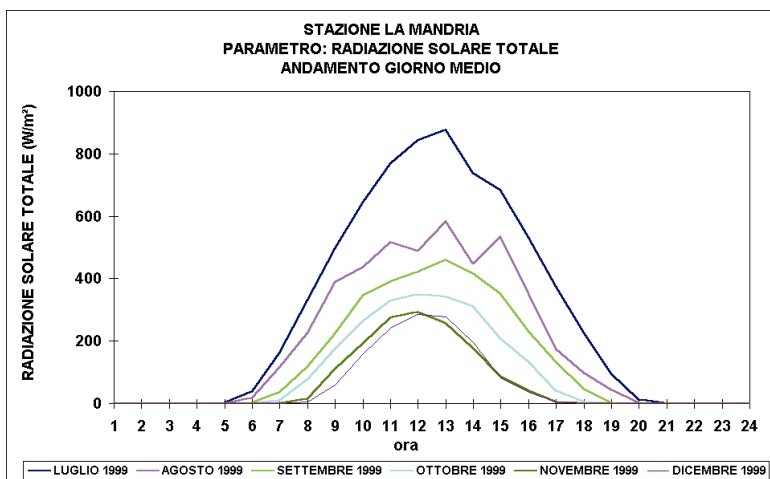
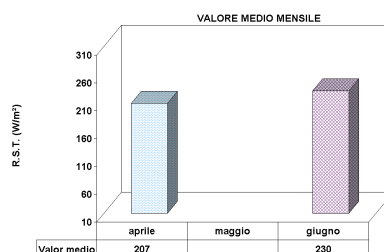
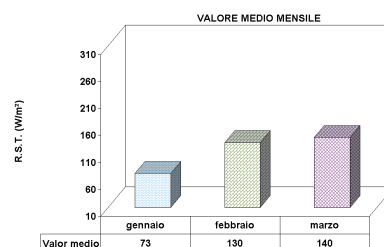
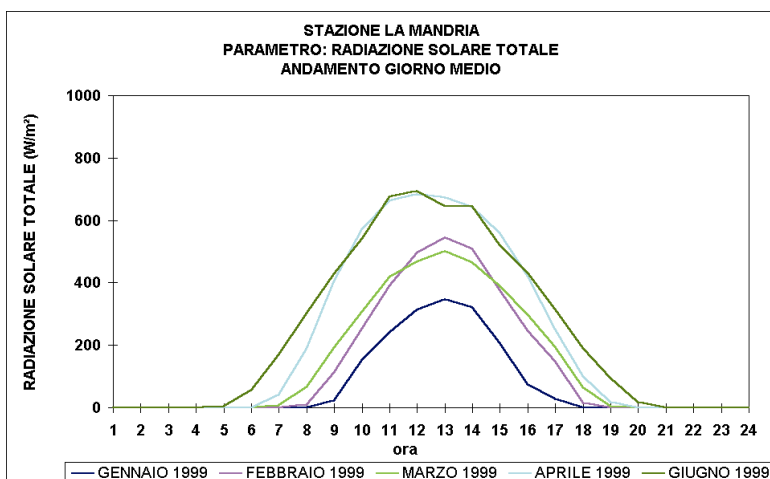


FIGURA 29: elaborazione dei dati della radiazione solare totale rilevati nella stazione di Druento (La Mandria)

STAZIONE DI TORINO - CNR
PARAMETRO: RADIAZIONE SOLARE NETTA-1999

	NUMERO DATI VALIDI	VALORE MINIMO ORARIO kJ/m ²	VALORE MASSIMO ORARIO kJ/m ²	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA kJ/m ²	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA kJ/m ²	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO kJ/m ²
	%					
Gennaio 1999	97	-245	1126	-14	126	757
Febbraio 1999	96	-240	1554	25	170	1141
Marzo 1999	95	-230	1912	8	413	1199
Aprile 1999	94	-241	1978	135	576	1292
Maggio 1999	97	-170	2187	15	677	1475
Giugno 1999	99	-232	2211	26	738	1572
Luglio 1999	99	-204	2098	161	695	1648
Agosto 1999	99	-173	2018	102	573	1289
Settembre 1999	99	-154	1694	14	444	1107
Ottobre 1999	96	-223	1535	-19	377	741
Novembre 1999	98	-230	1131	-30	128	579
Dicembre 1999	97	-223	1113	-26	63	594

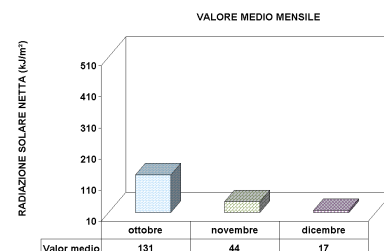
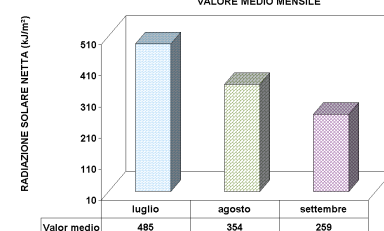
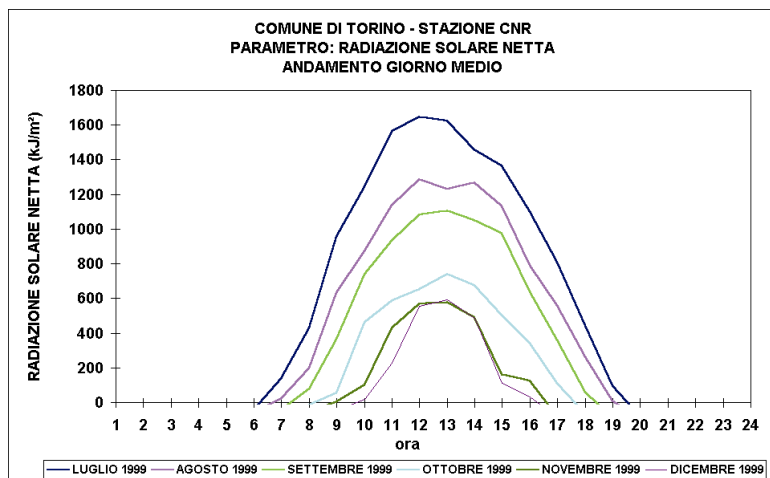
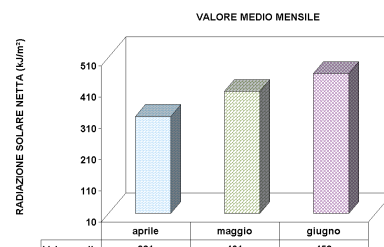
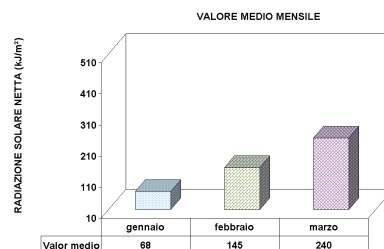
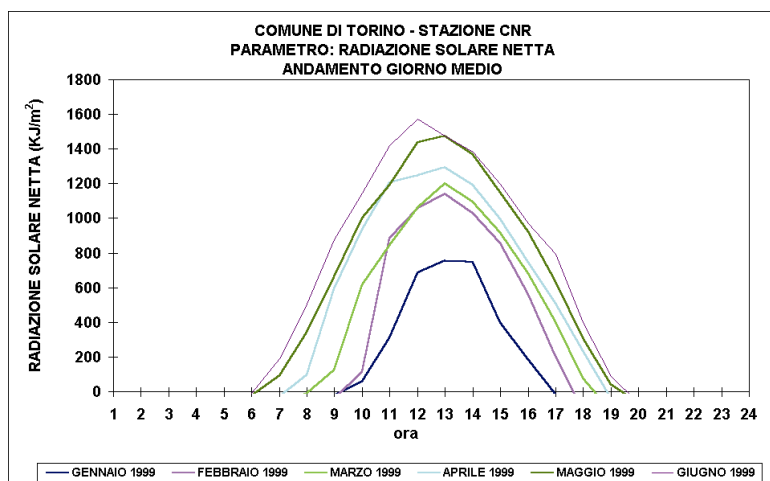


FIGURA 30: elaborazione dei dati della radiazione solare netta rilevati nella stazione di Torino-CNR

Pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni

Lo strumento per la misura della *pressione* è il barometro. Il sensore può essere posizionato all'interno della centralina, purchè collegato, tramite apposito condotto, ad una presa d'aria esterna, o comunque in luoghi nei quali non sia soggetto a sbalzi di temperatura, a vibrazioni, a radiazione solare diretta o correnti d'aria.

Nel caso in cui sia posto all'interno deve essere collegato, tramite un apposito condotto, ad una presa d'aria esterna.

L'unità di misura utilizzata per la pressione atmosferica è il Millibar (mbar).

La validazione dei dati rilevati avviene giornalmente. Tale verifica viene operata controllando che non si siano verificate brusche variazioni nella registrazione della misura, se non in occasione di perturbazioni di una certa intensità.

Lo strumento con il quale viene misurata la *temperatura* è il termometro. Esso viene generalmente installato ad un'altezza dal suolo compresa tra 1,5 e 2 metri. Il sensore deve essere corredato di un dispositivo per la ventilazione forzata, che non alteri la misura e che sia in grado di mantenere il valore della velocità dell'aria attorno all'elemento sensibile costante e compresa tra i 2,5 ed i 10 m/s. La temperatura viene misurata in gradi centigradi (°C).

I dati rilevati vengono validati giornalmente. Il controllo sui dati di temperatura viene fatto osservando gli orari dei massimi (generalmente verso le 13:00 - 14:00) e dei minimi (generalmente dalle 5:00 alle 7:00), in relazione all'insolazione, al confronto con stazioni vicine e/o con i valori medi ed estremi stagionali.

Lo strumento con il quale viene misurata l'*umidità relativa* è l'igrometro. Esso deve essere posto all'interno della centralina e la sua unità di misura è percentuale.

I dati rilevati vengono validati giornalmente, valutando la regolarità dell'andamento giornaliero, gli orari dei massimi (normalmente dalle 23:00 alle 6:00) e dei minimi (normalmente dalle 13:00 alle 14:00) in relazione alla temperatura ed alla precipitazione, confrontando ove possibile con rilevamenti di stazioni vicine e/o con i valori medi ed estremi stagionali. Il valore massimo notturno supera generalmente il 90% e, non di rado raggiunge valori prossimi al 100%.

Lo strumento con il quale vengono misurate le *precipitazioni atmosferiche*, espresse in millimetri (mm), è il pluviometro. L'imboccatura (calibrata) dello strumento deve essere perfettamente orizzontale e ad un'altezza dal suolo non molto elevata ma non inferiore ad 1 m, ovvero sufficientemente ad evitare che le gocce di pioggia ribalzino dal suolo nel pluviometro. Deve essere dotato di scaldiglia per lo scioglimento delle precipitazioni nevose e per evitare la formazione di ghiaccio.

Nelle pagine seguenti sono state proposte solamente le elaborazioni effettuate sui dati rilevati nel corso del 1999, rispettivamente della stazione della Mandria (loc. Druento), per quanto riguarda la pressione atmosferica e la temperatura e della stazione di Torino-CSELT per la temperatura e l'umidità relativa. Le elaborazioni relative ai dati delle altre stazioni sono disponibili presso l'Area Ambiente della Provincia di Torino.

Per i parametri: pressione atmosferica temperatura e umidità sono presenti una tabella e le relative elaborazioni grafiche (FIGURA 31, FIGURA 32, FIGURA 33 e FIGURA 34). Nella tabella sono riportati, per ogni mese dell'anno, i seguenti dati:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il valore minimo e massimo tra i dati medi orari rilevati e validati, espresso per la pressione in mbar, per la temperatura in °C e per l'umidità relativa in percentuale;
- il valore minimo e massimo della media giornaliera, espresso nelle precedenti unità di misura per le diverse grandezze. Tale valore è stato calcolato a partire dalle medie giornaliere dei valori medi orari rilevati nel corso di ogni singolo mese.
- Il valore massimo del giorno medio, nelle diverse unità di misura.

Per le precipitazioni atmosferiche sono presenti una tabella e le relative elaborazioni grafiche. Nella tabella sono riportati, per ogni mese dell'anno, i seguenti dati:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il n° di giorni con presenza di precipitazioni;
- il valore massimo mensile di precipitazione giornaliera;
- la precipitazione totale mensile;

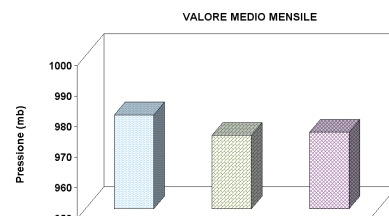
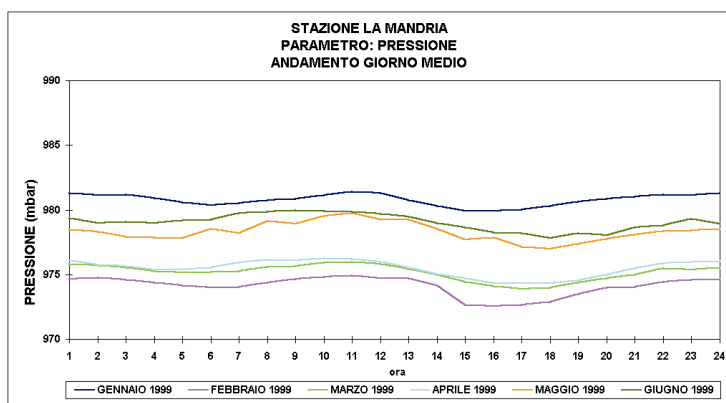
I grafici presenti, più che una rappresentazione di una analisi statistica dei dati rilevati, sono stati elaborati per rendere visibili le differenze che si registrano nei diversi mesi dell'anno per le grandezze esaminate. Per ogni parametro la diversa tipologia di grafici fornisce lo stesso tipo di informazione, attraverso la rappresentazione dell'andamento del giorno medio mensile e dei valori medi mensili, mediante istogrammi. Per quanto riguarda la temperatura può essere interessante confrontare i valori presentati con quelli elaborati a partire dai dati di radiazione solare.

Sono anche riportate le serie storiche di precipitazioni raccolte dalla Regione Piemonte riguardanti la città di Torino dal 1900 al 1999, su base annuale. (FIGURA 36).

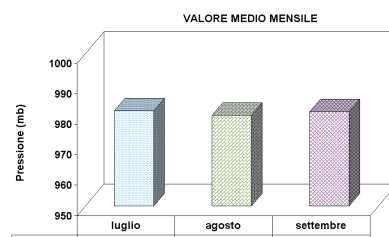
Sono riportate inoltre le serie di dati delle precipitazioni raccolte dalla Regione Piemonte disaggregate su base mensile relative alla città di Torino. (FIGURA 37, FIGURA 38 e FIGURA 39)

**STAZIONE DI DRUENTO (LA MANDRIA)
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA-1999**

	NUMERO DATI VALIDI	VALORE MINIMO ORARIO mb	VALORE MASSIMO ORARIO mb	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA mb	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA mb	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO (mbar)
	%					
Gennaio 99	82	963	990	966	989	981
Febbraio 99	50	957	988	960	987	975
Marzo 99	100	954	986	957	985	976
Aprile 99	100	959	990	962	987	976
Maggio 99	82	968	986	972	985	980
Giugno 99	91	967	985	970	984	980
Luglio 99	100	973	988	974	987	982
Agosto 99	31	973	984	973	983	981
Settembre 99	77	968	989	970	988	982
Ottobre 99	37	973	995	976	994	987
Novembre 99	100	964	1003	967	1001	987
Dicembre 99	99	950	1001	956	1000	984



VALORE MEDIO MENSILE	april	maggio	giugno
Valor medio	975	978	979



VALORE MEDIO MENSILE	luglio	agosto	settembre
Valor medio	986	987	983

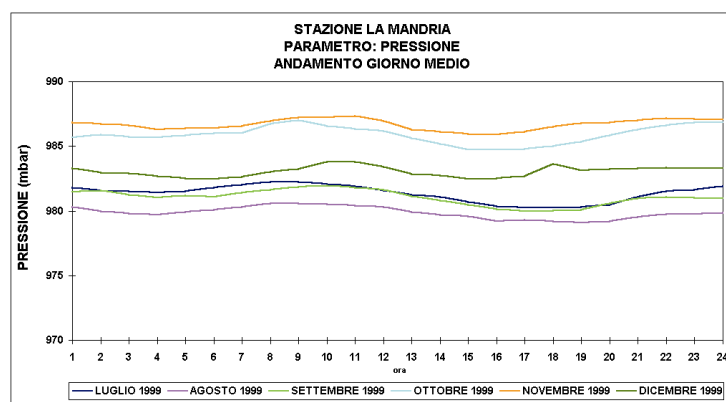


FIGURA 31: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Druento (La Mandria)

**STAZIONE DI DRUENTO (LA MANDRIA)
PARAMETRO: TEMPERATURA-1999**

	NUMERO DATI VALIDI	VALORE MINIMO ORARIO °C	VALORE MASSIMO ORARIO °C	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA °C	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA °C	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO (°C)
	%					
Gennaio 99	82	-7	15	-3	2	7
Febbraio 99	50	-12	12	-6	6	6
Marzo 99	100	-7	18	0	9	11
Aprile 99	100	-5	20	3	12	14
Maggio 99	73	4	25	10	19	19
Giugno 99	91	5	27	12	20	21
Luglio 99	100	9	28	17	22	25
Agosto 99	89	7	27	15	21	23
Settembre 99	77	7	25	13	17	20
Ottobre 99	0					
Novembre 99	0					
Dicembre 99	0					

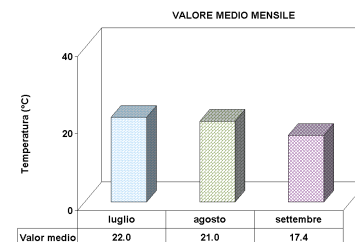
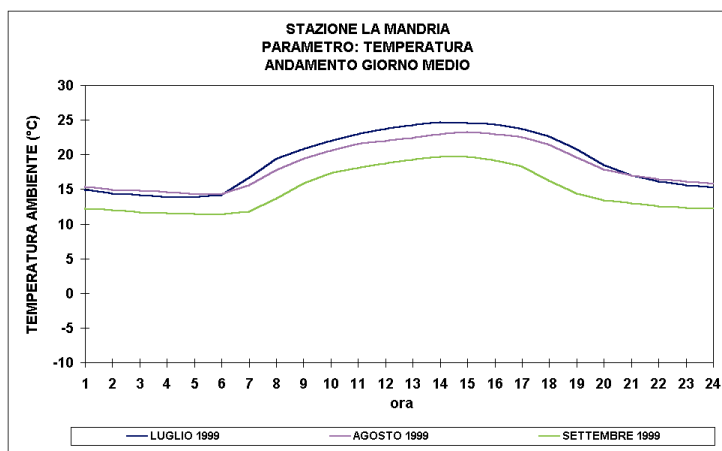
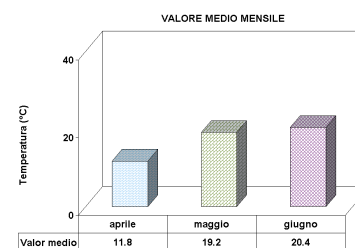
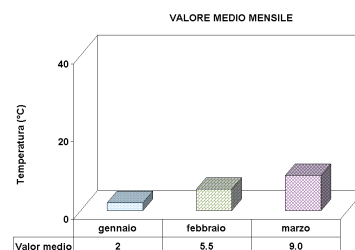
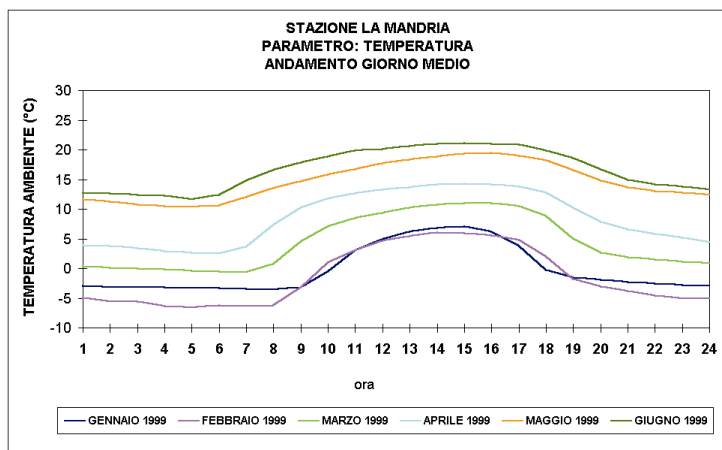


FIGURA 32: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Druento (La Mandria)

STAZIONE DI TORINO – CSELT PARAMETRO: TEMPERATURA-1999

	NUMERO DATI VALIDI	VALORE MINIMO ORARIO °C	VALORE MASSIMO ORARIO °C	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA °C	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA °C	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO °C
	%					
Gennaio 1999	90	-4	14	0	6	8
Febbraio 1999	97	-5	19	-1	11	9
Marzo 1999	98	0	20	5	14	13
Aprile 1999	99	2	23	8	17	16
Maggio 1999	99	10	27	12	23	21
Giugno 1999	99	12	29	15	24	23
Luglio 1999	99	15	31	20	26	27
Agosto 1999	99	13	29	18	25	25
Settembre 1999	90	13	28	15	23	23
Ottobre 1999	97	5	24	6	17	16
Novembre 1999	99	-1	17	1	14	10
Dicembre 1999	99	-4	13	-1	9	6

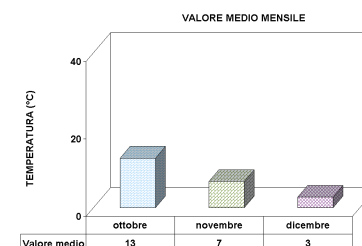
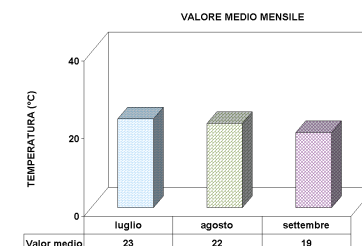
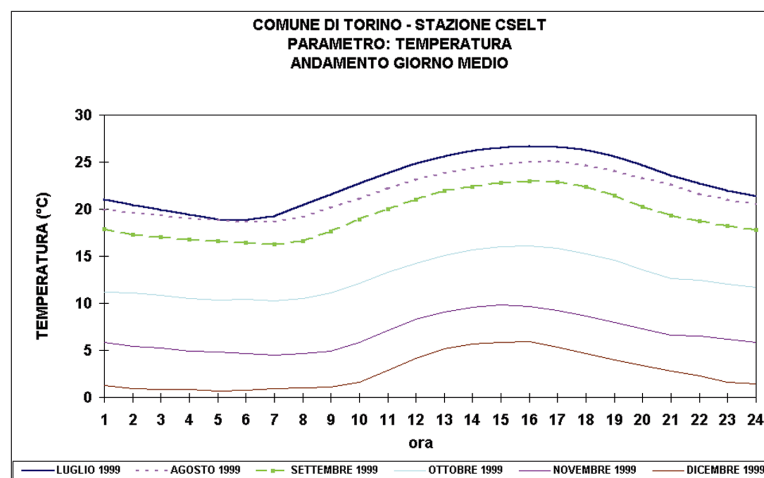
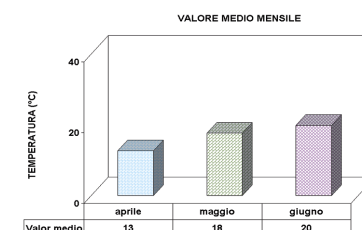
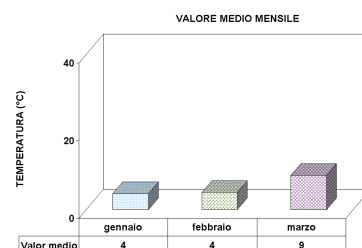
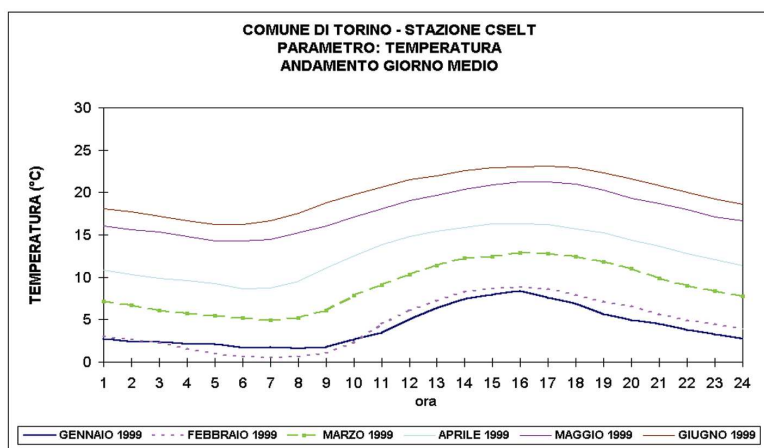


FIGURA 33: elaborazione dei dati della temperatura rilevata nella stazione di Torino-CSELT

**STAZIONE DI TORINO – CSELT
PARAMETRO: UMIDITA' RELATIVA-1999**

	NUMERO DATI VALIDI	VALORE MINIMO ORARIO %	VALORE MASSIMO ORARIO %	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA %	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA %	VALORE MASSIMO DEL GIORNO MEDIO %
	%					
Gennaio 1999	90	8	93	15	86	73
Febbraio 1999	97	8	92	10	79	45
Marzo 1999	98	8	95	25	88	64
Aprile 1999	99	8	90	28	76	65
Maggio 1999	99	28	94	54	86	82
Giugno 1999	99	9	99	13	89	81
Luglio 1999	99	10	99	29	81	82
Agosto 1999	99	28	99	61	90	92
Settembre 1999	90	32	99	64	98	89
Ottobre 1999	97	9	99	28	99	90
Novembre 1999	99	8	99	43	99	87
Dicembre 1999	99	7	99	14	96	73

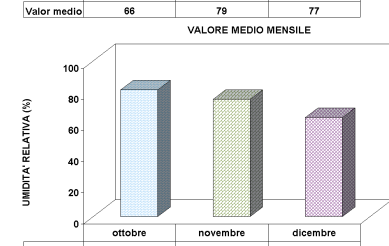
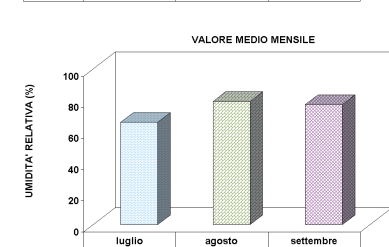
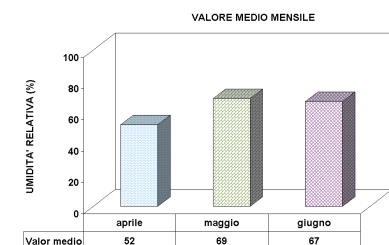
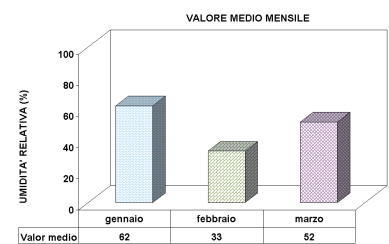
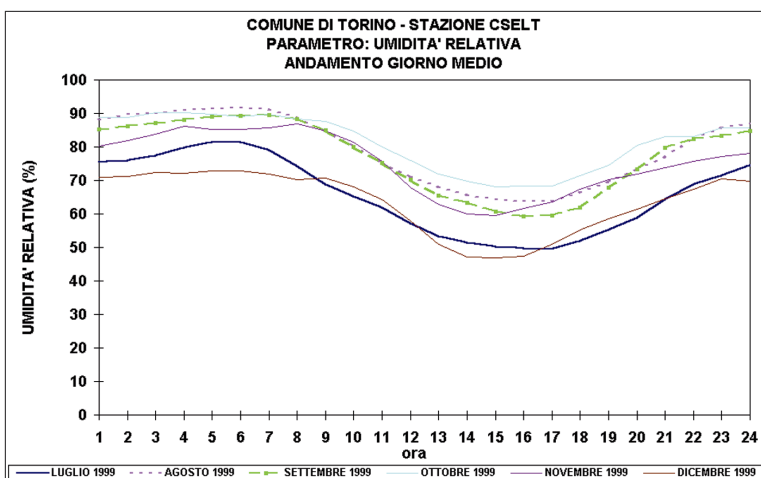
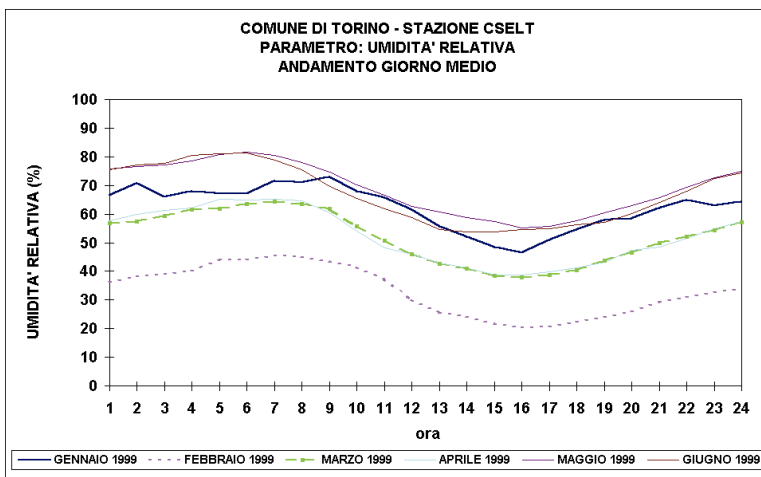


FIGURA 34: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nella stazione di Torino-CSELT.

STAZIONE DI DRUENTO (LA MANDRIA)
PARAMETRO: PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE-1999

	NUMERO DATI VALIDI	PRESENZA DI PRECIPITAZIONI n° giorni	PRECIPITAZIONE GIORNALIERA: VALORE MASSIMO MENSILE mm pioggia	PRECIPITAZIONI TOTALI NEL MESE mm pioggia
	%			
Gennaio 99	82	14	65	179
Febbraio 99	50	0	0	0
Marzo 99	100	10	46	160
Aprile 99	100	11	28	72
Maggio 99	82	18	113	224
Giugno 99	91	11	142	234
Luglio 99	100	17	87	286
Agosto 99	89	13	58	206
Settembre 99	77	11	45	124
Ottobre 99	37	1	1	1
Novembre 99	100	16	138	286
Dicembre 99	99	10	10	41

STAZIONE: LA MANDRIA
PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE - TOTALE MENSILE

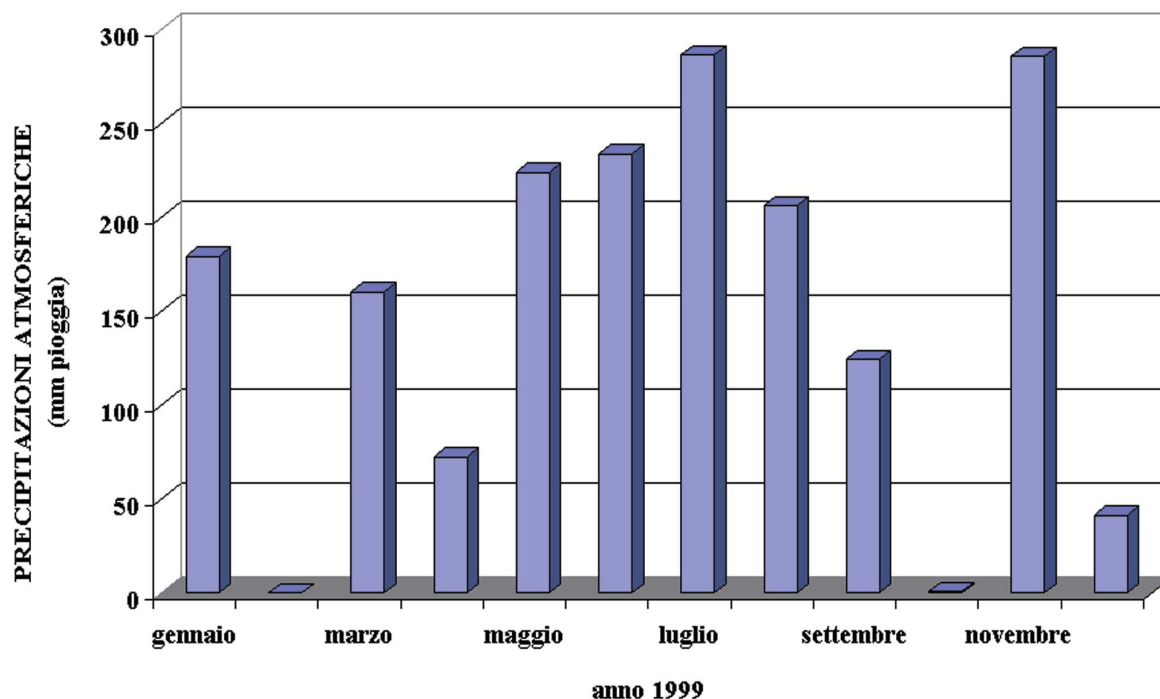


FIGURA 35: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nella stazione di Druento (La Mandria).

PIOGGIA CADUTA NEGLI ULTIMI CENTO ANNI

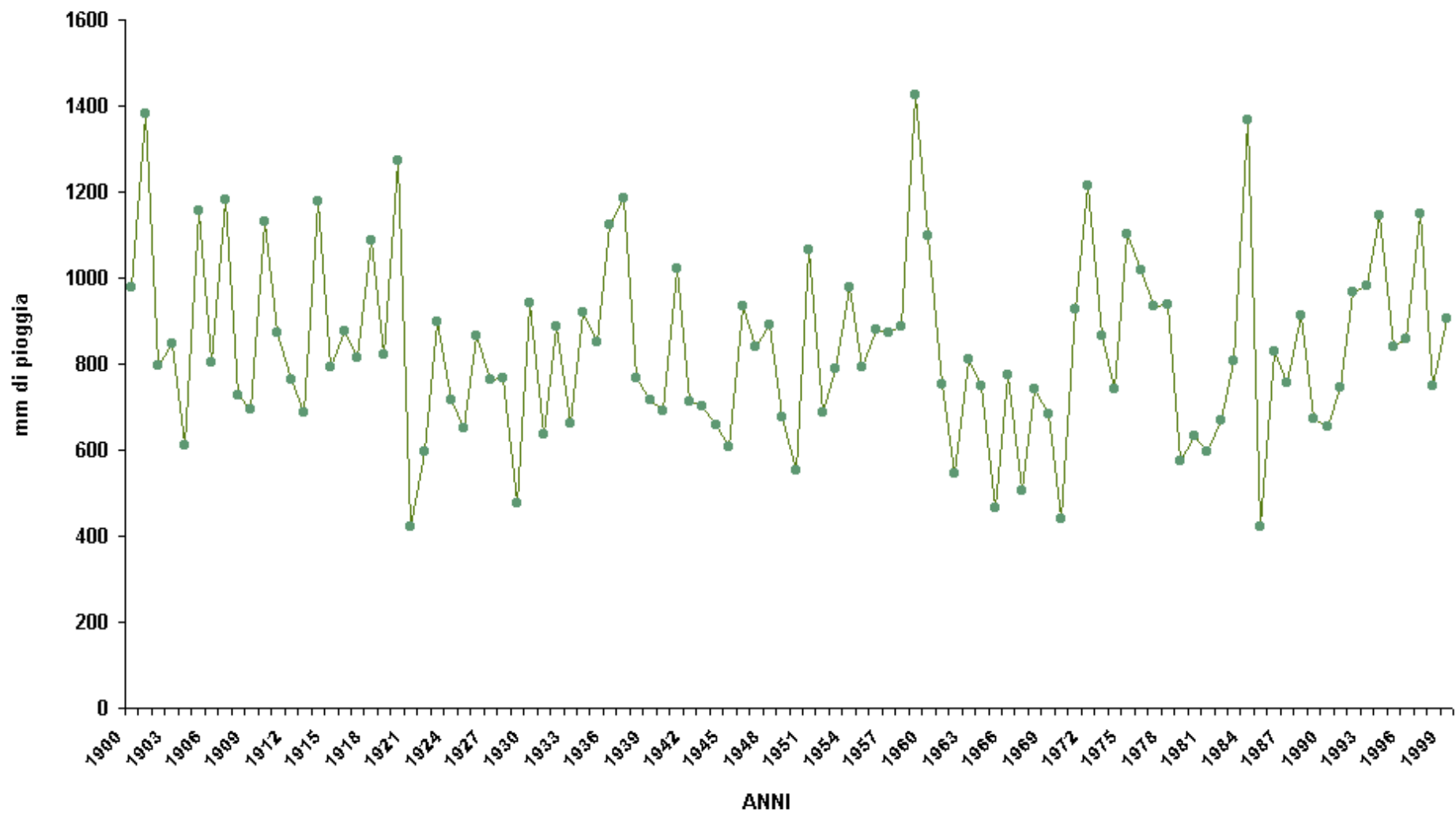
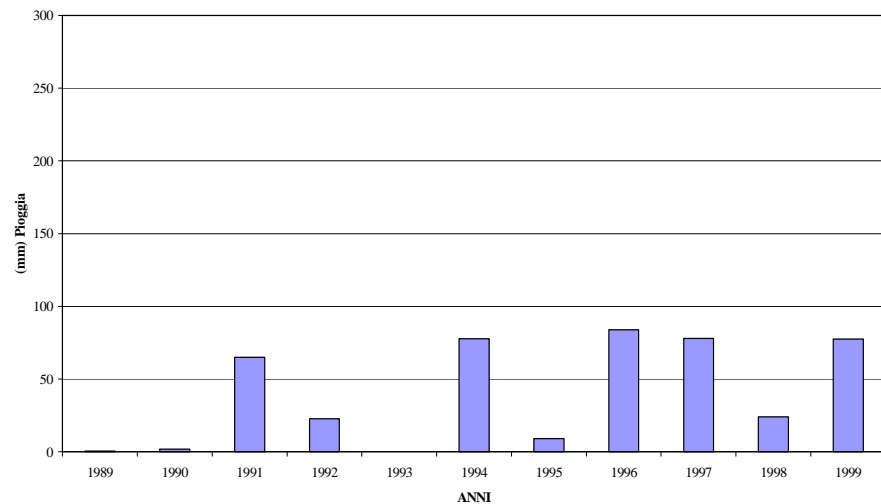
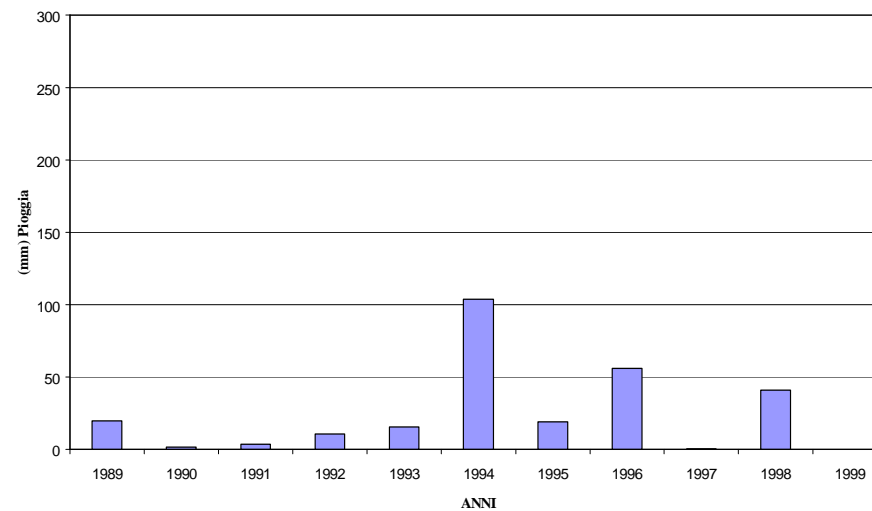


FIGURA 36: piovosità relativa agli ultimi cento anni.

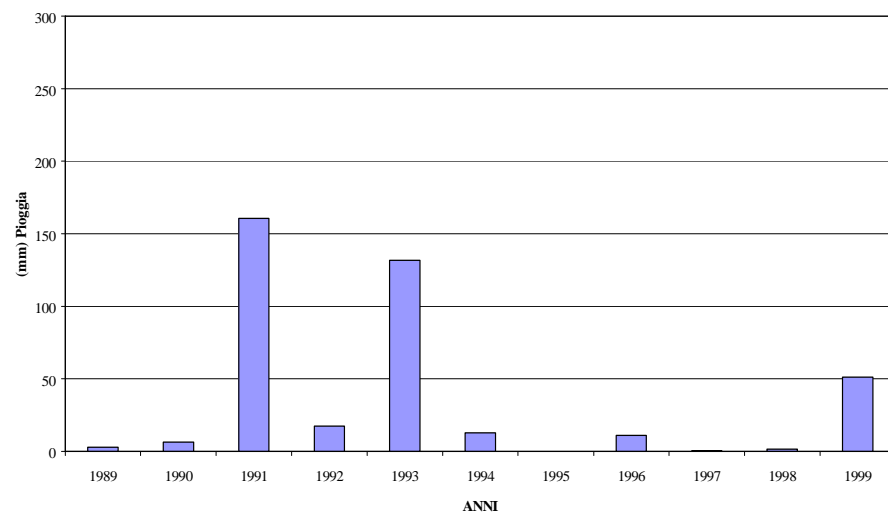
CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI GENNAIO DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI FEBBRAIO DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI MARZO DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI APRILE DELL'ULTIMO DECENNIO

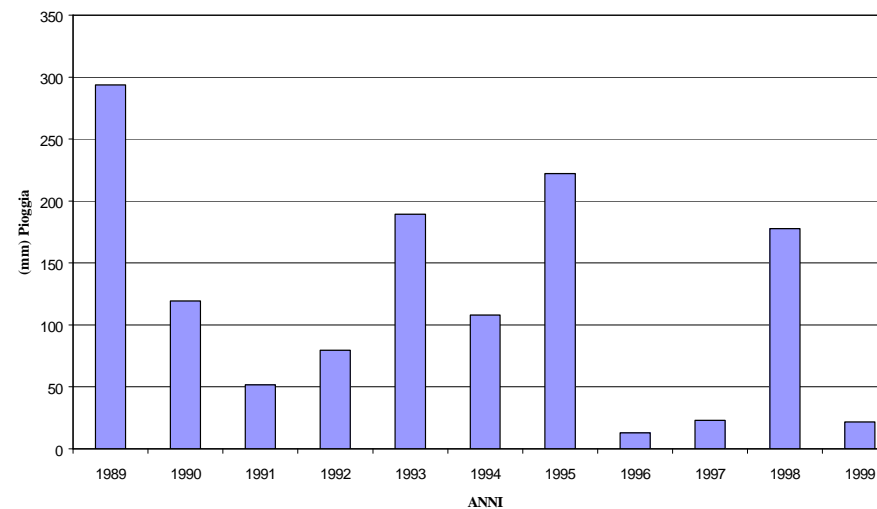
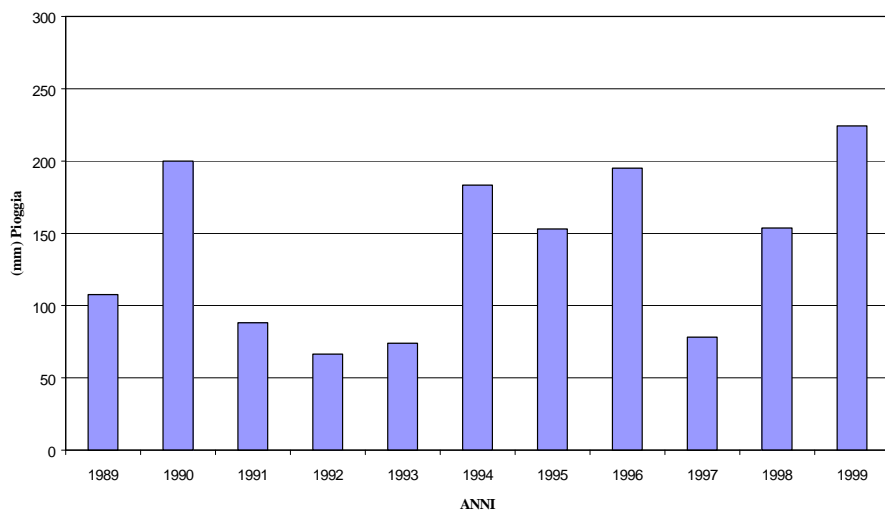
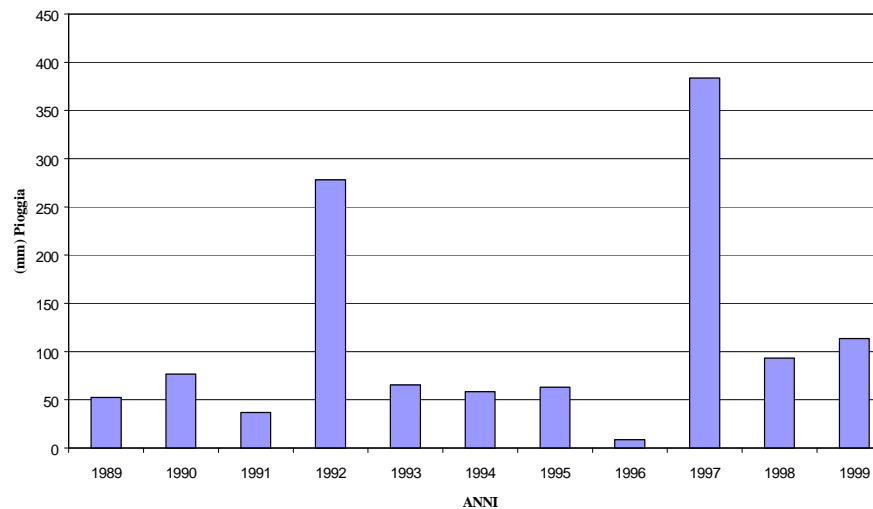


FIGURA 37: piovosità relativa all'ultimo decennio. Confronto mensile delle precipitazioni atmosferiche. 1° quadrimestre.

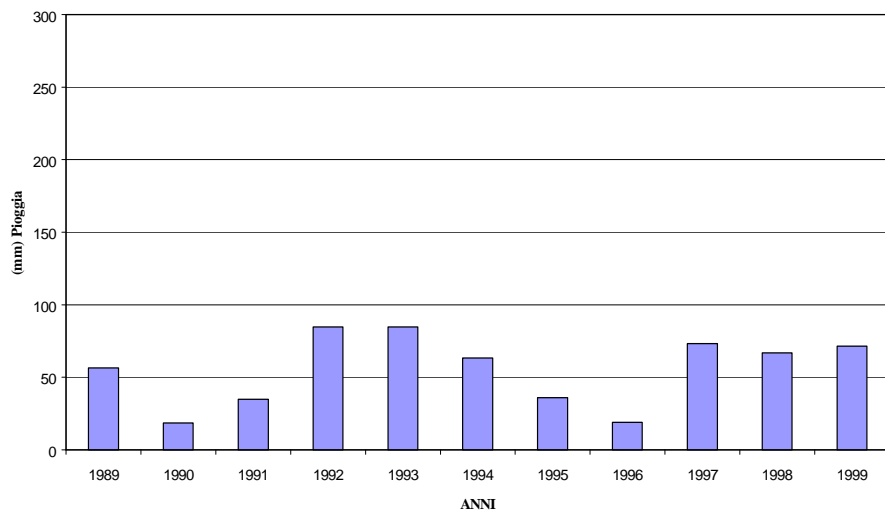
CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI MAGGIO DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI GIUGNO DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI LUGLIO DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI AGOSTO DELL'ULTIMO DECENNIO

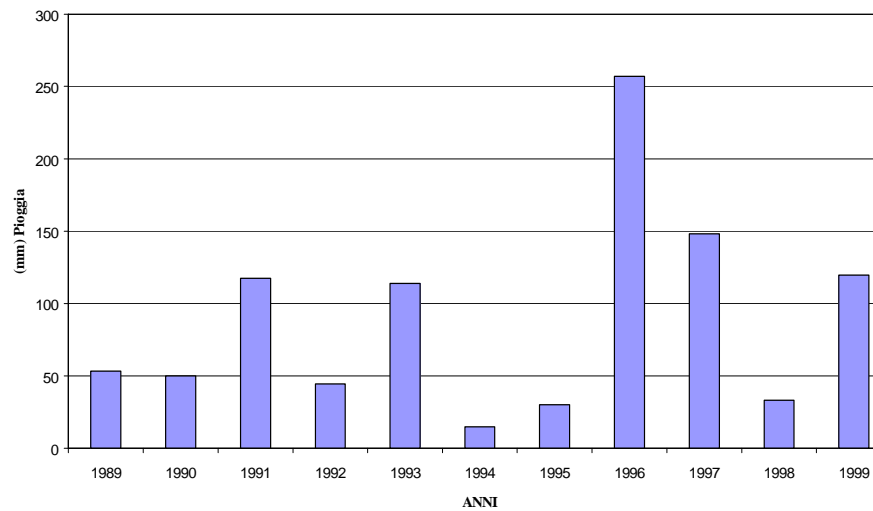
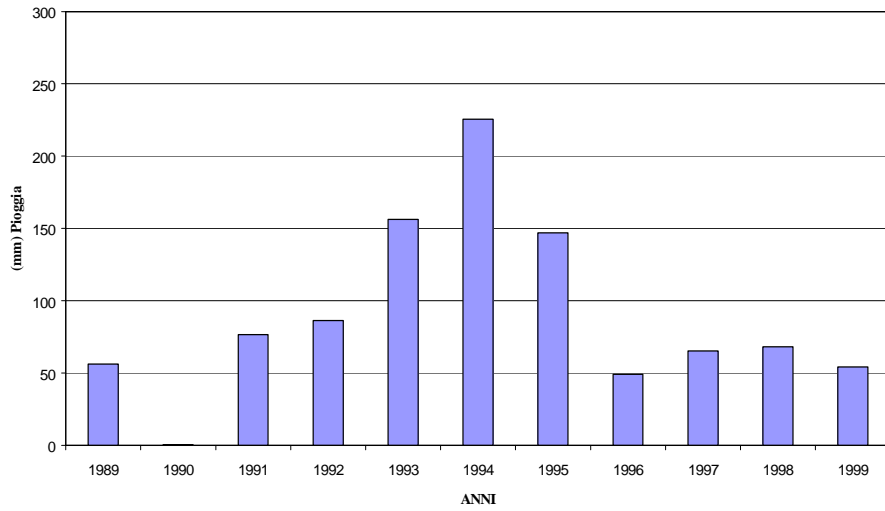
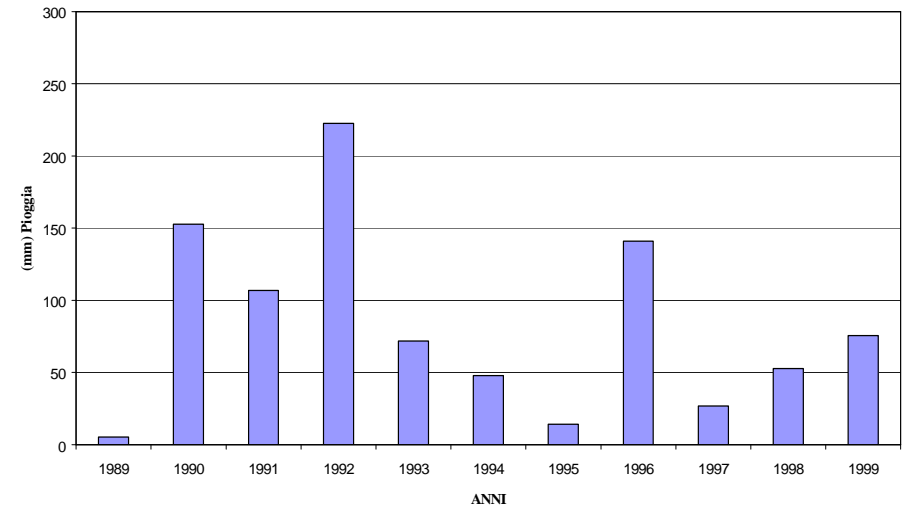


FIGURA 38: piovosità relativa all'ultimo decennio. Confronto mensile delle precipitazioni atmosferiche. 2° quadrimestre

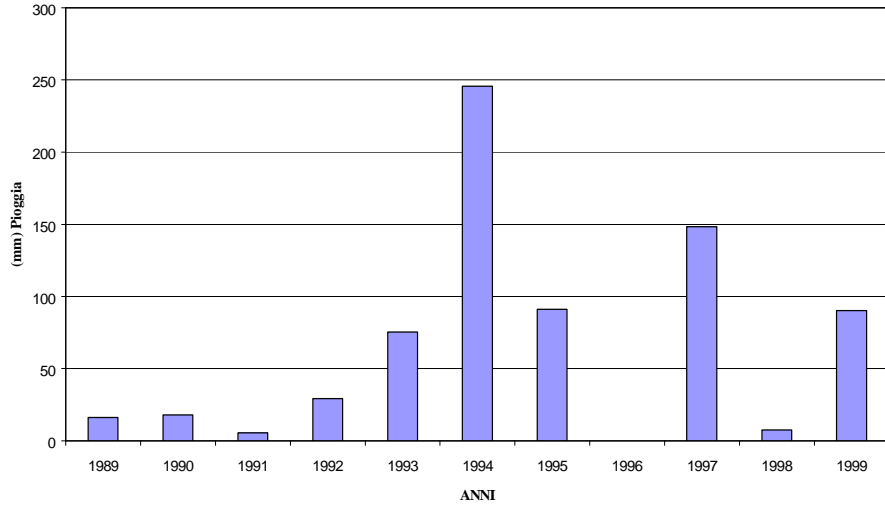
CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI SETTEMBRE DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI OTTOBRE DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI NOVEMBRE DELL'ULTIMO DECENNIO



CONFRONTO DELLA PIOVOSITA' DEI MESI DI DICEMBRE DELL'ULTIMO DECENNIO

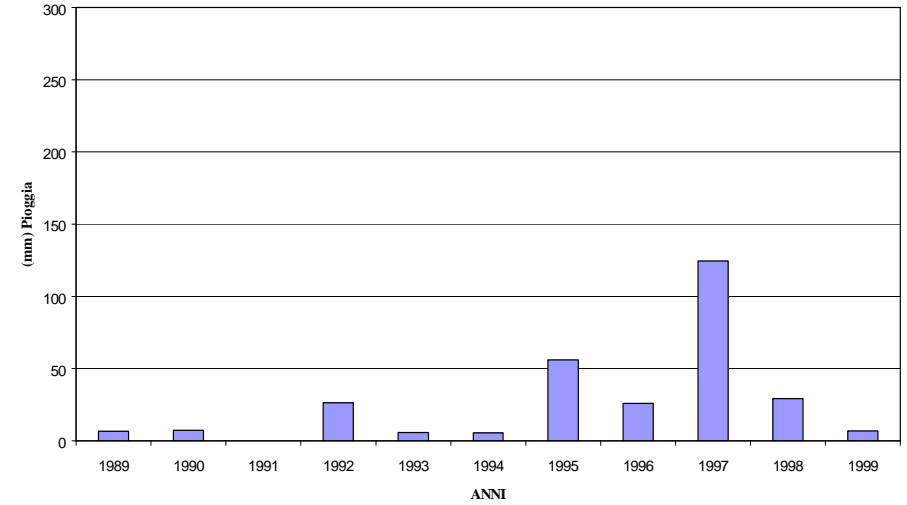


FIGURA 39: piovosità relativa all'ultimo decennio. Confronto mensile delle precipitazioni atmosferiche. 3° quadrimestre

LA MODELLISTICA E LA QUALITÀ DELL'ARIA

CENNI NORMATIVI

In Italia l'approccio legislativo al problema del rilevamento dell'inquinamento atmosferico ha subito in questi anni una notevole evoluzione.

Si è partiti con l'effettuare misure puntuali presso stazioni fisse inserite in una rete di monitoraggio, successivamente integrate con campagne di misura effettuate mediante postazioni mobili e parallelamente a ciò si è ampliato il numero di specie inquinanti rilevate, spostando l'attenzione anche sugli inquinanti secondari.

Ad oggi la situazione è tale per cui è possibile ed indispensabile integrare le reti di rilevamento con applicazioni modellistiche.

Dopo decenni di misure di inquinanti dispersi in atmosfera le rielaborazioni dei dati raccolti forniscono una solida base statistica alla quale legare gli studi di modellistica.

A livello normativo il primo riferimento alla modellistica risale **all'art. 1 del DM 20/05/1991 "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria"**, all'interno del quale si cita che gli *obiettivi generali di un sistema di rilevamento della qualità dell'aria sono: [.....] verificare la rispondenza di modelli fisico-matematici a rappresentare la dinamica spazio temporale dei fenomeni dispersivi degli inquinanti in situazioni specifiche.*

In seguito il **DM 06/05/1992 "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio"**, nell'allegato tra i compiti da svolgere a livello nazionale, propone *l'elaborazione di linee guida per la gestione delle reti di rilevamento, per l'utilizzazione di modelli, per la valutazione o la stima della qualità dell'aria.*

Il **DM 12/11/1992 "Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria"** parla implicitamente dell'utilizzo di modelli. In particolare l'art. 6 riporta testualmente: *al fine di determinare la probabile evoluzione dell'inquinamento [...] l'organo tecnico si avvale dei dati di inquinamento atmosferico e delle previsioni meteorologiche [...].*

Inoltre l'allegato 2 dello stesso D.M. tra i compiti dell'organo tecnico pone quello di individuare aree e periodi dell'anno in cui, con elevata probabilità, si possano verificare stati di attenzione e di allarme, mediante lo studio di scenari in grado di correlare spazio temporalmente le sorgenti emissive con i livelli di inquinamento, basandosi sull'analisi di indicatori quali quelli forniti dalle reti di rilevamento, dalle campagne di misura e dall'inventario delle emissioni.

L'impiego della modellistica nella valutazione di qualità dell'aria ambiente ad integrazione o in sostituzione delle reti di monitoraggio è stato ribadito dal **D.Lgs. n° 351 del 04/08/1999, art. 4 comma 3 lett. b): [...]** *sono stabiliti per ciascun inquinante per il quale sono previsti un valore limite ed una soglia di allarme i criteri riguardanti l'uso di altre tecniche di valutazione della qualità dell'aria ambiente, in particolare la modellizzazione [...].* L'**art. 6** dello stesso **D.Lgs.** cita al **comma 3** che *la misurazione può essere completata da tecniche modellistiche per fornire un adeguato livello di informazione sulla qualità dell'aria ambiente, e al comma 5 che il solo uso di modelli o metodi di valutazione obiettiva [...] è consentito per valutare la qualità dell'aria ambiente allorché il livello risulti durante un periodo rappresentativo, al di sotto della soglia di valutazione inferiore stabilita ai sensi dell'art. 4 comma 3 lett. c).*

Infine la **L.R. n° 43 del 07/04/2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria"**, all'**art. n°7** indica che *la valutazione della qualità dell'aria ambiente viene realizzata attraverso l'utilizzo di [...] stime e modelli matematici.*

Da questo breve excursus si evidenzia come la tecnica modellistica sia passata attraverso una prima fase di test, atta a verificarne le potenzialità; come successivamente il suo impiego sia stato raccomandato nell'individuazione delle relazioni causa-effetto tra sorgenti e livelli di inquinamento

e come infine se ne sia fatto uno strumento di integrazione della rete di rilevamento capace di fornire risultati quantificabili.

In linea con quanto atteso dalla normativa attualmente vigente, le potenzialità delle applicazioni modellistiche possono essere così riassunte:

- possibilità di integrare la rete di monitoraggio di qualità dell'aria, diminuendo così il numero degli strumenti analitici e di conseguenza gli oneri di manutenzione della rete stessa;
- monitoraggio di una più vasta ed inaccessibile area rispetto alle misure puntuali;
- individuazione di zone omogenee di concentrazione di sostanze inquinanti;
- possibilità di tenere in considerazione i diversi fattori meteorologici che insistono nel dominio, inteso come area di studio, preso in esame.

INTRODUZIONE ALLA MODELLISTICA

La modellistica⁵ utilizza strumenti di calcolo fisici o matematici al fine di fornire una descrizione di un fenomeno complesso, in particolare la dispersione di inquinanti in atmosfera, e di facilitarne la comprensione.

Per affrontare uno studio di modellistica occorre individuare, in funzione dell'obiettivo che si vuole raggiungere, una serie di parametri:

- il periodo di osservazione e la risoluzione temporale;
- l'estensione del dominio spaziale;
- la determinazione delle grandezze meteorologiche;
- la tipologia dell'inquinante da prendersi in esame, (primario, secondario, tossico);
- la definizione delle modalità di emissione.

L'insieme delle suddette informazioni costituisce lo scenario di riferimento.

Al fine della ricostruzione dello scenario in esame sono attualmente disponibili diversi strumenti modellistici, caratterizzati da differenti modalità teoriche di approccio; è compito dell'operatore individuare quale sia lo strumento più idoneo per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato, tenendo conto dei dati e dei mezzi computazionali a disposizione.

I modelli applicati allo studio della qualità dell'aria detti in generale **modelli di dispersione**, possono essere distinti a seconda della capacità di trattare:

- le diverse fonti emissive (industriali, da traffico, diffuse);
- condizioni meteorologiche particolari come ad esempio le calme di vento;
- orografia semplice (terreno pianeggiante) o complessa (terreno con rilievi, discontinuità terra-mare);
- inquinanti inerti o reattivi in atmosfera.

Per avere una visione d'insieme di tali modelli se ne descrivono di seguito alcuni tra i più diffusi classificandoli in base all'approccio matematico utilizzato.

Una prima classificazione dei modelli si basa sull'espressione delle equazioni di diffusione in sistemi di riferimento differenti. Si parla quindi di modelli **lagrangiani** ed **euleriani**.

L'approccio euleriano fa riferimento ad un sistema di coordinate fisse rispetto al moto dell'inquinante, ma solidale con l'osservatore; quello lagrangiano ha come riferimento un sistema di coordinate solidale con il moto dell'inquinante e con l'osservatore.

Un'altra suddivisione classifica i modelli in statistici, stocastici e deterministici.

I modelli **statistici** partendo da osservazioni sperimentali risalgono alle leggi generali del fenomeno attraverso procedimenti di estrapolazione.

⁵ Bassanino M., Bertolaccini M. A., Brusasca G., Cirillo M. C., Finzi G., Fortezza F., Graziani G., Mamolini G., Marani A., Tamponi M., Tirabassi T. (1993) Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria – Istituto Superiore di Sanità, Roma - Rapporto ISTISAN 93/36.

Una classe di modelli statistici è costituita dai modelli **a ricettore**, che sono in grado di stabilire il contributo inquinante di ciascuna sorgente partendo dai valori di concentrazione misurati in un numero finito di punti (ricettori), senza la necessità di ricostruire il campo di concentrazioni in tutta l'area di studio. In questo tipo di modelli non vengono descritti i meccanismi chimico-fisici della dispersione.

I modelli stocastici associano ad una grandezza un processo casuale basandosi sulla base dei valori storici sperimentali assunti dalla stessa. Tali modelli sono quindi in grado di prevedere il valore futuro delle concentrazioni di inquinanti nei punti di monitoraggio che hanno misurato i valori storici.

Tra i modelli deterministici particolarmente utilizzati ricordiamo i gaussiani, quelli a puff e quelli a particelle.

Il modello **gaussiano** è molto diffuso a causa della sua relativa semplicità di utilizzo. Esso considera processi stazionari nei quali la velocità del vento sia costante nel tempo e nello spazio, il trasporto dovuto alla turbolenza trascurabile e l'emissione della sorgente costante nel tempo. Con questo tipo di approccio vengono bene descritte situazioni con emissioni puntiformi di sostanze non reattive, in terreno pianeggiante, su distanze fino a poche decine di chilometri.

I modelli a puff rappresentano un'evoluzione dei modelli gaussiani e a differenza dei precedenti sono in grado di simulare il comportamento degli inquinanti in condizioni meteorologiche ed emissive né omogenee né stazionarie.

Di particolare interesse tra i deterministici lagrangiani sono i modelli **a particelle** per via della loro semplicità concettuale, della capacità di modellare situazioni reali anche complesse (inversione di temperatura in quota, evoluzioni temporali, calma di vento, variazioni verticali di vento, etc.) e della possibilità di tenere conto dell'uso del suolo per la stima della turbolenza atmosferica.

Nel caso di modelli come quelli a puff e a particelle, in grado di gestire situazioni meteorologiche non stazionarie, sono necessari modelli **meteorologici** al fine di ricostruire l'andamento del vento sia al suolo, sia in quota all'interno della zona di studio (dominio).

I campi di vento tridimensionali così ricostruiti costituiscono l'informazione meteorologica di ingresso ai modelli di dispersione.

I modelli meteorologici si dividono in due categorie a seconda che la ricostruzione sia prognostica o diagnostica; i modelli **prognostici** partendo da una data situazione ad un certo istante forniscono come risultato la situazione futura; i modelli **diagnostici** più semplicemente mediante dati relativi a due o più momenti successivi forniscono come risultato l'andamento intermedio.

APPLICAZIONE MODELLISTICA PER LA VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DI INQUINANTI NELL'ALTA VAL DI SUSÀ CON PARTICOLARE ATTENZIONE ALL'AREA DEL TRAFORO DEL FREJUS

PREMESSA

Il lavoro che viene presentato è stato svolto nell'ambito del Progetto "Studio di modellistica applicata sulla Provincia di Torino" avviato nel corso del 1999.

A seguito dell'incidente occorso nel marzo 1999 all'interno del Traforo del Monte Bianco, che ne ha causato la chiusura, si è verificato un consistente incremento del traffico in transito sull'autostrada A32 Torino - Bardonecchia che permette il collegamento con la Francia attraverso il Traforo del Frejus.

Questo fatto ha suscitato notevole preoccupazione nella popolazione residente in prossimità dell'importante arteria autostradale nonché nelle amministrazioni locali nei confronti di due diversi problemi: l'impatto generato sulla popolazione e sull'ambiente dall'incremento del traffico autoveicolare e le conseguenze della ricaduta di inquinanti diffusi in atmosfera in caso di incidente all'interno del Traforo del Frejus.

Scopo del presente lavoro è stato pertanto quello di valutare l'impatto ambientale generato dall'aumento del traffico sul tratto autostradale compreso fra le barriere di Salbertrand e Bardonecchia nonché l'ambito territoriale interessato ad una ricaduta di inquinanti a seguito di un eventuale incidente all'interno del Traforo che comporti l'immissione in atmosfera di sostanze nocive per la salute.

APPROCCIO METODOLOGICO

Il problema della dispersione di inquinanti nell'area del Traforo del Frejus ha presentato difficoltà legate sia all'orografia particolarmente complessa del sito oggetto di studio che alle caratteristiche delle sorgenti emissive considerate. Questo ha fatto sì che la ricostruzione della diffusione degli inquinanti in atmosfera dovesse essere affrontata con strumenti modellistici in grado di ottimizzare l'informazione disponibile per una valutazione più precisa possibile rispetto alla situazione reale.

Lo studio ha previsto la conoscenza di un campo di vento tridimensionale, ricostruito sul dominio in esame partendo da misure di velocità e direzione del vento al suolo, da dati di vento in quota che possono essere forniti attraverso misure o analisi (queste ultime ottenibili da modelli meteorologici previsionali) ed informazioni relative all'orografia del sito. La conoscenza del campo di vento medio a scala locale è stata completata dalla ricostruzione della turbolenza atmosferica che determina il moto casuale responsabile della dispersione.

I campi tridimensionali di vento e turbolenza generati hanno costituito, insieme ai dati di emissione, l'input necessario al modello dispersivo che ha simulato dinamicamente l'evoluzione degli inquinanti in atmosfera, fornendo campi di concentrazione al suolo sul dominio studiato.

La ricostruzione del campo di vento è stata effettuata per due giornate test, scelte in modo tale da essere rappresentative delle condizioni meteorologiche della zona studiata e al tempo stesso, significative dal punto di vista della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

L'aspetto diffusivo dello studio è stato affrontato secondo due aspetti distinti, il primo legato al problema del traffico veicolare, il secondo all'ipotetico scenario incidentale.

Nel caso dello studio dell'impatto da traffico, le informazioni relative alle sorgenti sono costituite dalle caratteristiche del tratto autostradale compreso fra le barriere di Salbertrand e Bardonecchia (flussi di traffico e loro variabilità temporale, caratteristiche geometriche dell'arteria stradale considerata) e come inquinanti si sono considerati gli ossidi di azoto. Ci si è avvalsi inoltre del supporto fornito dai dati rilevati nel corso della prima campagna di monitoraggio effettuata con l'Unità Mobile gestita dal Dipartimento di Grugliasco dell'A.R.P.A. e finalizzata alla valutazione della qualità dell'aria in prossimità della cittadina di Bardonecchia.

Nel caso della simulazione relativa allo scenario incidentale le caratteristiche tecniche delle sorgenti sono state dedotte dalle specifiche costruttive fornite dalla società che gestisce il Traforo autostradale del Frejus (SITAF S.p.A.) relative alle centrali di ventilazione presenti in territorio italiano. Per quanto riguarda i termini di emissione non si è considerato un inquinante specifico ma si è ritenuto più opportuno stimare un fattore di diluizione rispetto ad una emissione unitaria, non essendo realisticamente possibile fare ipotesi su quali possano essere gli inquinanti emessi in atmosfera in caso di incidente all'interno del tunnel.

Per la realizzazione di questo studio sono stati utilizzati i seguenti codici:

- RELIEF, per la creazione del file orografico estratto da un file topografico DTM ("Digital Terrain Model");
- ADSO, per la gestione dei dati meteorologici ed orografici e la loro preparazione in un formato compatibile con il modelli MINERVE e SPRAY;
- MINERVE, modello Euleriano diagnostico per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale su orografia complessa;
- TURKEY, preprocessore in grado di generare un campo di turbolenza spazialmente non uniforme e temporalmente non stazionario;

- EMIGRA, modello che implementa la metodologia COPERT-II per il calcolo delle emissioni di inquinanti in atmosfera a partire da informazioni relative al traffico veicolare; permette di costruire il set di dati di input richiesti dal modello diffusionale SPRAY;
- SPRAY, modello di dispersione Lagrangiano a particelle su terreno complesso per la valutazione dei campi di concentrazione degli inquinanti studiati sul dominio in esame;
- SAVI 3D, processore grafico per la visualizzazione dei campi di vento e concentrazione sul dominio scelto.

Sono stati inoltre utilizzati i postprocessori grafici CINGRAPH e SURFER a completamento della visualizzazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate.

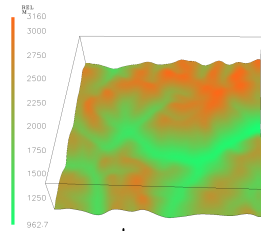
Le elaborazioni sono state condotte su Work Station UNIX e su Personal Computer.

In FIGURA 40 è riportato il diagramma di flusso adottato nello svolgimento dello studio illustrato.

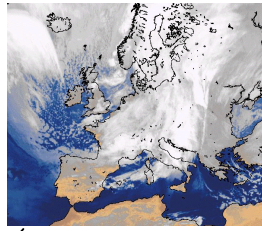
RETI DI MONITORAGGIO



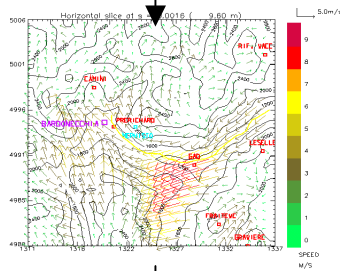
OROGRAFIA



MODELLI PREVISIONALI A SCALA SINOTTICA



MINERVE



CAMPI DI VENTO 3D

DATI DI TRAFFICO



USO DEL SUOLO



EMIGRA

SPRAY

MAPPE DI CONCENTRAZIONE E PARTICELLE

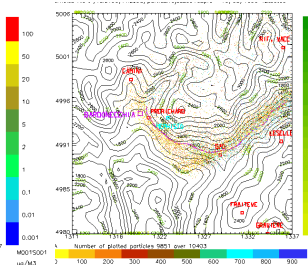
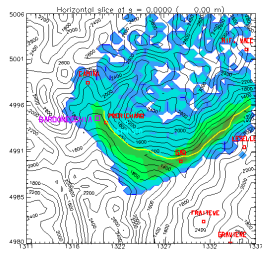


FIGURA 40: diagramma di flusso.

ANALISI DEI DATI

Il dominio di calcolo

Il dominio di calcolo utilizzato nel corso delle simulazioni è stato scelto in modo tale da soddisfare le esigenze di entrambe le applicazioni del modello dispersivo (scenario relativo all'inquinamento da traffico veicolare e scenario relativo ad un'ipotesi incidentale).

Si è pertanto fatto in modo che l'area in esame comprendesse il tratto autostradale compreso fra le barriere di Salbertrand e Bardonecchia ed il tratto di traforo presente in territorio italiano con le due centrali di ventilazione denominate in seguito *interna* ed *esterna*. Inoltre, a causa della complessità orografica che caratterizza l'area oggetto di studio ed ai fini di una ricostruzione del campo di vento più corretta, il dominio è stato esteso a nord ed ad ovest in modo tale da comprendere il versante francese delle Alpi Cozie.

Il dominio di interesse è quindi risultato essere un parallelepipedo di altezza pari a 5000 metri e di base quadrata di lato 26 chilometri, il cui estremo inferiore sinistro ha coordinate Lat-Long (44.9192 - 6.6076).

La zona è approssimativamente centrata sul bacino della Dora di Bardonecchia, prosegue ad est fino alla sua confluenza nella Dora Riparia nei pressi di Oulx e più a valle a comprendere l'abitato di Exilles. Ad ovest comprende, in territorio italiano, le vallate che si congiungono in corrispondenza di Bardonecchia (il Vallone di Rochemolles, la Valle del Frejus, la Valle della Rhô e la Valle Stretta), mentre a sud segue il corso della Dora Riparia per terminare in prossimità di Cesana Torinese.

Ai fini della trattazione modellistica il dominio deve essere discretizzato (ossia suddiviso) nelle tre dimensioni. Un buon compromesso fra dimensioni reali del dominio, risoluzione topografica ed orografica soddisfacente e tempi di calcolo contenuti si è ottenuto, nel caso in esame, utilizzando una risoluzione spaziale di 500 metri lungo gli assi orizzontali.

Il dominio è stato suddiviso verticalmente in 21 livelli, il primo dei quali posto a 10 metri sopra il suolo, altezza alla quale vengono solitamente misurati velocità e direzione del vento nelle stazioni di rilevamento al suolo. Le quote corrispondenti ai livelli successivi sono state scelte in modo tale che il grigliato presenti spaziatura crescente con la quota, in modo tale da ottenere una ricostruzione più dettagliata degli strati atmosferici posti nelle vicinanze del suolo limitando, al tempo stesso, i tempi di calcolo.

Il grigliato verticale del dominio è stato espresso in un sistema di coordinate detto *terrain following*, nel quale i livelli del grigliato seguono sempre più l'andamento della topografia sottostante a mano a mano che dal *top* del dominio ci si avvicina al suolo.

L'orografia del dominio

L'informazione orografica è stata ottenuta da un database contenente l'orografia dell'Italia estesa con i dati di confine relativi alla Francia ed avente risoluzione spaziale media di 250 metri e georeferenziazione dei dati altimetrici.

Da questo database è stata selezionata un'area limitata, comprendente il sito in esame; visto che per le esigenze di studio la risoluzione finale sarebbe dovuta risultare di 500 metri, la matrice orografica è stata successivamente processata con RELIEF, programma in grado di effettuare un'operazione di filtraggio dell'orografia tale da smussare le pendenze eccessivamente elevate, ma al tempo stesso di preservare le informazioni più dettagliate che andrebbero perse se si procedesse ad un semplice campionamento nel passaggio ad una risoluzione inferiore.

L'orografia, coincidente con la base del dominio, è rappresentata da una funzione continua detta $z_g(x,y)$ che per ogni coppia di punti (x,y) del dominio esprime la quota rispetto al livello del mare.

L'orografia del dominio studiato presenta altimetria minima e massima rispettivamente pari a 955 e 3160 metri.

Nella FIGURA 41 è riportata la rappresentazione tridimensionale del dominio utilizzato nella realizzazione delle simulazioni.

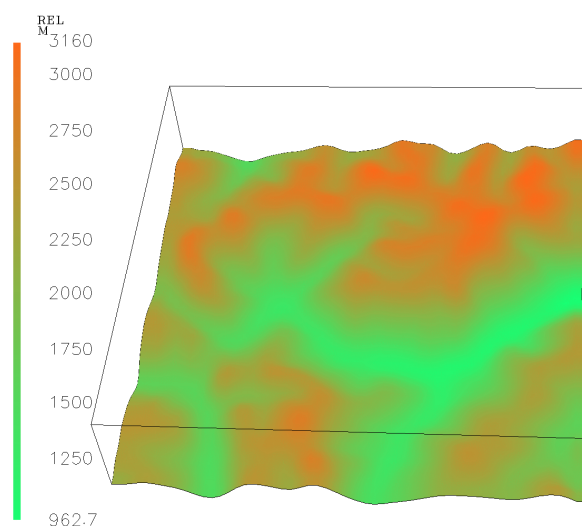


FIGURA 41: ricostruzione tridimensionale dell'orografia del sito citato.

I dati meteorologici

I dati meteorologici necessari per le simulazioni sono costituiti da misure delle principali grandezze meteorologiche al suolo (velocità e direzione del vento, temperatura, radiazione solare, pressione) e da misure di profili di velocità e direzione del vento in quota. Tali dati sono utilizzati nella ricostruzione dei campi tridimensionali di vento con MINERVE e di turbolenza con TURKEY.

Nell'area considerata sono stati utilizzati pertanto i dati registrati presso le stazioni della Rete di Monitoraggio del Settore Meteoidrografico della Regione Piemonte e un profilo di vento verticale elaborato dal modello previsionale ad area limitata MEPHISTO.

Nella TABELLA 51 è riportato l'elenco dettagliato delle stazioni della rete regionale i cui dati sono stati impiegati per la ricostruzione dei campi di vento, con la relativa georeferenziazione. La cadenza temporale alla quale sono forniti i dati varia con la grandezza considerata (30 minuti per temperatura e pressione; 10 minuti per radiazione solare, velocità e direzione vento); avendo deciso di lavorare con il modello diagnostico su base oraria sono stati calcolati i valori medi orari per ognuna delle grandezze meteorologiche utilizzate. Nella FIGURA 42 e FIGURA 43 è riportato il dominio in esame e la localizzazione delle stazioni meteorologiche i cui dati sono stati utilizzati nel corso delle simulazioni.

POSTAZIONE	COMUNE	COORDINATE GEOGRAFICHE	
		LATITUDINE	LONGITUDINE
CAMINI FREJUS	BARDONECCHIA	45° 6' 51"	6° 41' 23"
PRERICHARD	BARDONECCHIA	45° 4' 27"	6° 43' 04"
GAD	OULX	45° 2' 13"	6° 49' 35"
GRAVIERE	SALBERTRAND	45° 4' 21"	6° 53' 48"
LE SELLE	SALBERTRAND	45° 3' 11'	6° 55' 03"
RIFUGIO VACCARONE	GIAGLIONE	45° 09' 09"	6° 55' 01"
MONTE FRAITEVE	SESTRIERE	44° 58' 35"	6° 51' 42"

TABELLA 51: localizzazione stazioni di monitoraggio rete di rilevamento regionale.

Per quanto riguarda i profili verticali di vento all'interno del dominio scelto è presente un unico punto fornito dal modello MEPHISTO, avente coordinate Lat-Long pari a (45.171 - 6.743). Il dato è fornito a cadenza esararia; è stato pertanto necessario procedere ad interpolazione al fine di riportare i dati disponibili su base oraria.

I dati di input forniti al preprocessore TURKEY (radiazione solare, temperatura e pressione) sono quelli relativi alla stazione di Gad.

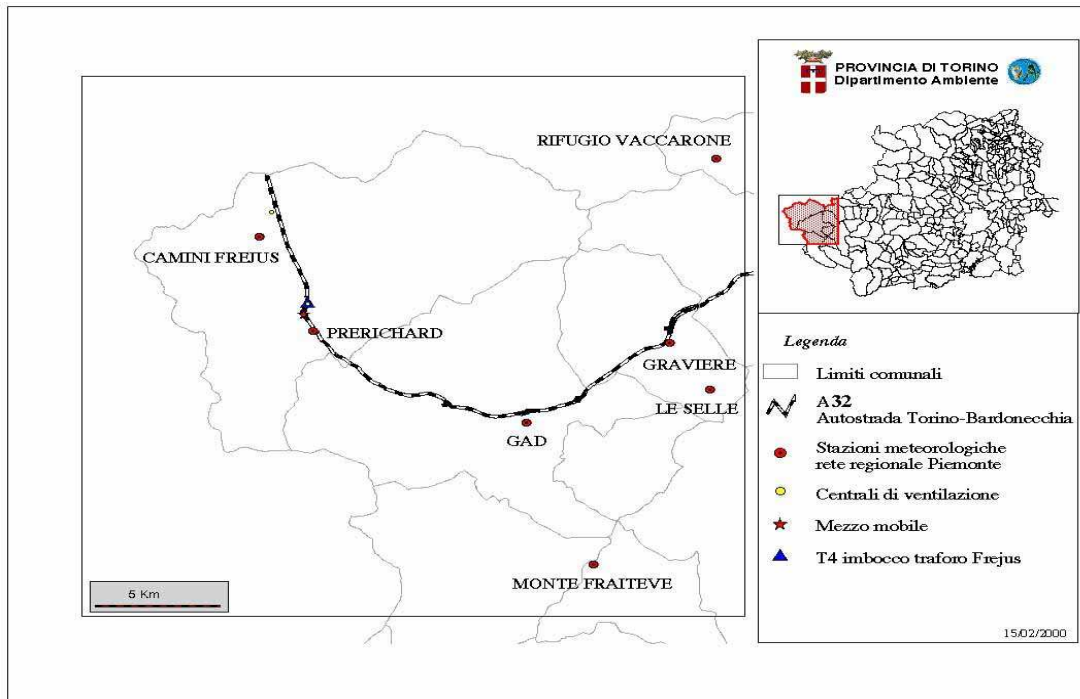


FIGURA 42: il dominio in esame.

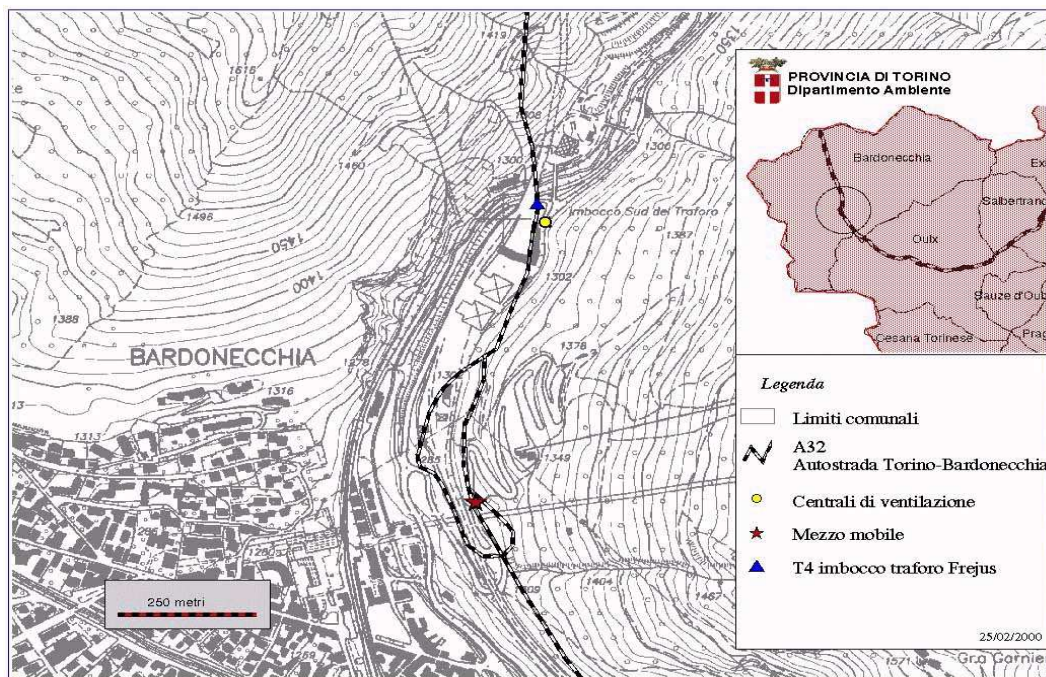


FIGURA 43: il dominio in esame – dettaglio dell'area in prossimità dello svincolo autostradale a Bardonecchia.

La campagna di monitoraggio con unità mobile

Nei periodi compresi tra il 19 aprile e il 20 maggio 1999 e tra il 2 dicembre 1999 e l'11 gennaio 2000 sono state effettuate due campagne di monitoraggio della qualità dell'aria a Bardonecchia, utilizzando l'Unità Mobile.

Nel corso di tali campagne l'Unità Mobile (FIGURA 44) è stata posizionata in prossimità dello svincolo dell'autostrada A32 a Bardonecchia (FIGURA 43).



FIGURA 44: l'Unità Mobile a Bardonecchia nel corso della campagna invernale.

I risultati ottenuti mostrano come, nel corso di entrambe le campagne di monitoraggio, non si siano verificati superamenti dei limiti di legge relativi al breve periodo (livelli di attenzione ed allarme) e fa presupporre che non vi sia rischio di superamento degli standard di qualità dell'aria, anche se per la valutazione di questi ultimi il monitoraggio dovrebbe essere protratto per periodi più lunghi e pertanto le campagne condotte possono in tal senso essere utilizzate solamente come termine di riferimento.

Ai fini dello studio modellistico sono stati utilizzati i soli dati relativi alla prima delle due campagne, in quanto al momento della sua realizzazione i dati della seconda campagna non erano ancora disponibili.

L'individuazione delle giornate test per le simulazioni è stata effettuata utilizzando le informazioni relative al numero di transiti alla barriera di Bardonecchia confrontandoli con le misure degli inquinanti direttamente correlabili con il traffico veicolare e tenendo conto della situazione meteorologica presente nel corso della campagna, attraverso lo studio comparato dei valori assunti dalle grandezze meteorologiche misurate presso l'Unità Mobile e le stazioni di monitoraggio della Regione Piemonte.

I dati di transito e il parco autoveicoli

I dati di transito utilizzati nel corso delle elaborazioni sono stati forniti dalla società che gestisce il tratto autostradale considerato ed il traforo del Frejus, la SITAF S.p.A..

Le informazioni sono rappresentate dai passaggi orari, distinti per senso di marcia, dei veicoli alle barriere di Salbertrand e del Frejus. La classificazione per i veicoli è diversa fra le due barriere e tiene conto della diversa tipologia di pedaggio pagato: autostradale a Salbertrand e per l'ingresso al tunnel del Frejus a Bardonecchia.

Al fine di un confronto fra i dati e di un corretto utilizzo degli stessi nel calcolo dei fattori di emissione per la simulazione relativa al traffico stradale è stato necessario aggregare le informazioni in classi omogenee. Nella TABELLA 52 è riportata l'indicazione della suddivisione originale dei dati e di come questi sono stati aggregati per il calcolo dei fattori di emissione.

SITO	CLASSIFICAZIONE VEICOLI ADOTTATA DA SITAF	CLASSIFICAZIONE PER CALCOLO FATTORI EMISSIONE
SALBERTRAND	Classe A Auto e moto	Veicoli leggeri
	Classe B Veicoli con altezza al 2° asse superiore a m 1.20	Veicoli commerciali leggeri
	Classe 3 Veicoli con 3 assi	Veicoli pesanti
	Classe 4 Veicoli con 4 assi	
	Classe 5 Veicoli con 5 assi	
FREJUS	Veicoli leggeri	Veicoli leggeri
	Veicoli pesanti	Veicoli pesanti
	Autobus	

TABELLA 52: suddivisione dei veicoli in classi.

Per quanto riguarda la classe dei veicoli commerciali leggeri, mancante nella classificazione dei passaggi al Frejus, i dati sono stati dedotti come frazione del numero di veicoli leggeri transitati alla barriera di Bardonecchia tenendo conto della percentuale di mezzi aventi caratteristiche analoghe a quelle di classe B all'interno del parco vetture circolante sul territorio provinciale al luglio 1999.

I dati relativi al parco vetture sono stati forniti dalla Regione Piemonte che ha elaborato le informazioni dell'Automobile Club Italia.

Le giornate test

Il confronto delle concentrazioni rilevate dalla stazione mobile nel corso della prima campagna con i dati di traffico rilevati alla barriera di Bardonecchia ha permesso di individuare un numero limitato di giornate ritenute interessanti ai fini delle simulazioni modellistiche. Un successivo confronto con i valori assunti dalle grandezze meteorologiche misurate sia dall'Unità Mobile che presso le stazioni della Rete Regionale situate nel dominio di studio ha limitato ulteriormente la scelta alle due giornate del 9 e 10 maggio 1999.

Fra i vari inquinanti monitorati si è deciso di utilizzare ai fini del confronto e per le successive simulazioni modellistiche gli ossidi di azoto in quanto direttamente legati al traffico veicolare.

L'elaborazione dei dati di traffico forniti dalla SITAF S.p.A. su un intervallo temporale che copre il periodo compreso fra l'8 marzo 1999 ed il 24 maggio 1999 per la determinazione della settimana media calcolata sui periodi temporali antecedente e successivo alla chiusura del tunnel del Monte Bianco, ha permesso di evidenziare il fatto che successivamente alla giornata del 24 marzo 1999 (data dell'incidente) l'incremento nel numero dei passaggi è, per la maggior parte, attribuibile ai mezzi pesanti, in particolare nel corso dei giorni feriali (FIGURA 45 e FIGURA 46).

È sembrato pertanto interessante simulare un intervallo temporale che comprendesse un giorno festivo, con traffico prevalentemente leggero, ed un giorno feriale, caratterizzato da un numero elevato di passaggi di mezzi pesanti.

Nei grafici seguenti (FIGURA 47 e FIGURA 48) sono riportati i confronti fra le concentrazioni di ossidi di azoto (NO_x) ed il numero di transiti orari per entrambi i sensi di marcia alla barriera di Bardonecchia suddivisi per veicoli pesanti (autobus compresi) e leggeri nelle giornate test.

Dalle immagini riportate risulta evidente come nel corso della giornata domenicale il contributo prevalente alla concentrazione di NO_x sia attribuibile al transito dei veicoli leggeri, mentre nella notte fra domenica e lunedì l'incremento nelle concentrazioni misurate sia attribuibile alla ripresa della circolazione dei mezzi pesanti.

Le giornate considerate sono caratterizzate da tempo sereno e soleggiato, con venti locali a regime di brezza.

Per una corretta caratterizzazione meteorologica di un sito al fine della previsione dell'influenza delle emissioni locali sulla qualità dell'aria è necessaria, oltre all'esame degli andamenti su lungo periodo dei principali parametri meteorologici, una descrizione delle diverse circolazioni che si verificano a scala sinottica (definita come scala spaziale avente ordine di grandezza di 10^6 m) e della loro occorrenza. Vengono a tal fine definiti i "tipi di tempo", cioè una schematizzazione delle configurazioni meteorologiche più ricorrenti a livello sinottico, rilevate dalle carte isobariche a 850hPa, cui sono state assegnate attraverso un esame empirico⁶, le frequenze di occorrenza.

Nel corso di questo studio, pur non avendo proceduto ad una caratterizzazione meteorologica del sito si è ritenuto opportuno verificare l'occorrenza e la tipologia delle situazioni meteorologiche che si sono presentate nel corso della prima campagna di monitoraggio con Unità Mobile, indirizzando la scelta delle giornate test in modo tale da farle coincidere con tipi di tempo significativi come numero di accadimenti.

L'esame del campo barico che caratterizza il tipo di tempo risultato più frequente nel periodo considerato, mostra la presenza di un'area depressionaria sull'Europa settentrionale e di un'area di alte pressioni sul bacino mediterraneo. Tale configurazione determina correnti occidentali, moderatamente ondulate e perturbate che interessano principalmente le regioni settentrionali italiane. A seconda della componente meridiana del vento, determinata dalla curvatura ciclonica o anticiclonica presente sull'Italia, al suolo si vengono ad alternare condizioni di cielo sereno a condizioni di variabilità.

Tale tipo di tempo si è verificato con una frequenza pari al 37.5% nel corso della campagna di monitoraggio. Da elaborazioni condotte dall'ENEL nel corso degli anni 1992÷1994 emerge inoltre che tale tipo di tempo risulta essere il più frequente in tutte le stagioni dell'anno fatta eccezione per il periodo estivo quando la configurazione più frequente risulta essere quella caratterizzata da un campo di alta pressione livellato che occupa tutto il bacino del Mediterraneo. Tale situazione determina al suolo condizioni di cielo sereno e circolazione debole che permette lo sviluppo di correnti di brezza lungo le coste e sui rilievi. Nella FIGURA 49 sono riportati i grafici dei parametri meteorologici rilevati dall'Unità Mobile presso l'imbocco del traforo del Frejus durante il 9 e 10 maggio 1999.

⁶ Borghi, Giuliacci, 1979; Giuliacci, 1985

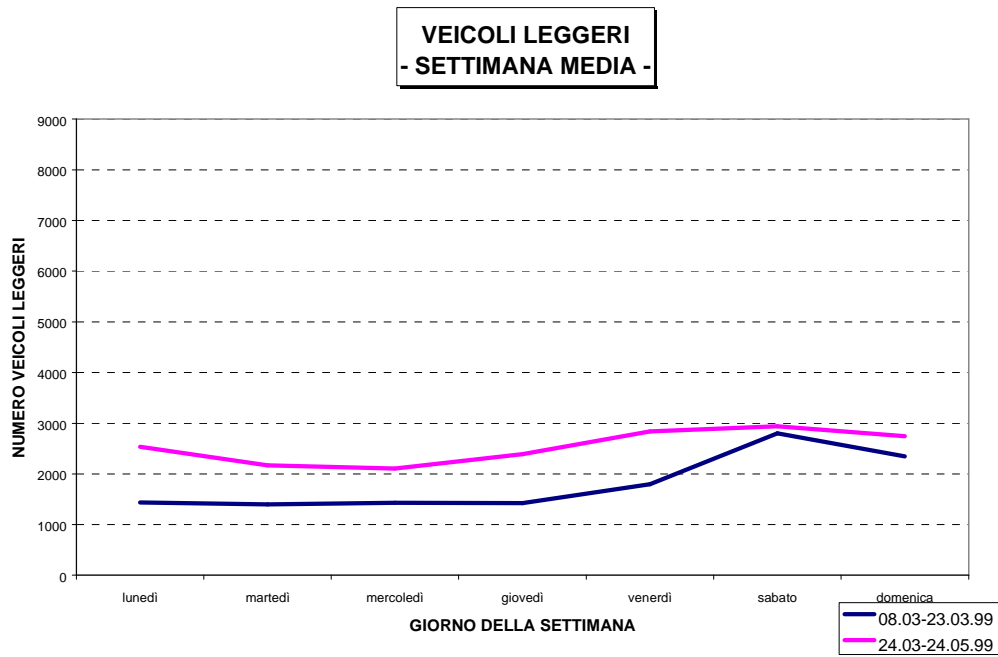


FIGURA 45: settimana media - numero di passaggi veicoli leggeri al Traforo del Frejus.

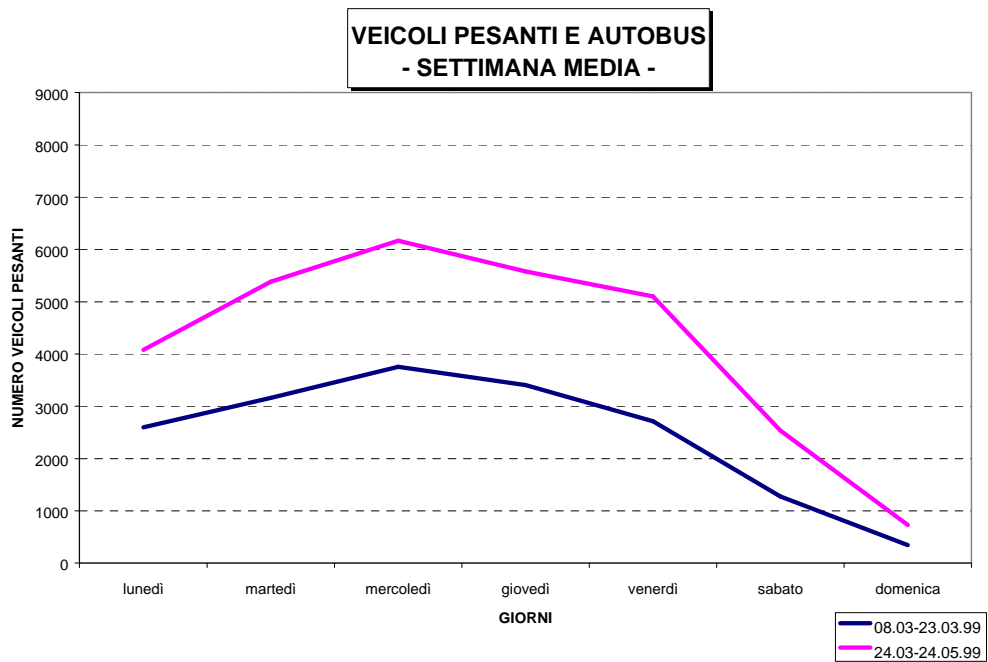


FIGURA 46: settimana media - numero di passaggi veicoli pesanti ed autobus al Traforo del Frejus.

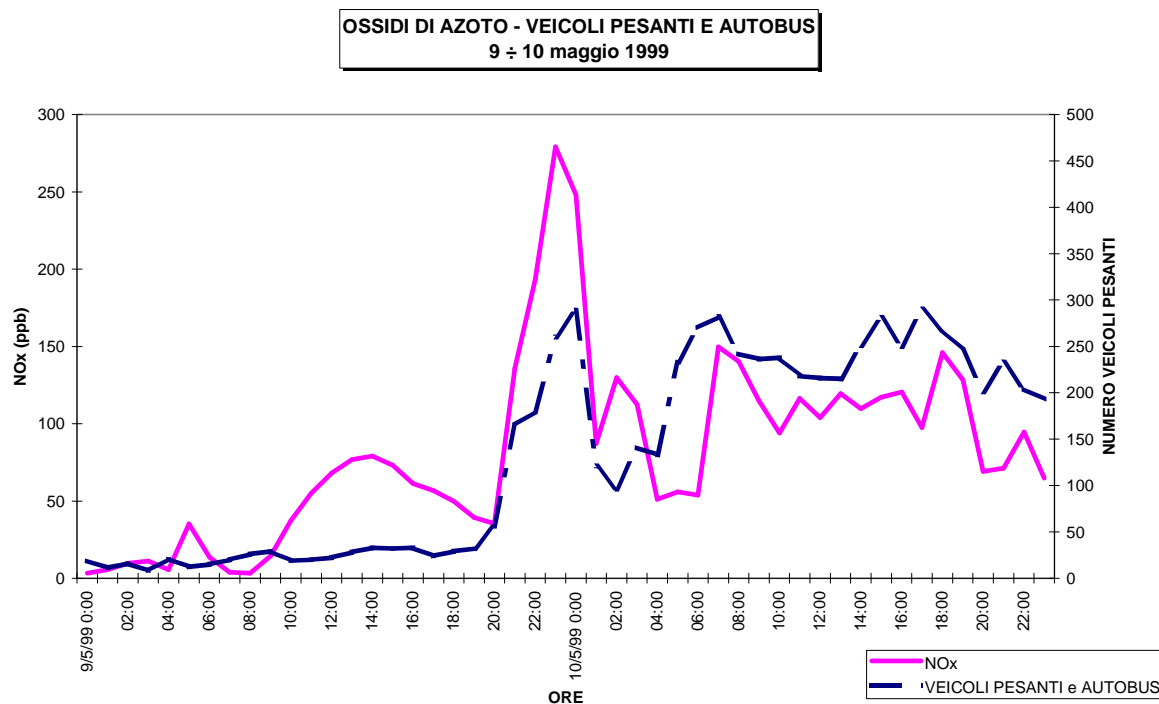


FIGURA 47: confronto ossidi di azoto - numero di passaggi veicoli pesanti ed autobus al Traforo del Frejus.

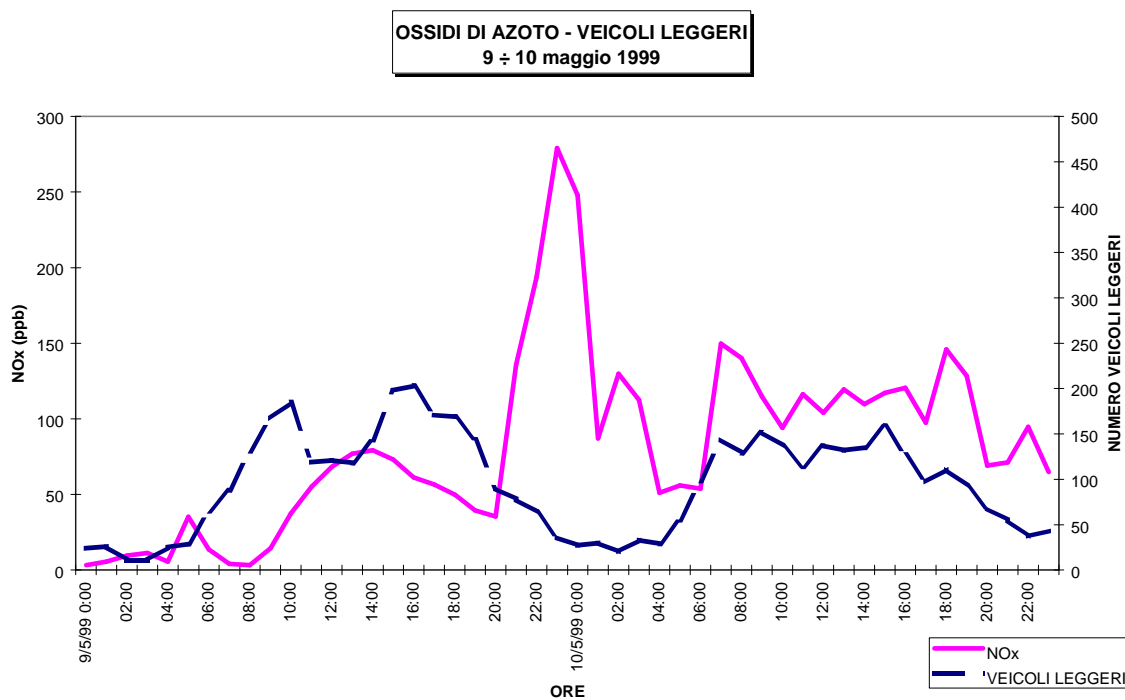


FIGURA 48: confronto ossidi di azoto - numero di passaggi veicoli leggeri al Traforo del Frejus.

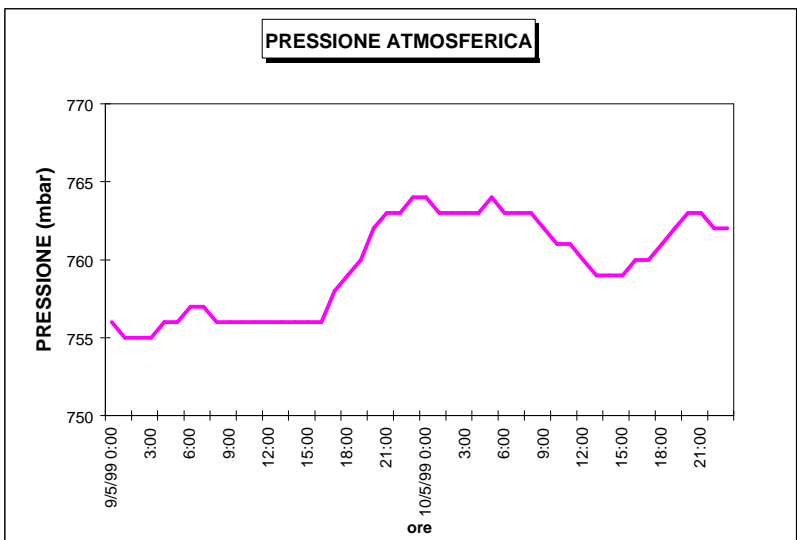
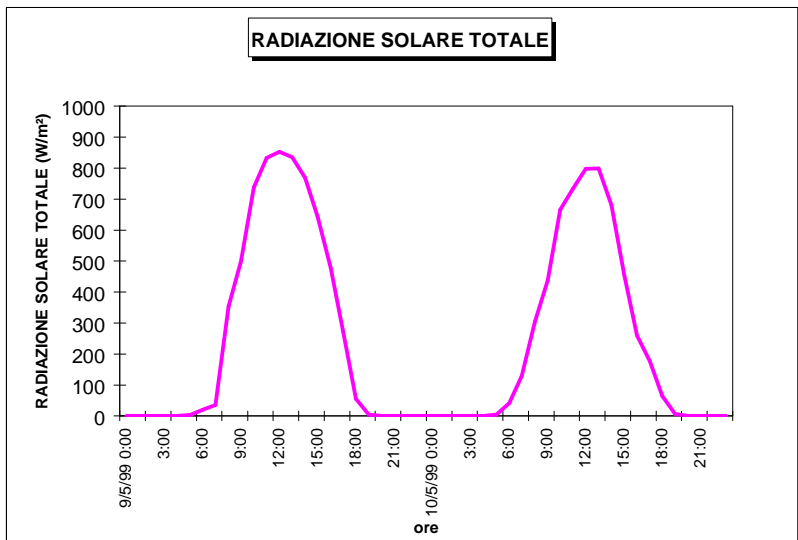
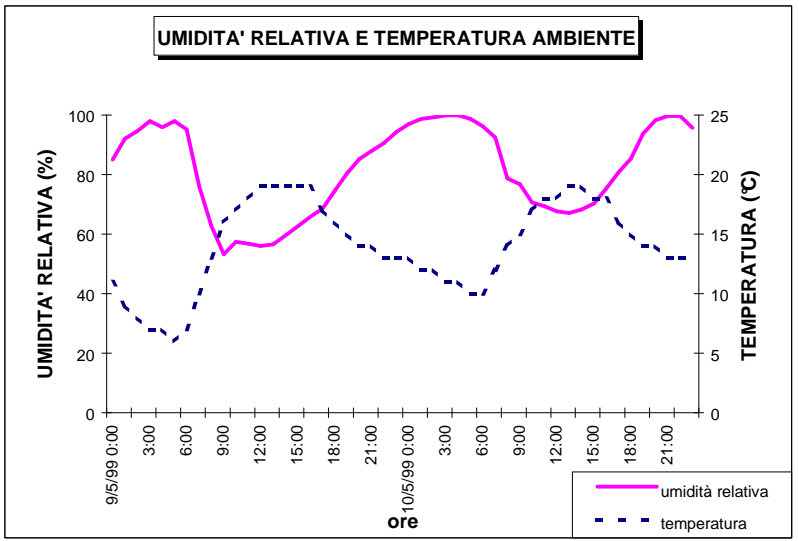
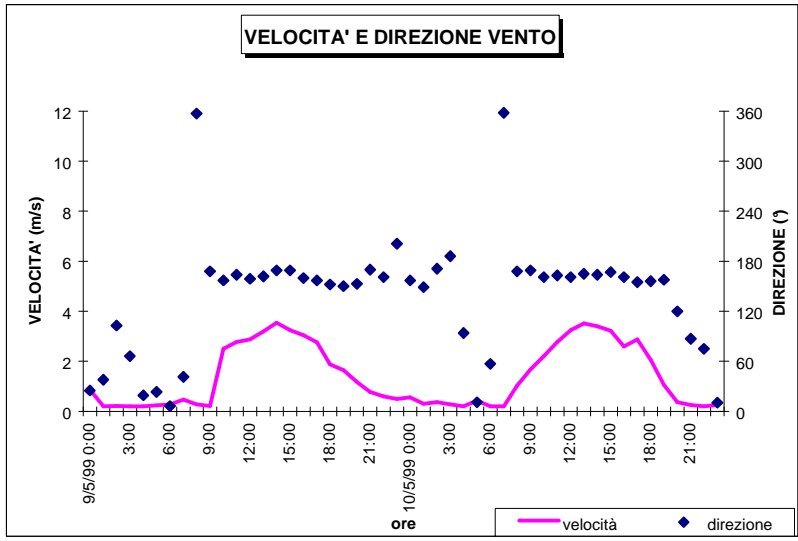


FIGURA 49: valori delle grandezze meteorologiche registrati dall'Unità Mobile nelle giornate 9 e 10 maggio 1999.

RICOSTRUZIONE DEI CAMPI DI VENTO CON IL CODICE MINERVE

MINERVE⁷ è un modello meteorologico diagnostico in grado di ricostruire il campo di vento tridimensionale in un dominio caratterizzato da topografia complessa, che opera essenzialmente in due fasi:

- nella prima effettua l'interpolazione sul dominio numerico tridimensionale dei dati di vento forniti in input;
- nella seconda applica il principio fluidodinamico di conservazione della massa ad ogni cella del dominio e produce un campo di vento definito aggiustato.

L'interpolazione può essere effettuata in diversi modi, scegliendo i tipi di equazioni matematiche da utilizzarsi all'interno del codice in base al singolo caso in esame.

Non integrando equazioni prognostiche, il codice MINERVE non effettua previsioni future del campo di vento, ma realizza una ricostruzione diagnostica rappresentativa di intervalli di tempo durante i quali sono disponibili misure locali.

Per quanto precedentemente descritto la fase iniziale nella ricostruzione del campo anemologico risulta particolarmente delicata. È inoltre importante ricordare come la qualità dei risultati dipenda dalla configurazione spaziale dei punti di misura all'interno del dominio e quindi dalla scelta dei parametri più adatti alla distribuzione delle misure nell'area studiata.

Al fine di ottimizzare l'interpolazione si è proceduto a prove di sensitività che hanno permesso di individuare il set di parametri che fornissero il risultato migliore. Il criterio di valutazione della bontà del metodo si basa sulla conservazione dei dati nei punti di misura; questo significa che l'interpolazione è ottimale se il campo di vento aggiustato (cioè a divergenza nulla) riproduce in modo fedele le misure fornite in ingresso.

Di seguito (FIGURA 50, FIGURA 51, FIGURA 52 e FIGURA 53) sono riportate le immagini dei campi di vento ottenuti alle ore 01:00 e 13:00 nei due giorni di simulazione nelle vicinanze del suolo (ad una quota di circa 10 metri, coincidente con la quota alla quale vengono effettuate le misure anemometriche nelle stazioni meteorologiche della rete regionale) ed a 1200 metri dal suolo. È da sottolineare il fatto che le visualizzazioni corrispondono ad una proiezione del vettore velocità su uno dei livelli del grigliato come espresso attraverso le coordinate terrain-following e non ad una quota costante rispetto al livello del mare.

Dal loro esame è possibile notare come il modello sia in grado di considerare la diversa informazione proveniente dai dati di vento misurati al suolo, che tengono conto di una circolazione a scala locale influenzata dalla conformazione orografica del sito, e dei dati in quota, che rappresentano la situazione a scala sinottica.

RICOSTRUZIONE DELLA TURBOLENZA CON IL CODICE TURKEY

Il preprocessore TURKEY genera un campo di turbolenza tridimensionale a partire da misure al suolo relative ad alcune delle principali grandezze meteorologiche e da informazioni dedotte dall'utilizzo del suolo (land-use). In funzione del tipo di suolo e del periodo dell'anno il modello BATS⁸ (Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme) assegna i valori ai seguenti parametri, utilizzati dal codice nella determinazione della turbolenza:

- rugosità del terreno z_0 : è una indicazione dell'altezza media degli ostacoli, coincidente con la quota al di sopra del terreno alla quale, a causa delle asperità del terreno, la velocità media del vento è nulla;
- albedo: è il rapporto fra la quantità di radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre e la quantità totale di energia solare incidente;

⁷ Geai, P. (1987) *Methodes d'interpolation et de reconstitution tridimensionnelle d'un champ de vent: le code d'analyse objective MINERVE*. Technical Report EDF-DER 1987, Chatou, France – Ref: HE 34-87.03.

⁸ Dickinson, R.E., Henderson-Sellers A., Kennedy P.J. (1993) *Biosphere Atmosphere Transfer Scheme (BATS) Version 1e* - NCAR Technical Note – United States

- rapporto di Bowen: è il rapporto fra il flusso di calore sensibile (cioè l'energia trasferita da o verso il terreno ad una massa d'aria grazie al moto turbolento verticale) ed il flusso di calore latente (cioè il flusso di energia necessario a determinare l'evaporazione dell'acqua presente sulla superficie terrestre).

Nella TABELLA 53 è riportata la classificazione di uso del suolo con associati i valori di z_0 , albedo e rapporto di Bowen utilizzati nelle simulazioni; per quanto riguarda quest'ultima grandezza sono riportati i soli valori assunti nel periodo primaverile, coincidente con le giornate test.

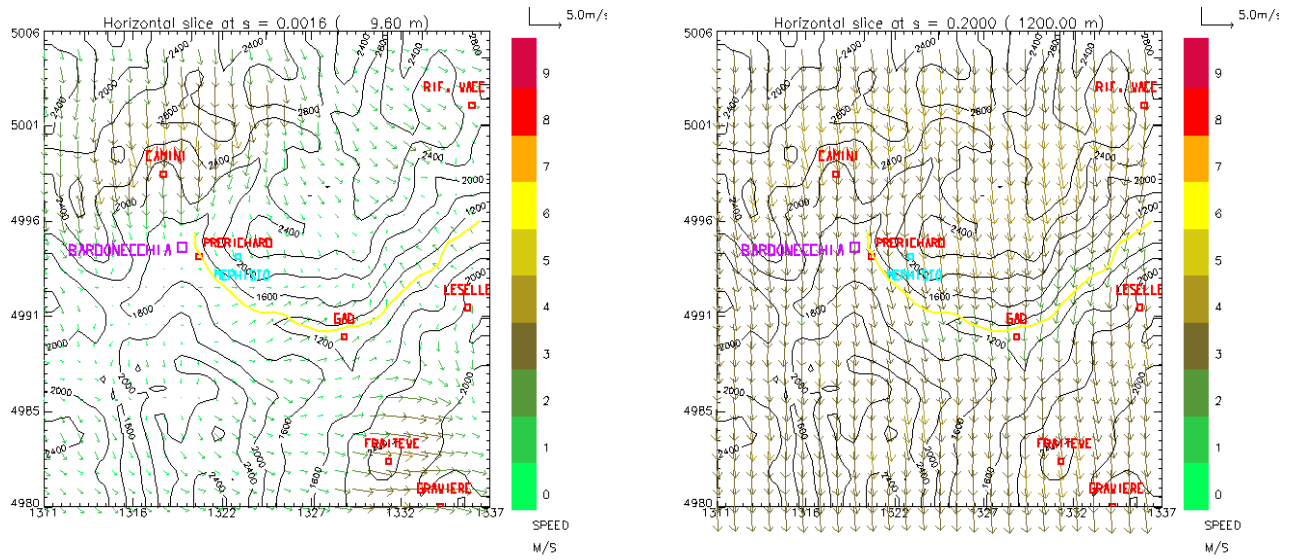


FIGURA 50: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 9/05/1999 - ore 01:00.

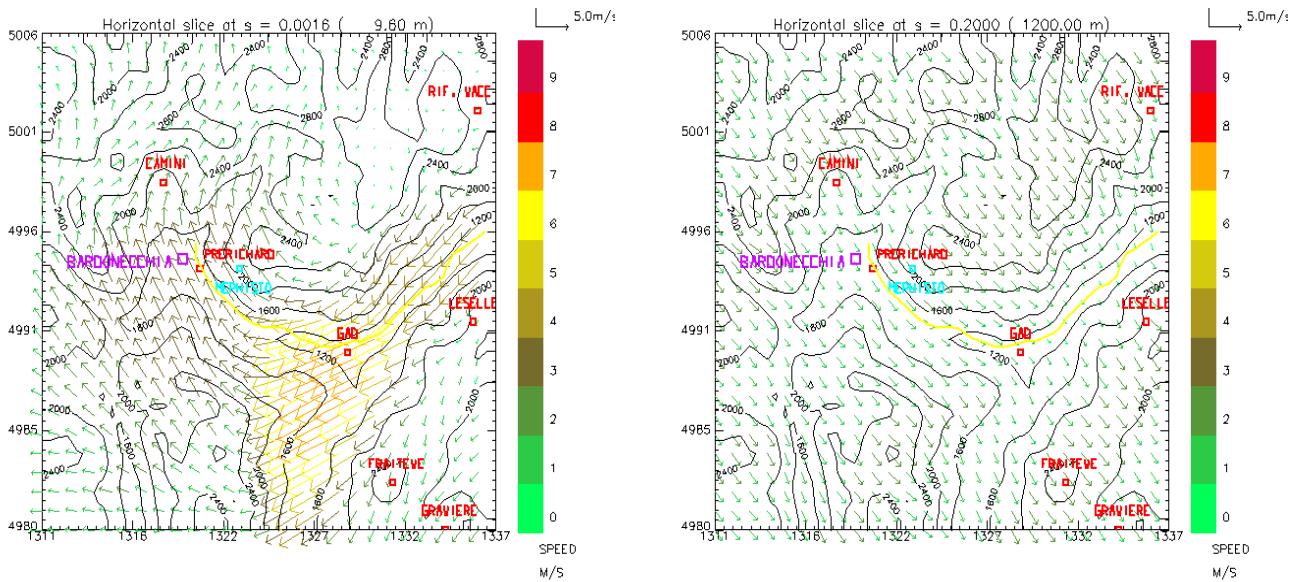


FIGURA 51: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 9/05/1999 - ore 13:00.

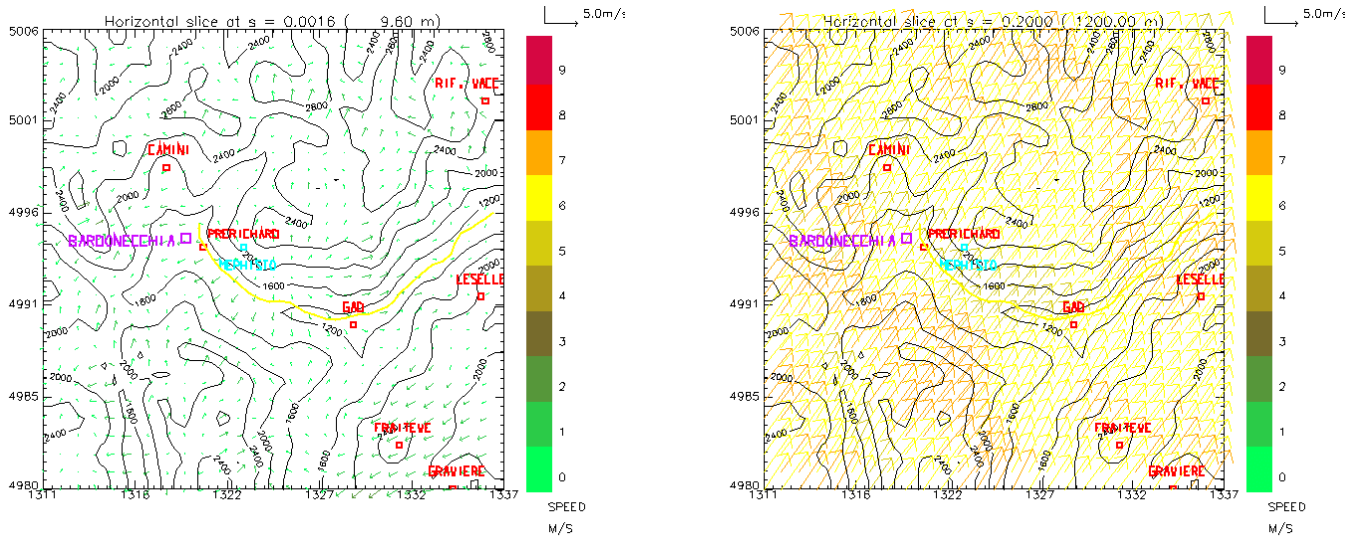


FIGURA 52: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 10/05/0999 - ore 01:00.

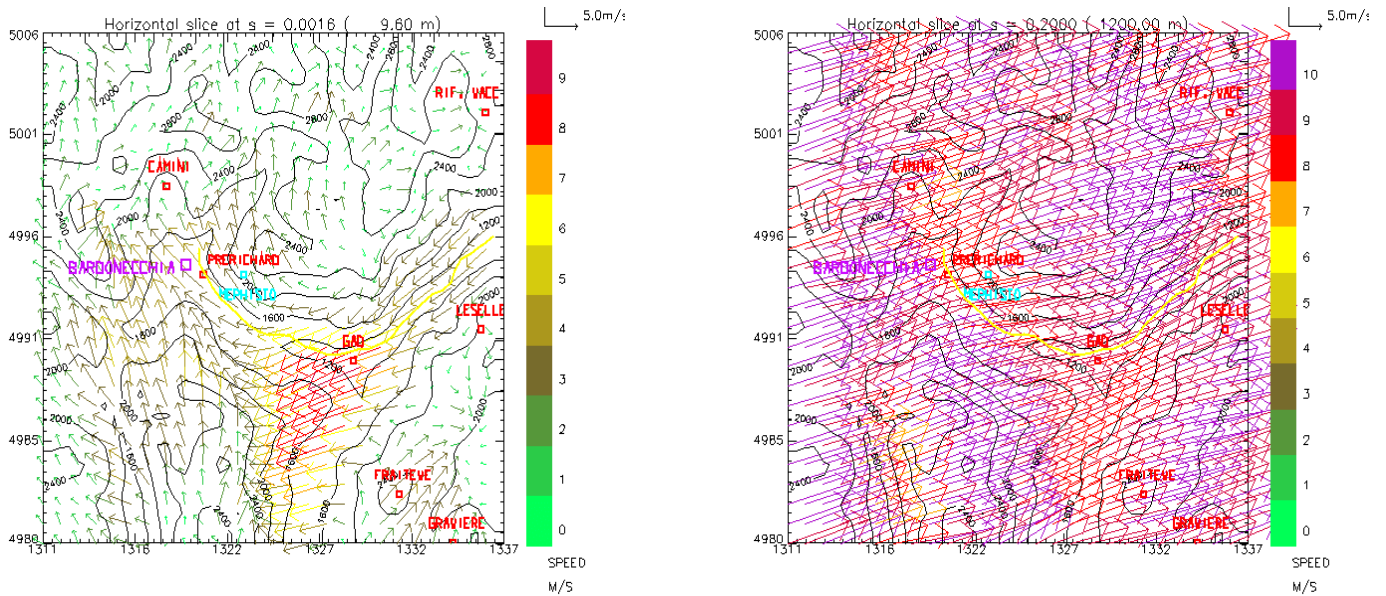


FIGURA 53: ricostruzione del campo di vento a 10 m dal suolo ed in quota (1200 m dal suolo) - 10/05/0999 - ore 13:00.

CLASSI DI USO DEL SUOLO		ALTEZZA DI RUGOSITA' (m)	ALBEDO	BOWEN RATIO
1	Coltivazioni estensive	0.06	0.2	0.3
2	Prato erba bassa	0.02	0.26	0.4
3	Aghifoglie sempreverdi	1	0.1	0.7
4	Aghifoglie decidue	1	0.1	0.7
5	Latifoglie decidue	0.8	0.2	0.7
6	Latifoglie sempreverdi	2	0.15	0.7
7	Prato erba alta	0.1	0.16	0.4
8	Terreno desertico	0.05	0.3	3
9	Tundra	0.04	0.2	0.3
10	Colture irrigate	0.06	0.18	0.2
11	Terreno semi-desertico	0.1	0.25	3
12	Calotte polari e ghiacciai	0.01	0.4	0.5
13	Paludi e acquitrini	0.03	0.12	0.1
14	Laghi e fiumi	0.002	0.14	0.1
15	Oceani	0.002	0.14	0.1
16	Arbusti sempreverdi	0.1	0.1	0.5
17	Arbusti decidui	0.1	0.2	0.5
18	Foreste di alberi vari	0.8	0.18	0.7
19	Foreste a macchia	0.2	0.2	0.5
20	Acque e terreno frammisti	0.03	0.12	0.1
21	Aree urbanizzate	1	0.3	1

TABELLA 53: corrispondenza fra uso del suolo e valori di rugosità del terreno, albedo e rapporto di Bowen (primavera).

IL CODICE A PARTICELLE SPRAY

Il codice SPRAY⁹ è un modello di dispersione lagrangiano a particelle in grado di simulare la dispersione di emissioni provenienti da qualsiasi tipo di sorgente (puntiforme, lineare, areale o volumetrica), su terreni ad orografia complessa con domini di studio che vanno da centinaia di metri a decine di chilometri.

I modelli a particelle prevedono che l'emissione di inquinante sia suddivisa in porzioni di fluido aventi dimensioni tali da poter seguire il moto dei vortici turbolenti più piccoli ed allo stesso tempo, da poter contenere un numero grande di molecole.

Le particelle contengono informazioni sulla posizione, sulla quantità di massa degli inquinanti trasportati, sulla sorgente di provenienza e sul tempo trascorso dall'istante dell'emissione; si assume in genere che le particelle siano dotate di una concentrazione propria che si conserva durante il moto.

All'interno del dominio di calcolo tridimensionale le particelle si muovono, ad ogni intervallo temporale, con una velocità descritta mediante due termini: una velocità media, definita dal campo di vento ricostruito dal codice MINERVE, ed un contributo turbolento, generato dal preprocessore TURKEY.

Il risultato delle simulazioni viene visualizzato mediante la rappresentazione grafica della posizione delle particelle nel dominio di calcolo ad un dato istante (campi di particelle). Il conteggio delle particelle, ad ognuna delle quali è associata una massa, visualizza la distribuzione delle concentrazioni, ovvero i campi di concentrazione.

⁹ Tinarelli, G. (1999) *SPRAY 2.1 – Descrizione generale e manuale d'uso*. Rapporto Finale ENEL RICERCA – Area Ambiente, Milano – Ref: AMB-RF-99-0301

DEFINIZIONE DELLE EMISSIONI DI INQUINANTI

Simulazione relativa al traffico veicolare

I termini di emissione nel caso della simulazione relativa al traffico veicolare sono stati calcolati attraverso l'utilizzo del programma EMIGRA¹⁰.

Tale modello valuta le emissioni a caldo dai sistemi di trasporto su strada, mediante l'implementazione della metodologia COPERT-II¹¹, definita nell'ambito delle attività sviluppate dall'European Topic Center on Air Emission.

A partire da dati di input riguardanti le caratteristiche dei tratti stradali (flussi di traffico medio e loro variabilità temporale, velocità media di percorrenza e caratteristiche geometriche) e del parco veicoli circolanti, il codice EMIGRA consente di calcolare le emissioni di inquinanti in atmosfera e di costruire il set di dati di input richiesti dal modello di dispersione SPRAY.

L'obiettivo della simulazione modellistica è consistito nel valutare l'impatto generato nel dominio studiato a causa dell'incremento di traffico avvenuto in conseguenza della chiusura del Traforo del Monte Bianco.

Non avendo a disposizione misure o informazioni utili a descrivere la situazione della qualità dell'aria in prossimità dell'abitato di Bardonecchia nel periodo antecedente il 24 marzo 1999 si è ritenuto opportuno indirizzare lo studio ad una valutazione di tipo relativo, determinando la differenza delle concentrazioni medie di ossidi di azoto presenti nel dominio di calcolo ottenute nel caso di due differenti scenari, localizzati temporalmente prima e dopo l'incidente.

A tal fine, oltre alle due giornate test del 9 e 10 maggio 1999 si è proceduto all'individuazione di due giornate aventi, per quanto possibile, caratteristiche analoghe a quelle precedentemente selezionate.

Le giornate così scelte sono quelle di domenica 14 e lunedì 15 marzo 1999.

L'analisi dei dati di traffico rilevati alle due barriere considerate evidenzia un numero di passaggi di veicoli leggeri a Salbertrand nella giornata di domenica 14 marzo molto più elevato di quello registrato alla stessa barriera successivamente alla chiusura del Traforo del Monte Bianco. Nel caso dei dati rilevati a Bardonecchia si evidenzia, come atteso, un incremento nel numero di transiti dopo la chiusura del Traforo del Monte Bianco in particolare nella giornata di domenica 9 maggio (FIGURA 54, FIGURA 55, FIGURA 56 e FIGURA 57).

La spiegazione di tale differenza è attribuibile al fatto che, nel primo caso, si è in presenza di un fine settimana compreso nella stagione sciistica, mentre nel secondo, pur trattandosi di giornata favorevole dal punto di vista meteorologico, gli impianti di risalita erano già stati chiusi ed il flusso del turismo domenicale momentaneamente ridotto. L'elevato numero di veicoli in transito a Salbertrand non si ritrovano in ingresso al Frejus data la presenza, lungo il tratto autostradale considerato, di svincoli in uscita verso le principali stazioni sciistiche della zona.

L'utilizzo di tali dati nella valutazione dell'incremento di concentrazioni di ossidi di azoto a seguito della chiusura del Traforo del Monte Bianco avrebbe potuto generare una sottostima dell'incremento stesso, almeno nella giornata domenicale. Si è pertanto proceduto ad una normalizzazione dei dati di traffico leggero alla barriera di Salbertrand nella giornata del 14 marzo, al fine di ridurre l'influenza di fattori non legati al problema oggetto di studio.

Le informazioni relative al parco vetture circolanti nella provincia di Torino (aggiornati a luglio 1998) e le caratteristiche geometriche del tratto autostradale considerato (grafo stradale) sono state fornite in ingresso al programma EMIGRA che ha restituito i fattori di emissione (valori di emissione per unità di percorrenza) per le giornate di simulazione da inserire nel codice SPRAY.

¹⁰ Morselli, M. G., Riva, G. M. (1999) *Software EMIGRA (EMissions from a road traffic "GRAfo") – descrizione e manuale d'uso – Versione 1*. Rapporto ENEL RICERCA – Area Ambiente, Milano – Ref: AMB-RT-99-0308.

¹¹ Ahlvik P., Eggleston S., Gorissen N., Hassel D., Hickman A. J., Jomard R., Ntziachristos L., Rijkeboer R., Samaras Z., Zierock K. H. (1997) COPERT II – Methodology and Emission Factors. Technical Report n. 6 – ETC/AEM – European Environmental Agency.

Per le simulazioni relative alle giornate del 14 e 15 marzo sono stati utilizzati i campi di vento corrispondenti alle giornate del 9 e 10 maggio, in modo da evitare nel confronto l'influenza di variabili estranee al solo incremento di traffico sul tratto autostradale considerato.

Simulazione relativa allo scenario incidentale

In questa simulazione è stato necessario fare alcune ipotesi relative ai termini di sorgente, non essendo possibile a priori conoscere la natura, la concentrazione e la temperatura in uscita dalle centrali di ventilazione di eventuali sostanze che potrebbero generarsi o spargersi a seguito di incidente all'interno del tunnel.

Si è allora ipotizzata l'emissione di una sostanza avente concentrazione unitaria al camino e si è valutato il rapporto di diluizione della stessa all'interno del dominio. La durata dell'emissione è stata considerata pari alla durata della simulazione (48 ore) in modo tale da studiare la situazione peggiore, almeno per quanto riguarda la scelta di questo parametro.

Per quanto riguarda la temperatura di emissione dei fumi sono state eseguite due serie di simulazioni ipotizzando temperature di 5°C e di 50 °C superiori a quella ambiente.

Gli altri parametri di emissione, riportati in TABELLA 54, sono stati tratti dalle specifiche tecniche fornite dalla società che gestisce il traforo.

Nel corso delle simulazioni sono state considerate le due centrali di emissione poste in territorio italiano identificate come centrale di ventilazione esterna, posta nei pressi del piazzale di ingresso al traforo e centrale di ventilazione interna, posta a circa 1/3 dell'intera lunghezza del tunnel. In base alle specifiche tecniche le centrali di ventilazione non vengono attivate contemporaneamente in caso di incidente, in quanto ognuna di esse gestisce un preciso tratto di tunnel; pertanto nel corso delle simulazioni sono state considerate separatamente.

I campi di vento utilizzati nelle simulazioni sono quelli corrispondenti alle giornate del 9 e 10 maggio 1999.

	CENTRALE DI VENTILAZIONE	
	ESTERNA LATO ITALIA	INTERNA LATO ITALIA
Coordinate geografiche UTM (m)	X = 1320100; Y = 4995150	X = 1318700; Y = 4999532
Altezza fisica bocca camino (m)	37.0	30.0
Dimensioni bocca camino (m ²)	5.60 x 5.60	5.20 x 5.70
Portata (m ³ /h)	110	110

TABELLA 54: caratteristiche delle centrali di ventilazione lato Italia.

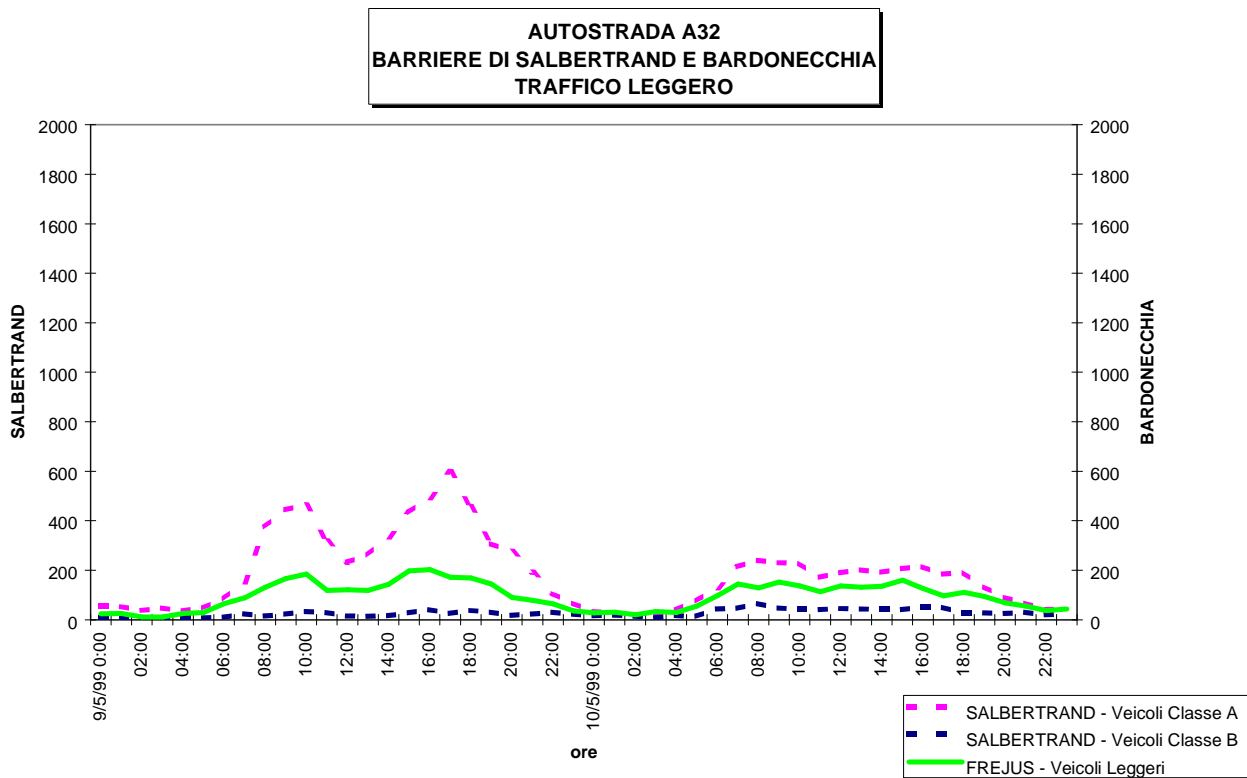


FIGURA 54: traffico leggero alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 9 e 10 maggio 1999.

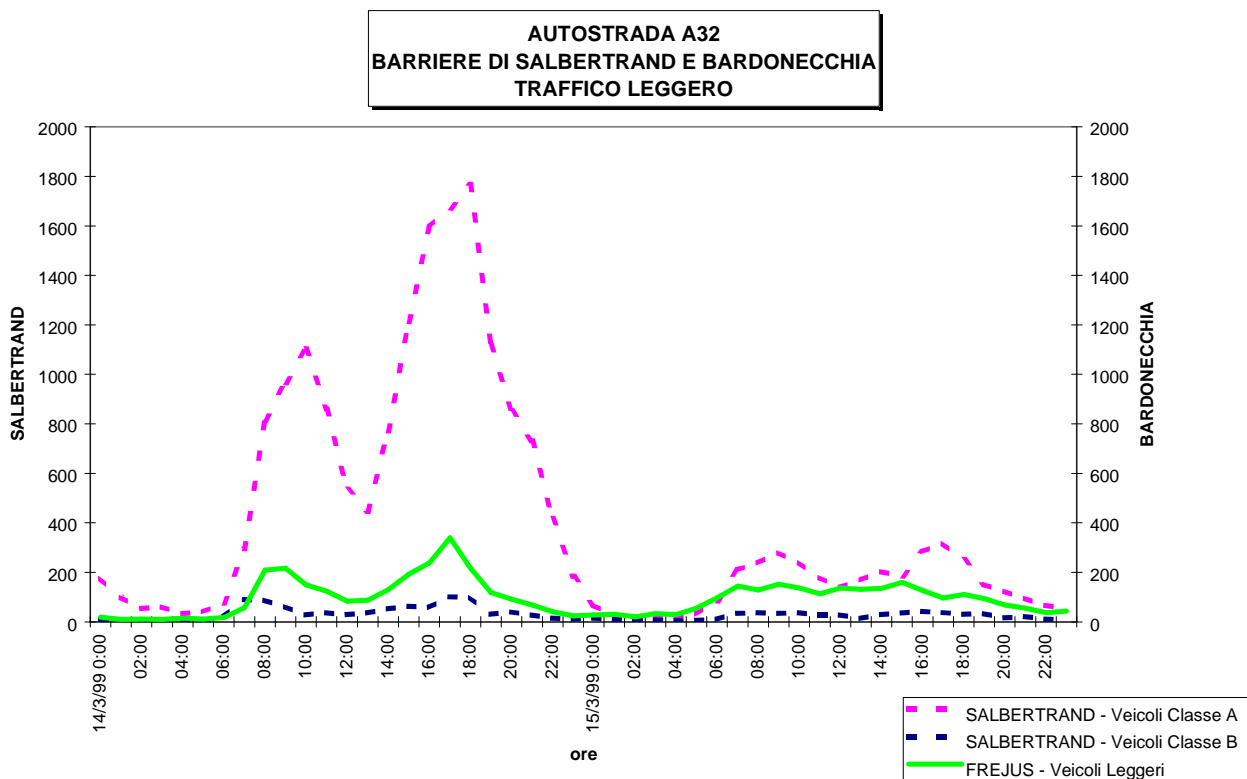


FIGURA 55: traffico leggero alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 14 e 15 marzo 1999.

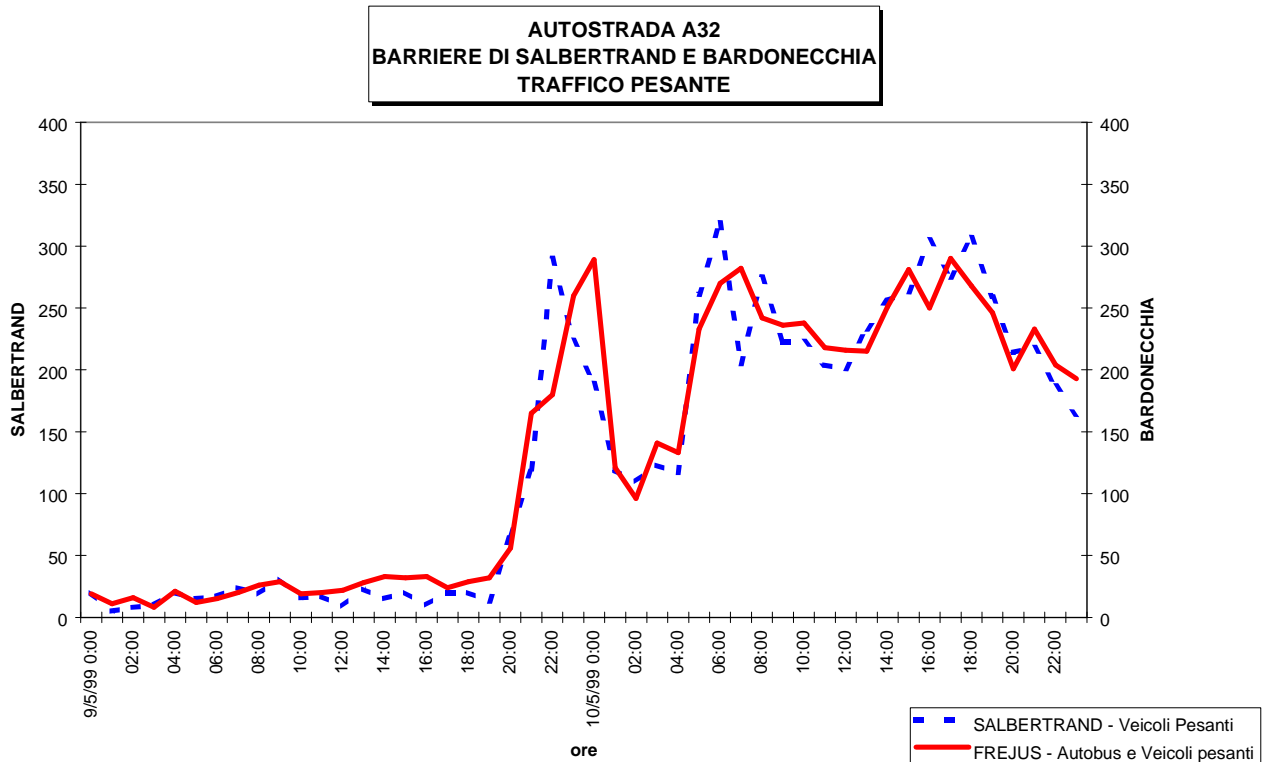


FIGURA 56: traffico pesante alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 9 e 10 maggio 1999.

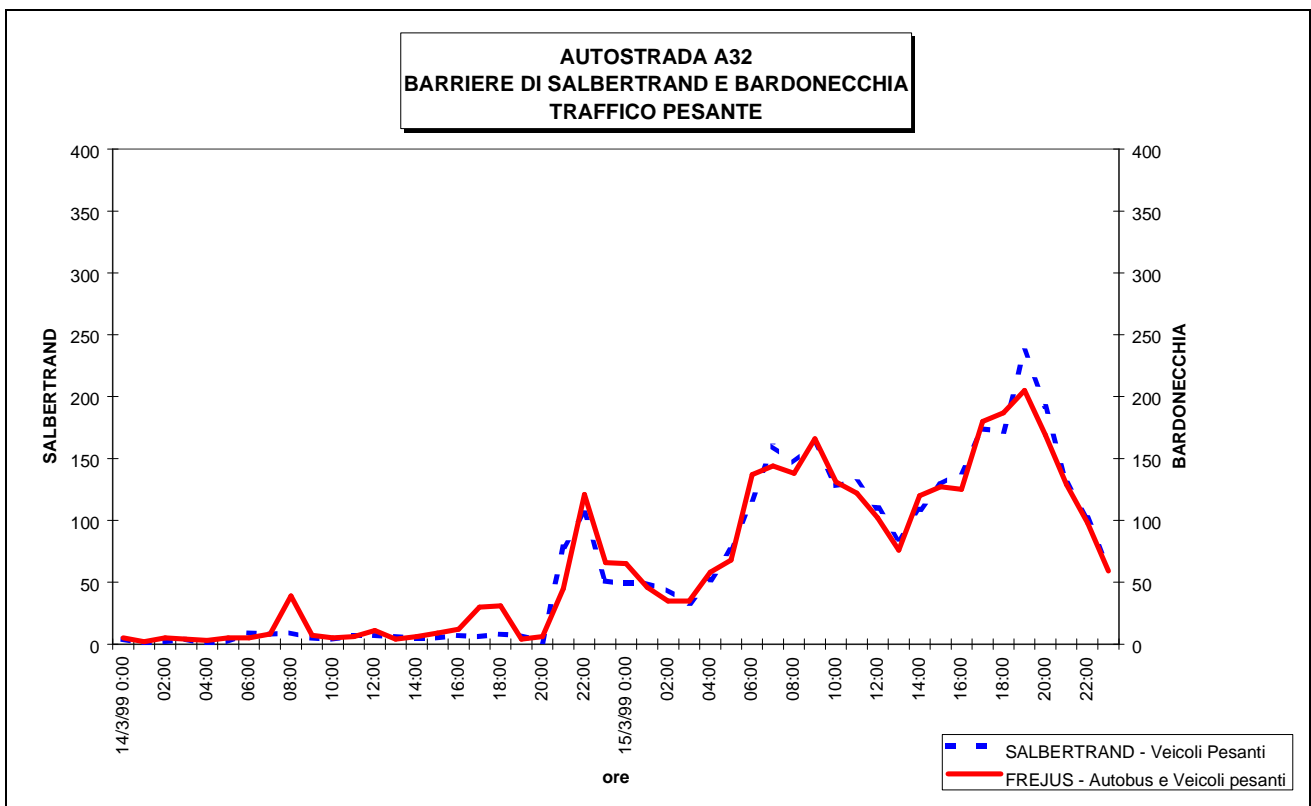


FIGURA 57: traffico pesante alle barriere di Salbertrand e Bardonecchia – 14 e 15 marzo 1999.

ANALISI DEI RISULTATI

Simulazione relativa al traffico veicolare

Le simulazioni relative alle quattro giornate di studio hanno fornito come risultato i campi di concentrazione e di particelle a cadenza oraria, alcuni esempi dei quali sono riportati in: FIGURA 58, FIGURA 59, FIGURA 60, FIGURA 61 e FIGURA 62 (giornate test del 9 e 10 maggio). Il campo di particelle rappresenta la “fotografia” ad un dato istante della posizione e del numero di particelle all’interno del dominio di calcolo. Dal numero di particelle, ad ognuna delle quali è associata una massa, è possibile generare diversi campi di concentrazione allo stesso istante, calcolati a quote diverse; quelli riportati di seguito sono riferiti al suolo.

In generale le concentrazioni più elevate si osservano in prossimità del tratto stradale nelle ore notturne, quando le condizioni atmosferiche sono meno favorevoli ad una rapida dispersione degli inquinanti. In particolare i valori massimi di ossidi di azoto sono stati rilevati all’ora 01:00 del giorno 10 maggio 1999 (FIGURA 60), in corrispondenza di un elevato numero di transiti di mezzi pesanti.

Il confronto fra la situazione precedente e quella successiva alla chiusura del Traforo del Monte Bianco è stato realizzato calcolando le differenze percentuali fra le concentrazioni medie giornaliere di ossidi di azoto (limitando il calcolo a valori superiori a $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenute per le due giornate di domenica e le due di lunedì.

I risultati ottenuti, espressi graficamente, sono riportati nelle FIGURA 63 e FIGURA 64 in cui appare evidente come le differenze percentuali più significative (fino al 140%) si abbiano nella giornata di lunedì, quando il contributo maggiore all’incremento di transiti è rappresentato dai mezzi pesanti.

In conclusione l’incremento di traffico sul tratto autostradale considerato ha avuto come conseguenza un incremento consistente nelle concentrazioni di ossidi di azoto e comunque, le concentrazioni assolute sia simulate sia sperimentali risultano ampiamente al di sotto del livello di attenzione per lo stesso parametro.

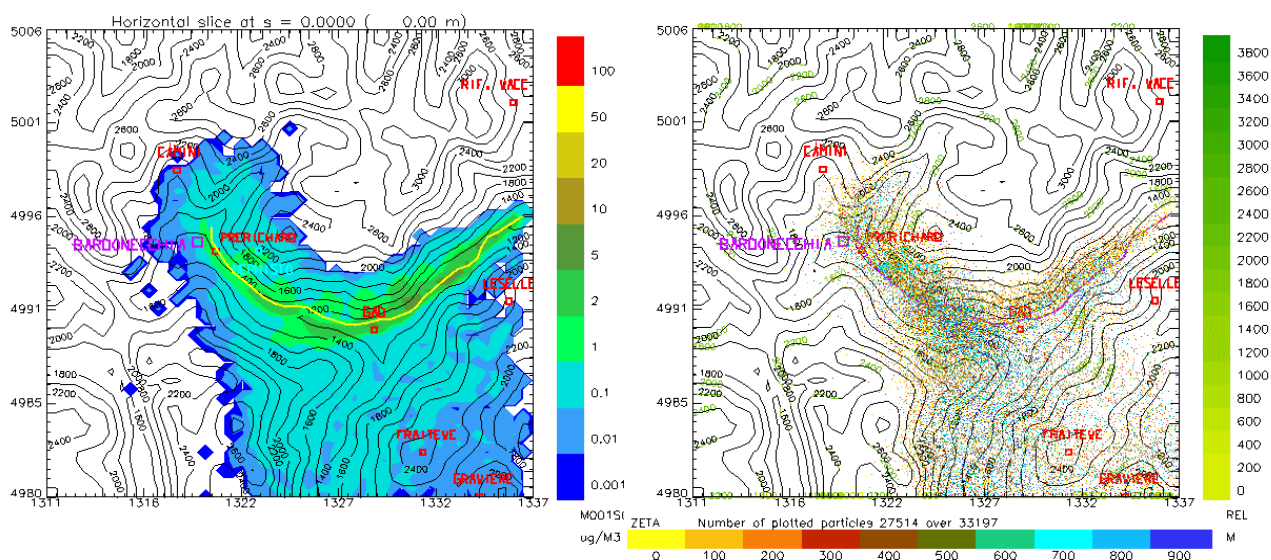


FIGURA 58: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 12:00 del 09/05/1999.

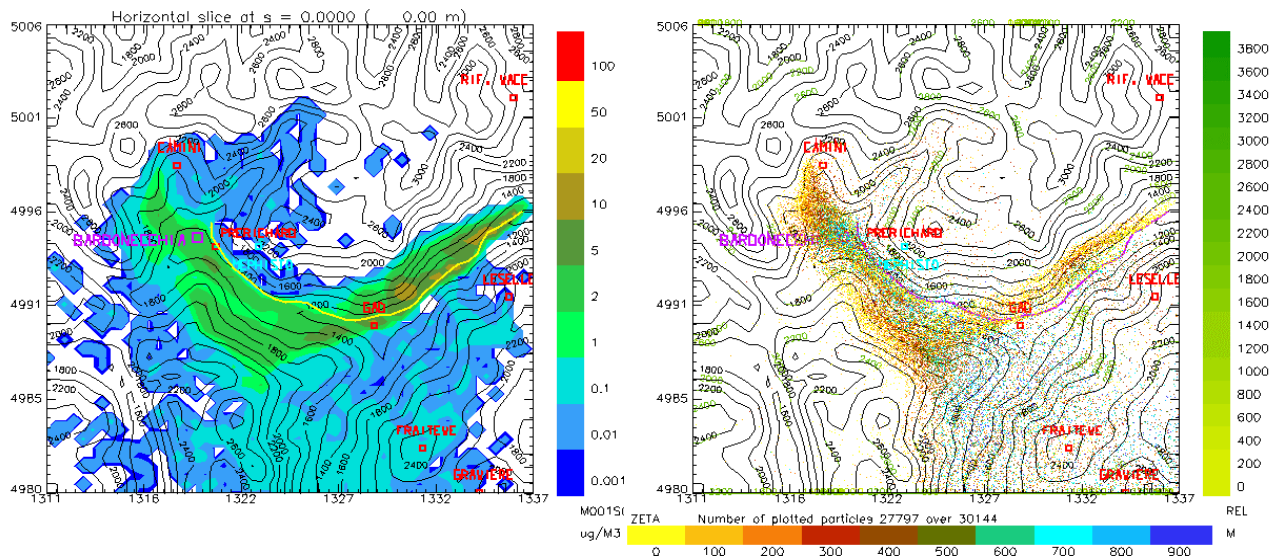


FIGURA 59: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 19:00 del 09/05/1999.

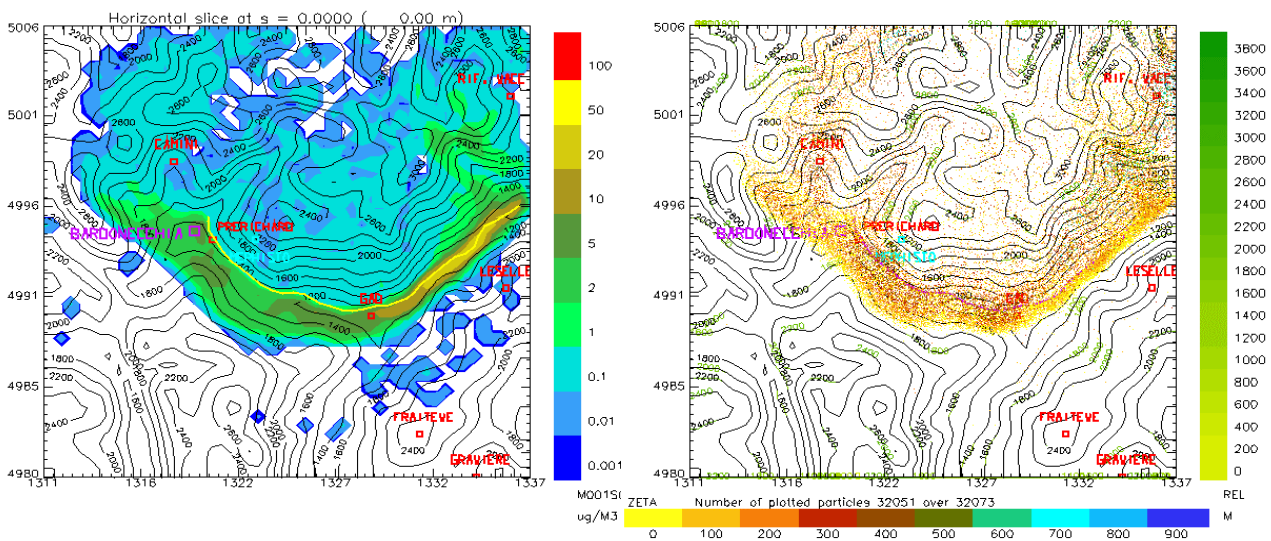


FIGURA 60: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 01:00 del 10/05/1999.

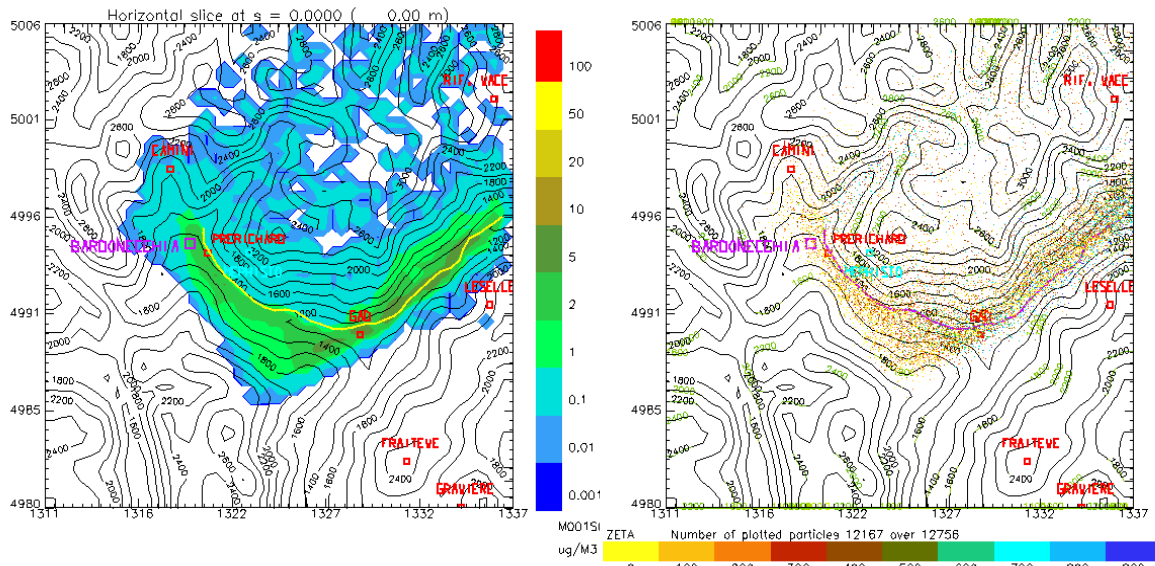


FIGURA 61: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 12:00 del 10/05/1999.

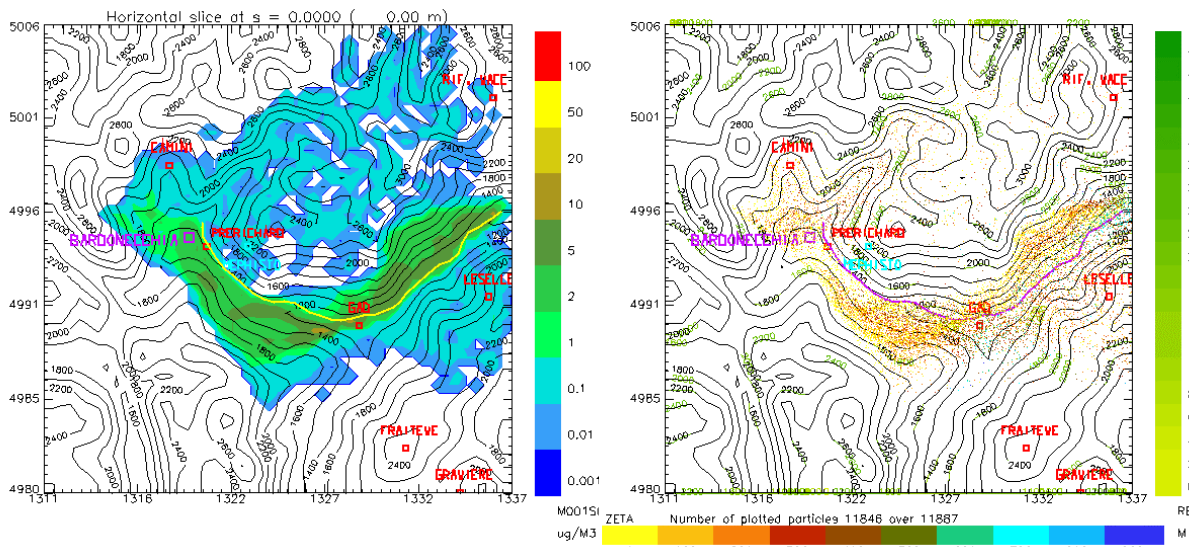


FIGURA 62: campi di concentrazione (sinistra) e di particelle (destra) degli ossidi di azoto: ore 19:00 del 10/05/1999.

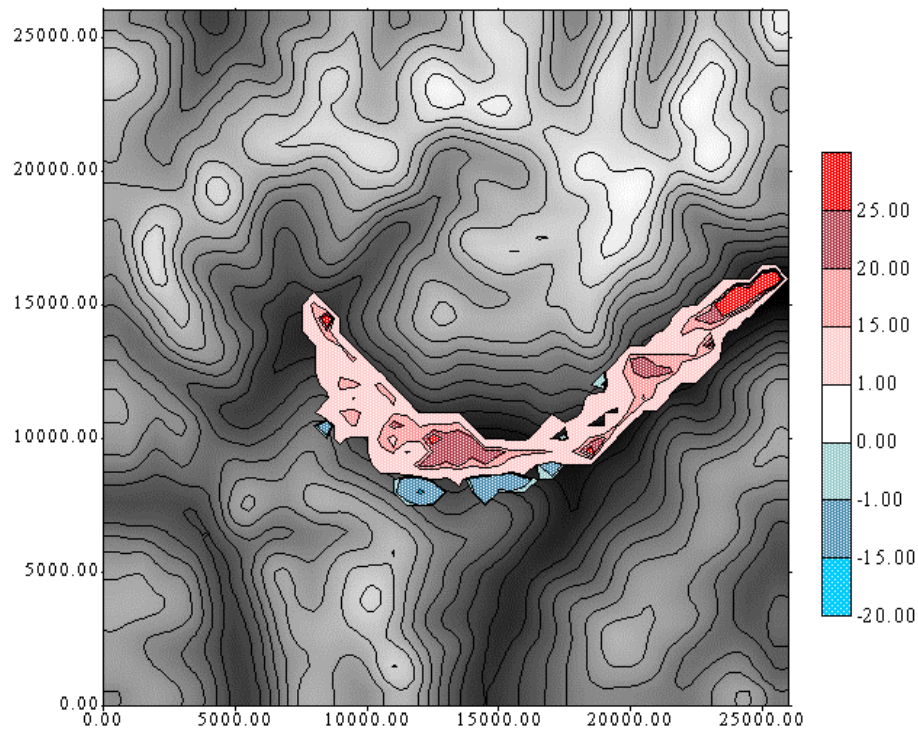


FIGURA 63: differenza percentuale delle concentrazioni di ossidi di azoto – domenica 14/03/1999 e 09/05/1999.

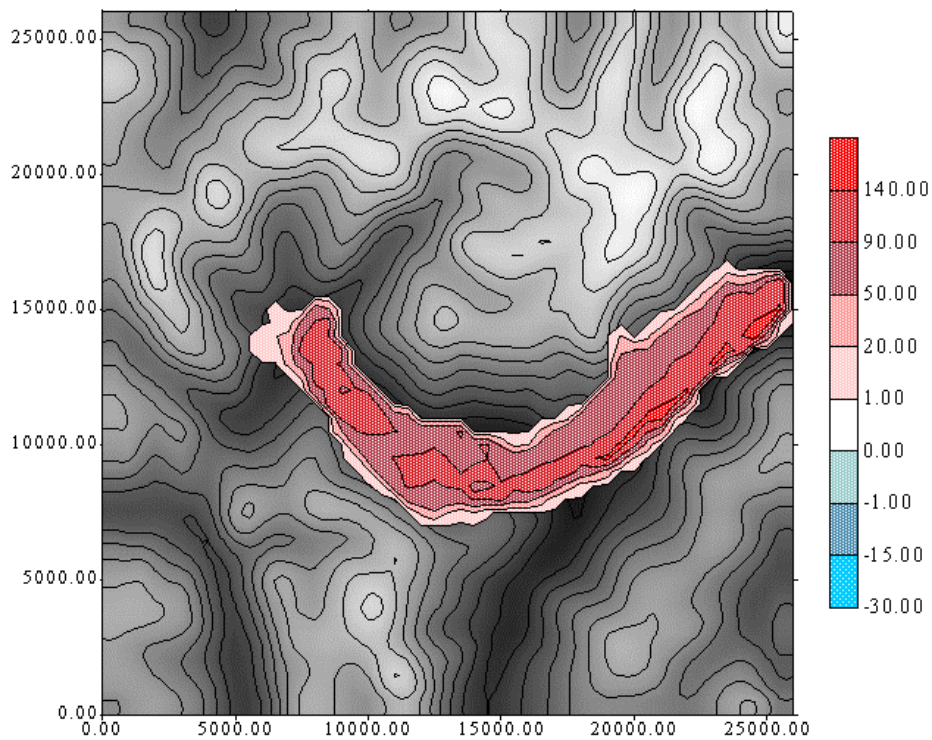


FIGURA 64: differenza percentuale delle concentrazioni di ossidi di azoto – lunedì 15/03/1999 e 10/05/1999.

Simulazione relativa allo scenario incidentale

Le simulazioni hanno evidenziato la possibile area interessata a fenomeni di ricaduta di sostanze inquinanti emesse dalle centrali di ventilazione in caso di incidente.

Le immagini riportate nelle FIGURA 65, FIGURA 66 e FIGURA 67 si riferiscono ai campi di concentrazione in differenti ore di simulazione, distinti per sorgente di emissione e con una temperatura dei fumi di 5°C superiore a quella ambiente. Si fa notare che tali immagini sono riferite alla seconda giornata di simulazione, in modo tale da illustrare le condizioni ottenibili dopo più di 36 ore di emissione.

Durante le complessive 48 ore prese in esame, le ore 18:00 del secondo giorno sono risultate le più critiche (FIGURA 66) con un fattore di diluizione pari a circa $2 \cdot 10^{-3}$, nel caso di attivazione della centrale di ventilazione interna, che ricade comunque al di fuori dell'abitato di Bardonecchia.

Si fa presente che, sebbene le concentrazioni più elevate ricadano in zone non abitate, durante alcune ore di simulazione (FIGURA 67) la ricaduta dei fumi interessa il tratto autostradale e l'area di parcheggio adiacenti l'imbocco del Traforo con conseguenti possibili problemi a carico delle unità di soccorso.

Queste considerazioni valgono in condizioni meteorologiche analoghe a quelle verificatesi nelle giornate del 9 e 10 maggio 1999.

Le simulazioni effettuate con una temperatura di emissione di 50°C superiore a quella ambiente non hanno evidenziato situazioni peggiori di quelle osservate nella simulazione a temperatura di emissione inferiore.

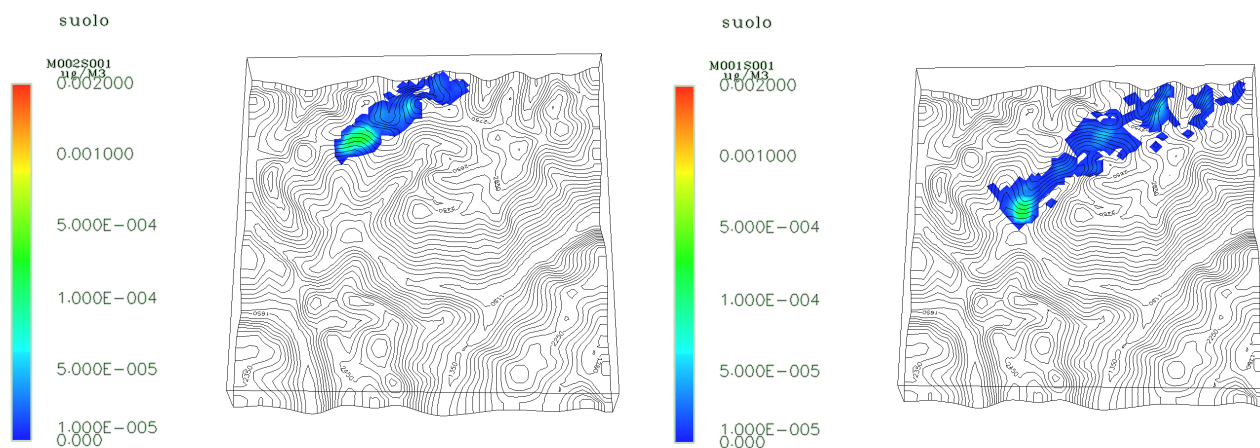


FIGURA 65: campi di concentrazione di una ipotetica sostanza inquinante emessa dalle centrali di ventilazione interna (sinistra) ed esterna (destra) – ore 12:00 del secondo giorno.

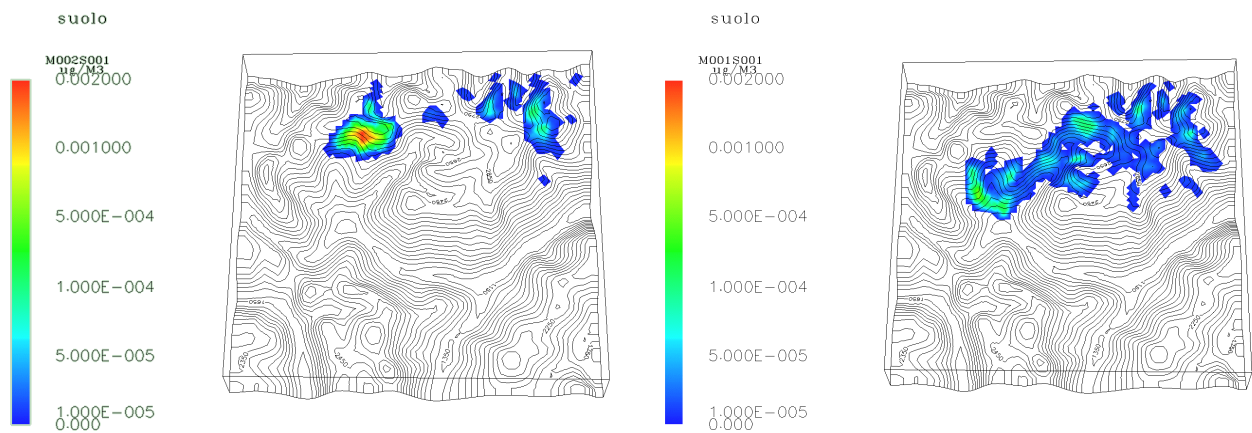


FIGURA 66: campi di concentrazione di una ipotetica sostanza inquinante emessa dalle centrali di ventilazione interna (sinistra) ed esterna (destra) – ore 18:00 del secondo giorno.

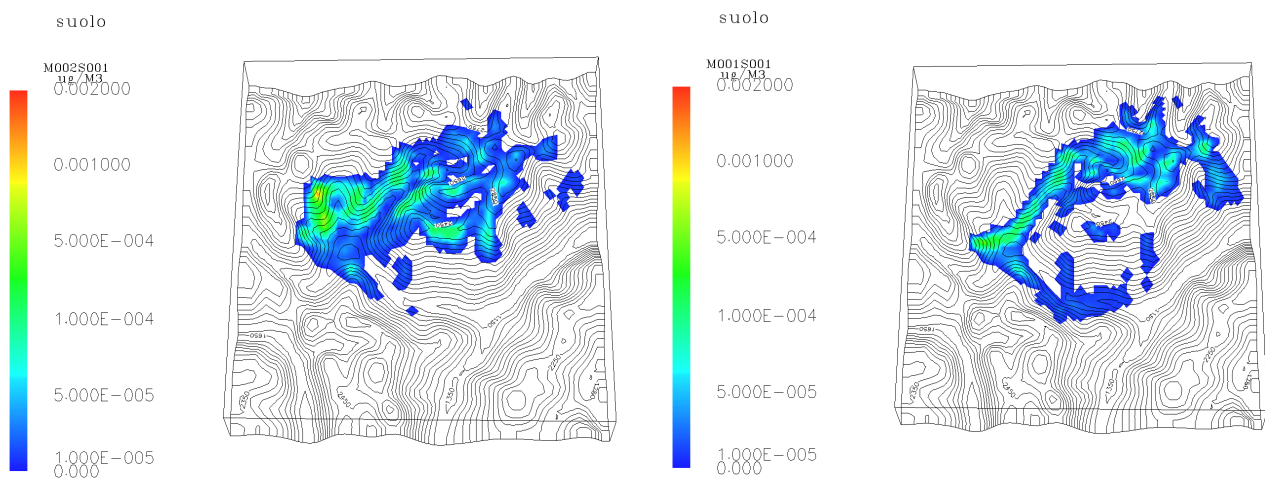


FIGURA 67: campi di concentrazione di una ipotetica sostanza inquinante emessa dalle centrali di ventilazione interna (sinistra) ed esterna (destra) – ore 24:00 del secondo giorno.

LE EMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE:IL PARCO AUTO CIRCOLANTE NELLA PROVINCIA DI TORINO

La riduzione delle sostanze inquinanti emesse dagli autoveicoli, in considerazione delle dimensioni raggiunte dal parco circolante, è condizione imprescindibile per la tutela della qualità dell'aria e per la salvaguardia dell'ambiente.

Gli autoveicoli sono macchine dotate di sistemi di motopropulsione che utilizzano una reazione di combustione per trasformare l'energia chimica di un combustibile in energia meccanica. Teoricamente nel corso di tale processo il combustibile dovrebbe bruciare generando soltanto anidride carbonica e vapore acqueo. A causa di una combustione mai perfetta, dovuta principalmente alla variabilità della composizione chimica del combustibile, alle condizioni di funzionamento del motore e alla presenza dell'azoto nell'aria, si ritrovano fra i prodotti di combustione sostanze quali: il monossido di carbonio, gli ossidi di zolfo, gli ossidi di azoto, gli idrocarburi incombusti (questi ultimi due inquinanti sono i principali precursori dello smog fotochimico), il particolato, il piombo ed altre sostanze pericolose per la salute come il benzene, il butadiene, le aldeidi, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e le sostanze organiche volatili (COV). Inoltre, il movimento degli autoveicoli può comportare la risospensione in aria di materiale polverulento deposto sul fondo stradale come i pollini e alcuni residui derivanti dall'usura delle frizioni e dei pneumatici degli stessi autoveicoli.

Un'idea immediata circa l'entità del fenomeno "traffico" e delle ripercussioni sulla qualità dell'aria dovute a quest'ultimo nella Provincia di Torino può essere fornita dall'analisi quantitativa e qualitativa della composizione del parco veicoli circolante sul territorio provinciale.

Nella

TABELLA 55 sono riportati alcuni dati riguardanti il parco veicoli circolante in Torino e provincia censito al 31 dicembre 1998 (fonte ACI 1998).

Categorie	Alimentazione	Numero mezzi e percentuale relativa sul totale dei veicoli circolanti	Mezzi catalizzati e % relativa (dotati di convertitore catalitico se alimentate a benzina o rispondenti alla normativa 94/12/CEE se alimentate a gasolio)
Automobili (mezzi inferiori a 3,5 tonnellate)	benzina	1.162.656 (72,1%)	493.983 (42,5%)
	diesel	130.006 (8,1%)	45.722 (35%)
	metano	1.103 (0,07%)	
	GPL	37.351 (2,3%)	
Totale automobili		1.331.116 (82,6%)	578.159 (43,5%)*
Mezzi pesanti (mezzi superiori a 3,5 tonnellate)	benzina	46.885 (2,9%)	
	diesel	120.107 (7,4%)	
	metano	26 (<0,01%)	
	GPL	487 (0,03%)	
Totale mezzi pesanti		167.505 (10,4%)	
Motocicli	benzina	112.770 (7,0%)	
Totale motocicli		112.770 (7,0%)	
TOTALE VEICOLI		1.611.391	

*sono compresi anche i veicoli alimentati a metano e GPL

TABELLA 55: Caratterizzazione del parco veicoli circolante Provincia di Torino al 31 dicembre 1998

La tabella è stata costruita in modo che individuate le tre classi principali di veicoli, siano definiti il numero di veicoli appartenenti alle singole classi e la rispettiva suddivisione in funzione del carburante utilizzato.

Naturalmente a fronte di un così elevato tasso di motorizzazione e al conseguente impatto ambientale provocato dal medesimo, si è provveduto negli ultimi anni alla definizione di azioni volte alla riduzione delle emissioni inquinanti provenienti dagli autoveicoli.

Tali provvedimenti hanno agito principalmente sulla qualità dei combustibili, sull'adozione di una tecnologia motoristica sempre più avanzata e sullo sviluppo di tecnologie adeguate nel post-trattamento dei gas di scarico.

Per quanto riguarda i veicoli alimentati a benzina, le principali innovazioni degli ultimi anni hanno portato all'adozione di motori con il controllo dell'accensione comandato elettronicamente e all'utilizzazione di convertitori catalitici per l'abbattimento delle emissioni inquinanti. Tali interventi hanno provveduto all'ottimizzazione delle condizioni di combustione e al trattamento dei gas di scarico, ottenendo risultati estremamente significativi sulla riduzione delle sostanze inquinanti emesse.

I combustibili si sono di conseguenza adeguati alle innovazioni tecnologiche e sono state introdotte sul mercato le così dette "benzine verdi" (dir. 95/210/CEE) per favorire la diffusione delle vetture catalizzate. La caratteristica principale di queste benzine è costituita dall'assenza di piombo e dalla bassissima concentrazione di zolfo, due elementi non compatibili con i sistemi di conversione catalitica e altamente impattanti sulla qualità dell'aria.

Le benzine verdi e super attualmente distribuite hanno caratteristiche estremamente simili e sono costituite per il 40% massimo in volume da idrocarburi aromatici, per il 20% massimo da idrocarburi olefinici e per la restante parte da idrocarburi saturi variamente ramificati e da composti ossigenati relativamente alle benzine verdi e metallo-organici del piombo per quanto riguarda quelle super.

La composizione delle benzine è comunque in costante evoluzione, è di recente applicazione la Legge n. 413 del 4 novembre 1997 che ha previsto a partire dal 1 luglio 1998 un contenuto massimo di benzene nelle benzine (verdi e super) pari all'1% in volume inoltre la direttiva europea 98/70/CE prevede, per i prossimi anni, un'ulteriore riduzione del contenuto di benzene, idrocarburi aromatici, olefine e zolfo e una complessiva diminuzione della volatilità per ridurre le emissioni evaporative.

Anche i motori diesel e le caratteristiche del gasolio per autotrazione hanno subito numerose innovazioni nel corso degli ultimi anni mirate alla riduzione delle emissioni inquinanti. L'attenzione è stata rivolta principalmente all'emissione degli ossidi di zolfo, degli idrocarburi incombusti e del particolato, inquinanti particolarmente critici e tipici dei motori diesel.

La riduzione delle emissioni di biossido di zolfo si è ottenuta attraverso una desolfurazione sempre più spinta del carburante. Attualmente il contenuto massimo di zolfo nel gasolio per autotrazione è fissato nello 0.05% in peso dal D.P.C.M. 14 novembre 1995 in recepimento della direttiva 93/12/CEE ed è prevista per i prossimi anni un'ulteriore desolfurazione.

Per osservare i limiti più restrittivi alle emissioni (Euro IV) previsti dalla direttiva 98/69/CE sarà necessario utilizzare dei catalizzatori per l'abbattimento degli ossidi di azoto anche sui veicoli diesel. La riduzione della presenza di zolfo nel gasolio è condizione essenziale per un corretto funzionamento del sistema catalitico.

Le innovazioni motoristiche ed in particolare l'utilizzo di motori dell'ultima generazione ad iniezione diretta hanno permesso nell'ultimo periodo anche una riduzione sostanziale delle emissioni di idrocarburi incombusti e particolato.

Le migliorie descritte, unite alla particolare efficienza dei motori diesel che limita il consumo di carburante e la conseguente produzione di CO₂, fanno dell'utilizzo di questi motori una buona alternativa all'utilizzo dei motori a benzina.

Nel contesto attuale si prevede che questi combustibili di origine petrolifera continueranno, almeno per il prossimo decennio, a mantenere la più alta quota di mercato anche se è auspicabile una

maggior diffusione di alcuni combustibili alternativi quali il GPL (gas di petrolio liquefatti) e il GNC (gas naturale compresso).

Il GPL è una miscela di gas di origine petrolifera costituita essenzialmente da n-butano, propano e da quantità minori di altri idrocarburi paraffinici leggeri mentre il GNC è costituito principalmente da metano e solo in modesta quantità da altre specie idrocarburiche gassose e gas inerti.

L'impiego di combustibili gassosi si adatta bene ai motori convenzionali alimentati a benzina e dal punto di vista ambientale presenta vantaggi netti rispetto ai combustibili tradizionali in quanto la perfetta omogeneizzazione della miscela combustibile/aria permette un'elevata ottimizzazione dei processi di combustione limitando così notevolmente la produzione di emissioni inquinanti.

Le specie idrocarburiche presenti nei gas di combustione risultano avere un potenziale di formazione dell'ozono nettamente inferiore rispetto a quelle emesse dai veicoli alimentati con benzina convenzionale e inoltre i motori alimentati con GPL o GNC emettono quantità trascurabili di benzene, aldeidi, ossidi di zolfo e butadiene e le loro emissioni evaporative sono praticamente nulle in quanto si adottano sistemi di alimentazione a circuito chiuso.

Per contro i combustibili liquidi sono caratterizzati da un'elevata disponibilità e da una densità di energia nettamente superiore rispetto a quella dei gassosi, il cui uso risulta attualmente essere limitato a piccole nicchie di mercato sia per la carenza di strutture di distribuzione sia per limitata competitività economica rispetto ai combustibili tradizionali.

I dati presentati riportanti le caratteristiche del parco mezzi circolante nel territorio della provincia di Torino inducono immediatamente alla formulazione di considerazioni di tipo quantitativo e qualitativo.

La prima riguarda l'elevato numero di automezzi circolanti in relazione alla popolazione residente (circa 2.200.000 ab.) che porta ad un rapporto di motorizzazione pari a circa 0,73 veicoli a motore per abitante.

La seconda considerazione è di carattere qualitativo e riguarda in modo specifico le autovetture, categoria questa che costituisce l'82,6% dell'intero parco veicoli circolante. Si osserva infatti come la percentuale dei veicoli catalizzati raggiunga solo il 43,5% e costituisca un indice estremamente rappresentativo dell'età dei veicoli.

Risulta evidente che gli interventi prioritari necessari per il miglioramento della qualità dell'aria dovranno prevedere un contenimento del numero e dell'utilizzo degli automezzi e il contemporaneo rinnovamento del parco veicoli circolante sul nostro territorio.

CONCLUSIONI

La relazione presentata nel suo complesso permette di evidenziare quali siano le principali problematiche relative ai fenomeni di inquinamento atmosferico.

La struttura del presente documento è stata infatti pensata per offrire facili e chiare interpretazioni dei dati rilevati nel corso dell'anno 1999. Sicuramente presentare conclusioni definitive sullo stato della qualità dell'aria e definire i futuri interventi per il miglioramento della stessa non è un compito agevole e realizzabile in breve tempo.

In ogni caso però le attività di monitoraggio e l'analisi dettagliata dei dati rilevati sia dal punto di vista spaziale, ovvero di diffusione sul territorio, che temporale, ovvero di evoluzione delle concentrazioni degli inquinanti sul periodo preso in esame, permette di individuare le principali criticità e di iniziare a definire quali potrebbero essere gli interventi più efficaci per un miglioramento complessivo della qualità dell'aria.

Le preoccupazioni maggiori provengono dalle concentrazioni di parametri quali il biossido di azoto, l'ozono e il particolato atmosferico. Parametri quali il benzene e il monossido di carbonio e in misura ancora maggiore il biossido di zolfo e il piombo presentano valori rientranti nei valori obiettivo fissati dalla normativa vigente. Una loro ulteriore riduzione si avrà sicuramente nei prossimi anni se saranno adottate adeguate azioni volte al contenimento degli inquinanti che presentano le maggiori criticità.

Il particolato atmosferico ed in particolare la frazione più fine che lo compone (PM10) rappresenta sicuramente la principale criticità da affrontare nel prossimo periodo e l'attenzione che ad esso viene posta negli ultimi tempi da parte dell'opinione pubblica ne costituisce una controprova.

I dati relativi a questo parametro fino ad ora rilevati sono sufficienti per illustrarci l'intensità e la diffusione del fenomeno e sono tali da indurre particolari preoccupazioni circa le eventuali ripercussioni che potrebbero riscontrarsi sulla salute della popolazione se si verificassero nei prossimi anni incrementi di concentrazione.

Sicuramente uno dei principali obiettivi da perseguire nei prossimi anni, sarà costituito dal controllo e dalla riduzione delle concentrazioni di particolato. Si dovrà lavorare su più fronti consapevoli che azioni combinate avranno sicuramente risultati più immediati e rilevanti.

Dal punto di vista del monitoraggio si dovranno incrementare gli sforzi per una definizione più dettagliata e legata al contesto territoriale del problema. Una precisa conoscenza delle caratteristiche chimiche del particolato, campionato su scala locale, e una conseguente individuazione delle fonti di emissione, permetterà la definizione di strategie mirate volte al contenimento e alla gestione degli episodi acuti di inquinamento.

L'applicazione delle recenti normative europee che prevedono la produzione di motori per autotrazione con emissioni sempre più ridotte e il progressivo svecchiamento del parco veicoli circolante consentirà nel medio termine di ottenere dei sicuri benefici sulla qualità dell'aria.

Il naturale evolversi delle attività industriali che prevede una sempre maggiore attenzione delle aziende agli impatti ambientali e un controllo più efficace della pubblica amministrazione sono inoltre fattori importanti da non sottovalutare nella definizione delle politiche volte al risanamento atmosferico.

Discorsi assolutamente analoghi possono essere ripetuti, con lievi variazioni tecnicistiche, per tutti gli inquinanti di cui si è discusso nella presente relazione. Al contrario di quanto si osserva per il PM10, per i principali inquinanti monitorati, quali il biossido di zolfo, il piombo, il monossido di carbonio e in parte per il benzene e il biossido di azoto, è già possibile osservare i risultati delle azioni di prevenzione e contenimento promosse nell'ultimo trentennio.

Per tutti gli inquinanti citati è infatti accertato un trend in costante diminuzione delle concentrazioni in atmosfera che in taluni casi, come per il biossido di zolfo e il piombo, hanno portato ad una risoluzione quasi definitiva del problema.

Le concentrazioni misurate del monossido di carbonio, del benzene e del biossido di azoto, non sono ancora tali da giustificare un “cessato allarme” ma la costante, anche se talvolta lenta, diminuzione dei valori nel corso degli anni conferma di aver intrapreso la strada corretta e conforta sulla possibilità reale di un effettivo miglioramento della qualità dell’aria.

Le affermazioni fino ad ora esposte presuppongono degli interventi di contenimento delle emissioni inquinanti su larga scala che sembra vadano oltre le possibilità dell’amministratore locale o del singolo cittadino, spesso impegnati nella risoluzione di problemi assai più contingenti.

È altresì vero che ogni azione, anche limitata a piccole realtà locali, volta all’educazione ambientale e alla realizzazione di modelli di sviluppo e di miglioramento della qualità della vita che siano ambientalmente sostenibili è sicuramente importante nella risoluzione complessiva dei problemi legati all’inquinamento del territorio.

Deve essere quindi ferma convinzione che l’adozione di comportamenti “ambientalmente corretti” siano, nella discrezionalità e nelle possibilità del singolo individuo, azioni fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.