

# **Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella provincia di Venezia**



PROVINCIA DI VENEZIA  
Settore Politiche  
Ambientali

Dipartimento ARPAV  
Provinciale di Venezia  
Osservatorio Aria – ARPAV

SETTORE POLITICHE AMBIENTALI  
Via della Rinascita, 156  
30175 Marghera-VE  
Tel. 041 2501211—Fax 041 2501212  
[www.provincia.venezia.it/proveco](http://www.provincia.venezia.it/proveco)  
e-mail: [proveco@provincia.venezia.it](mailto:proveco@provincia.venezia.it)

ARPAV  
Via Lissa, 6  
30171 Mestre-VE  
Tel. 041 5445511—Fax 041 5445500

Si autorizzano riproduzioni di testi e dati indicando la fonte.

# **Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella provincia di Venezia**

Periodo di riferimento anno ecologico 2001 - 2002



# Indice

Lettera di presentazione	<i>pag. 7</i>
Premessa	<i>pag. 9</i>
Aspetti normativi	<i>pag. 11</i>
La rete provinciale	<i>pag. 17</i>
Criteri di analisi	<i>pag. 21</i>
Gli inquinanti atmosferici	<i>pag. 25</i>
<i>Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)</i>	<i>pag. 26</i>
Ossidi di azoto (NO <sub>2</sub> )	<i>pag. 28</i>
<i>Monossido di carbonio (CO)</i>	<i>pag. 31</i>
<i>Polveri (PTS e PM<sub>10</sub>)</i>	<i>pag. 32</i>
<i>Ozono (O<sub>3</sub>)</i>	<i>pag. 37</i>
<i>Composti Organici Volatili (COV)</i>	<i>pag. 40</i>
<i>Benzene</i>	<i>pag. 43</i>
<i>IPA</i>	<i>pag. 46</i>
<i>Campagne di misura</i>	<i>pag. 46</i>
Trend storici: analisi temporali	<i>pag. 51</i>
Le sorgenti inquinanti	<i>pag. 56</i>
Conclusioni e problematiche emergenti	<i>pag. 58</i>



## *Presentazione*

La qualità dell'aria continua a peggiorare. Possiamo affermarlo perché in questi ultimi anni, finalmente, un puntuale e coordinato lavoro di Provincia di Venezia, Comune di Venezia e dipartimento provinciale ARPAV permettono di descrivere stato ed evoluzione dell'inquinamento atmosferico.

Emissioni industriali e da traffico vengono oggi sistematicamente rilevate ed è pertanto possibile quantificare i singoli contributi all'alterazione dell'aria che respiriamo. La percezione diffusa di un progressivo peggioramento, assume pertanto valore scientifico e ci obbliga a trovare le soluzioni necessarie per la tutela della salute pubblica.

Si tratta di scelte fondamentali che da un lato riguardano i nuovi assetti industriali e dall'altro implicano trasformazioni infrastrutturali o gestionali quali il potenziamento del trasporto ferroviario di merci e persone, il servizio ferroviario metropolitano di superficie, lo spostamento dei traffici merci via acqua, il miglioramento del trasporto pubblico su gomma urbano e interurbano, l'intermodalità e la creazione dei parcheggi scambiatori esterni ai centri città, l'organizzazione della mobilità dei dipendenti di grandi aziende pubbliche e private e la creazione di reti di piste ciclabili complete e sicure.

In provincia di Venezia, su tutti questi argomenti, è evidente un gran ritardo da parte delle diverse amministrazioni locali e regionali ma c'è anche da dire che le abitudini individuali e un morboso attaccamento alla propria automobile, impediscono di vedere che il 50% dei tragitti effettuati in auto, essendo inferiori ai 5 km, potrebbero essere agilmente coperti a piedi, in bici o in autobus.

Addirittura, quando giustamente per tutelare la salute pubblica vengono adottati provvedimenti di restrizione della circolazione, prevalgono le opinioni di coloro che li ritengono inutili o dannosi. Invece, in attesa degli interventi a lungo termine, le azioni di mitigazione sono necessarie perché non è possibile dimenticare che solo nelle otto principali città italiane i morti per i veleni da traffico sono stati più di 3500 e che nel mondo l'inquinamento atmosferico uccide tre milioni di persone l'anno.

La pubblicazione che segue e che riguarda l'anno ecologico 2001/2002, ci dice, tra molte altre informazioni, che le Polveri Totali Sospese sono uniformemente distribuite su tutto il territorio provinciale; che gli Idrocarburi Policiclici Aromatici sono chiaramente aumentati nel centro urbano di Mestre e nelle grandi arterie di comunicazione, in particolare nel periodo invernale; che benzo(a)pirene e polveri sottili, sostanze molto pericolose per la salute, continuano ad aumentare; che le condizioni meteorologiche modificate implicano lunghi tempi di permanenza in atmosfera e in aree sempre più vaste di inquinanti pericolosi.

La mobilità è importante ma la salute lo è di più, ci pare che sia arrivato il momento di cambiare rotta. Più che nuove strade serve oggi progettare forme di trasporto ambientalmente sostenibili. Per quanti anni ancora si dovranno lanciare questi messaggi nel vuoto?

*Il presidente*  
*della Provincia di Venezia*  
**Luigino BUSATTO**

*L'Assessore*  
*alle Politiche Ambientali*  
**Ezio DA VILLA**



# Premessa

La relazione sulla qualità dell'aria riferita all'anno ecologico evidenzia anche quest'anno tutta la sua importanza. Infatti in un territorio come quello veneziano, interessato dalla presenza di molteplici realtà economico-produttive e sociali, una realtà di piccole e medie aziende diffusa sulla restante parte del territorio, nonché numerose realtà urbane sulle quali grava un flusso di traffico sia urbano che extraurbano di notevole importanza ed in continua crescita, risulta fondamentale mantenere alta l'attenzione sui parametri di lungo periodo al fine di coadiuvare l'attività di pianificazione delle politiche ambientali in capo alla Provincia. Indispensabile, in questo quadro, l'operato tecnico-scientifico dell'Agenzia per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (Dipartimento di Venezia)

Le aree urbane, in particolare, continuano a rappresentare il punto più critico di ogni strategia volta a conseguire obiettivi di sviluppo sostenibile, perché in esse si manifesta quasi l'intera gamma dei più gravi problemi di ordine ambientale, con ripercussioni evidenti sulla salute della popolazione e sulla qualità della vita.

Per tale motivo la valutazione della qualità dell'aria come espressione sul medio-lungo periodo, piuttosto che nel solo confronto con i valori di picco rimane un cardine fondamentale di

questa relazione. Si punta con essa, infatti, a dimostrare che le soluzioni alle giornate di smog vanno ricercate più verso interventi di carattere strategico, piuttosto che emergenziale. La permanenza delle sostanze inquinanti in atmosfera per lunghi periodi, pur al di sotto delle soglie di attenzione e di allarme, mostra tutta la gravità del fenomeno inquinamento, confermando la necessità di scelte di ampia portata.

Il fatto poi che gli inquinanti cosiddetti "non convenzionali", quali benzene e PM10, stiano prendendo sempre più importanza per l'inquinamento da traffico, mentre analoghe importanza stanno assumendo l'ampio spettro delle sostanze organiche volatili (microinquinanti), rende necessario affrontare il problema della qualità dell'aria da un punto di vista più generale. Ecco allora che al monitoraggio tradizionale, discusso in questa relazione, la Provincia di Venezia ed ARPAV, affiancano iniziative volte alla validazione e all'uso della modellistica ambientale; alla caratterizzazione della qualità dell'aria mediante le tecniche del biomonitoraggio; alla determinazione quantitativa delle deposizioni atmosferiche; alla stima delle immissioni inquinanti dai poli industriali e dalle principali vie di comunicazione. Nello stesso progetto generale rimane sempre centrale la diffusione di tecnologie e mezzi di

comunicazione veloce e al tempo stesso capillare per portare a conoscenza i risultati ed i limiti delle attuali politiche ambientali, non solo alle

istituzioni del territorio ma anche e soprattutto ai singoli cittadini.

## LIMITI E STANDARD DI LEGGE

Una sostanza inquinante per l'aria può essere identificata secondo i suoi effetti temporanei o irreversibili, immediati o a lungo termine; in funzione del suo impatto sulla salute umana; in funzione della sua capacità di produrre sostanze a loro volta potenzialmente nocive, reagendo con altri componenti naturali e non dell'atmosfera. Tutti questi composti sono classificati in base alla loro pericolosità, valutata dal punto di vista tossicologico, e alla loro aggressività nei confronti dell'ambiente naturale o dei beni materiali, entrambe collegate alla loro concentrazione in aria. Secondo queste indicazioni generali, tutta la normativa in materia di controllo di inquinamento dell'aria si è organizzata sempre più nel senso di adottare una serie di criteri di valutazione delle situazioni monitorate.

La normativa italiana esprime tali criteri come:

**1. Standard di qualità** riferiti a monitoraggi sul lungo periodo: indicano quali sono le concentrazioni ritenute "sopportabili" e quali invece sono da ritenere pericolose in relazione al periodo di riferimento, solitamente l'anno solare o l'anno ecologico. Tali limiti sono fissati dal DPCM 28/03/83 come modificato dal DPR 203/88. Per l'ozono valgono

anche i limiti riportati nel DM 16/05/96 (v. Tab. 1).

- 2. Livelli di attenzione e di allarme:** si applicano per le aree urbane a situazioni di inquinamento acuto, e si riferiscono a cicli di monitoraggio di 24 ore consecutive. I limiti, riferiti a seconda degli inquinanti a medie orarie o giornaliere, si ritengono superati soltanto se il superamento avviene in più di una stazione definita secondo i criteri riportati nel DM 15/04/94, successivamente modificato dal DM 25/11/94. Per l'ozono valgono anche i limiti riportati nel DM 16/05/96 (v. Tab. 2). Per questo inquinante lo stato di Attenzione o di Allarme scatta quando vi è un superamento delle medie orarie di una qualsiasi stazione.
- 3. Obiettivi di qualità:** previsti dal DM 25/11/94 (v. Tab. 3), si applicano alle polveri  $PM_{10}$ , al benzene e al benzo(a)pirene in aree urbane. Gli obiettivi di qualità indicano valori verso i quali tendere progressivamente nel tempo in modo da migliorare la qualità dell'aria. Sono considerati nella pianificazione delle politiche ambientali, quando si vogliono ottenere miglioramenti nel medio-lungo periodo su determinati inquinanti e rappresentano in ogni caso il riferimento cui attenersi nella valutazione della qualità del-

l'aria.

Mentre gli standard e gli obiettivi di qualità rappresentano valori limite da riferire al monitoraggio di lungo periodo, i livelli di attenzione e di allarme sono stati pensati per le situazioni acute di inquinamento. In questi casi, infatti, la normativa ha previsto, per i centri urbani dotati di rete di monitoraggio della qualità dell'aria, uno strumento legislativo in grado di attivare in tempi brevi, determinati provvedimenti volti a limitare i fattori di emissione.

La tempestività dei provvedimenti è assicurata in quanto il Sindaco o le autorità provinciali sono tenute a fissare preventivamente un piano di intervento che scatta automaticamente quando si raggiunge lo stato di attenzione. Tra le misure adottate più di frequente si possono citare la limitazione della circolazione veicolare a targhe alterne o per fasce orarie o giornaliere.

L'approvazione in sede europea della Direttiva Quadro 96/62/CEE, ha introdotto rilevanti novi-

Tabella 1: Standard di Qualità (DPCM 28/03/83; DPR 203/88; DM 16/05/96).

inquinante	Specifico dato	Periodo di riferimento	Valore Guida	Valore Limite
Biossido di zolfo SO <sub>2</sub>	Mediana delle concentrazioni medie di 24 nell'arco di 1 anno	01/04 - 31/03	40 – 60 µg/m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup>
	Media giornaliera	su 24 ore	100 - 150 µg/m <sup>3</sup>	--
	98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere in 1 anno	01/04 - 31/03	--	250 µg/m <sup>3</sup>
	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno	01/10 - 31/03/	--	130 µg/m <sup>3</sup>
Biossido di azoto NO <sub>2</sub>	98° percentile delle concentrazioni orarie rilevate in 1 anno	01/01 - 31/12	135 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>
	50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate in 1 anno	01/01 - 31/12	50 µg/m <sup>3</sup>	--
Ozono O <sub>3</sub>	Livello per la protezione della salute	media di 8 ore intervalli 0-8; 8-16; 16-24; 12-20		110 µg/m <sup>3</sup>
	Livello per la protezione della vegetazione	Media oraria		200 µg/m <sup>3</sup>
	Livello per la protezione della vegetazione	media su 24 ore		65 µg/m <sup>3</sup>
Monossido di carbonio CO	Concentrazione media di 8 ore		--	10 mg/m <sup>3</sup>
	Concentrazione media di 1 ora		--	40 mg/m <sup>3</sup>
Piombo Pb	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in 1 anno	01/01 - 31/02	--	2 µg/m <sup>3</sup>
Fluoro F <sub>I</sub>	Concentrazione media di 24 ore		--	20 µg/m <sup>3</sup>
	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in 1 mese		--	10 µg/m <sup>3</sup>
Particelle sospese PTS	Media aritmetica delle conc. medie di 24 ore rilevate in 1 anno	01/04 - 31/03	40 - 60 mg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>
	95° percentile di tutte le conc. medie di 24 ore rilevate in 1 anno	01/04 - 31/03	--	300 µg/m <sup>3</sup>
	Media giornaliera	00 - 24	100 – 150 mg/m <sup>3</sup>	--

tà nella valutazione e controllo della qualità dell'aria con i seguenti aspetti:

1. allargamento dello spettro di inquinanti da sottoporre a campagne di monitoraggio;
2. introduzione di valori limite più restrittivi, sia per gli inquinanti "convenzionali" (SO<sub>2</sub>, PTS, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) sia per i "non convenzionali" (PM<sub>10</sub>, benzene, IPA, cadmio, arsenico, nichel e mercurio).

Dal momento che la normativa si evolve sulla scorta di nuove e più approfondite conoscenze, ecco che i precedenti concetti di valore limite o di qualità sono stati rivisti o riformulati.

La Direttiva 96/62/CEE, recepita a livello italiano dal Decreto Legislativo n. 351/99, sostituisce infatti i limiti alle concentrazioni di inquinanti in aria sopra elencati con i seguenti:

- **valore limite:** livello fissato sulla base delle conoscenze scientifiche, allo scopo di evitare, prevenire o ridurre effetti dannosi per la salute umana e/o per l'ambiente nel suo complesso. Questo valore deve essere raggiunto in un dato periodo di tempo e, una volta raggiunto, non deve essere più superato. I valori limite e guida della vigente

normativa italiana hanno come obiettivo la tutela igienico-sanitaria delle persone: nella nuova impostazione europea prevedono anche la salvaguardia dell'ambiente nel suo complesso;

- **valore obiettivo:** livello fissato con lo scopo di evitare effetti dannosi a lungo termine per la salute umana e/o per l'ambiente nel suo complesso. L'obiettivo deve essere raggiunto, dove possibile, dopo un dato periodo di tempo;
- **soglia di allarme:** livello oltre il quale c'è il rischio per la salute umana, anche nel caso di breve esposizione. Tale concetto sostituisce quello di livello di attenzione e di allarme di cui al DM 25/11/94;
- **margini di tolleranza:** condizioni entro le quali il valore limite può essere superato per un certo periodo di tempo. Le tolleranze sono fissate solo qualora se ne ravvisi la necessità.

Parimenti, sono ridefiniti gli ambiti territoriali che ai sensi del Decreto n. 351/99 sono soggetti alla valutazione della qualità dell'aria. Questi nuovi ambiti sono denominati:

- **"zone"** ovvero porzioni del territorio nazionale delimitate ai sensi del D. Lgs n. 351/99;

Tabella 2: Limiti di attenzione ed allarme previsti dal DM 25/11/94

Inquinante	Liv. attenzione	Liv. allarme	Specifico dato	Situazione di allarme
CO (mg/m <sup>3</sup> )	15	30	Media oraria	Superamento nel 50% staz. A,C
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	125	250	Media giornaliera	Superamento nel 50% staz. A,B,C
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	200	400	Media oraria	Superamento nel 50% staz. A,B
PTS (µg/m <sup>3</sup> )	150	300	Media giornaliera	Superamento nel 50% staz. A,B,C
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	180	360	Media oraria	Una qualsiasi stazione di tipo A o D

Tabella 3: Obiettivi di qualità per inquinanti cosiddetti "non convenzionali".

Inquinante non convenzionale	Periodo di osservazione	Obiettivo di qualità a partire dal 01/01/99
polveri fini PM <sub>10</sub>	media mobile annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
benzene C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	media mobile annuale	10 µg/m <sup>3</sup>
Idrocarburi policiclici aromatici IPA	media mobile annuale	1 ng/m <sup>3</sup>

- **“agglomerati”** ovvero zone con popolazione superiore a 250.000 abitanti o, se la popolazione è pari o inferiore a 250.000 abitanti, con una densità di popolazione per km<sup>2</sup> tale da rendere necessaria la valutazione e la gestione della qualità dell’aria.

La successiva Direttiva 99/30/CE del 22/04/99 (denominata “Direttiva figlia”) entra in maggiore dettaglio, definendo i nuovi valori limite per biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), polveri PM<sub>10</sub> e Piombo (Pb), mentre per il monossido di carbonio (CO) e il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) l’attività di fissazione di nuovi standard di qualità ha trovato espressione nella Direttiva figlia 00/69/CE del 16/11/2000.

**Entrambe le Direttive figlie sono state recepite col Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n. 60, in data successiva, quindi, al periodo cui fa riferimento la presente relazione.**

Ai sensi del DM 60/02, dal 28 aprile 2002 sono in vigore i nuovi limiti aumentati del margine di tolleranza per il PM10 (1<sup>a</sup> fase), il CO, gli NO<sub>x</sub>, il benzene, l’SO<sub>2</sub> e il piombo. Restano in vigore i livelli di attenzione e allarme per l’O<sub>3</sub> (DM 25/11/94) fino all’emanazione del decreto di recepimento della Direttiva 2002/3/CE, prevista per

settembre 2003; rimane pure in vigore l’obiettivo di qualità degli IPA fissato dal DM 2-5/11/94.

Inoltre, fino alla data di entrata in vigore dei valori limite (non aumentati del margine di tolleranza), restano in vigore anche i valori limite di cui all’allegato I, tabella A del DPCM 28/03/83, come modificata dall’art. 20 del DPR 203/88 per l’SO<sub>2</sub>, gli NO<sub>x</sub>, il piombo e il CO.

Per quanto concerne le polveri respirabili PM<sub>2,5</sub>, parametro ancora piuttosto trascurato, si rimanda ai limiti dell’Agenzia di Protezione dell’Ambiente statunitense (US EPA) che considera ammissibili le seguenti concentrazioni in aria:

- 15 µg/m<sup>3</sup>, come valore medio annuale, avendo a disposizione almeno 3 anni di dati e più di una stazione di misura;
- 65 µg/m<sup>3</sup>, come 98° percentile calcolato per ciascuna stazione di misura sui valori medi delle 24 ore, avendo a disposizione almeno 3 anni di dati.

La Direttiva 00/69/CE tratta congiuntamente il monossido di carbonio (CO) e il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) per la somiglianza del loro comportamento in atmosfera. La Direttiva, caratterizzata da una

Tabella 4: Limiti alle concentrazioni di inquinanti nell’aria indicati dalla Direttiva 99/30/CEE

Inquinante	Tipo di limite	Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Tempo di mediazione	Entrata in vigore
<b>Biossido di zolfo</b> SO <sub>2</sub>	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>350</b> (da non superare più di 24 volte all’anno)	media oraria	01/01/2005
	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>125</b> (da non superare più di 3 volte all’anno)	media nelle 24 ore	01/01/2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	<b>20</b>	media anno e inverno	01/07/2001
<b>Biossido di azoto</b> NO <sub>2</sub>	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>200</b> (da non superare più di 18 volte all’anno)	media oraria	01/01/2010
	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>40</b>	media anno	01/01/2010
<b>Ossidi di azoto</b> NO <sub>x</sub>	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	<b>30</b>	media anno	01/07/2001
<b>PM<sub>10</sub> (fase 1)</b>	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>50</b> (da non superare più di 35 volte all’anno)	media nelle 24 ore	01/01/2005
	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>40</b>	media anno	01/01/2005
<b>PM<sub>10</sub> (fase 2)</b>	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>50</b> (da non superare più di 7 volte all’anno)	media nelle 24 ore	01/01/2010
	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>20</b>	media anno	01/01/2010
<b>Piombo</b> Pb	Valore limite per la protezione della salute umana	<b>0,5</b>	media anno	01/01/2005

struttura molto simile alla Direttiva 99/30/CE, definisce i nuovi valori limite e le date entro le quali tali valori dovranno essere rispettati (Tabella 5 e Tabella 6).

Per quanto riguarda l'ozono nell'aria, la Direttiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2002, fissa i "valori bersaglio", gli "obiettivi a lungo termine" e le "soglie di informazione e di allarme" (Tabella 7).

**Ai fini della direttiva 2002/3/CE si intende per:**

- **valore bersaglio:** livello fissato al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo;
- **obiettivo a lungo termine:** concentrazione dell'ozono nell'aria al di sotto della quale

si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo deve essere conseguito, salvo quando ciò non sia realizzabile tramite misure proporzionate, nel lungo periodo al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente;

- **soglia di allarme:** livello oltre al quale vi è un rischio per la salute umana di esposizione di breve durata della popolazione in generale, e raggiunto il quale gli Stati membri devono immediatamente intervenire, informando la popolazione ed attuando le misure previste da piani d'azione a breve termine.
- **soglia di informazione:** livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in

Tabella 5 - Valore limite indicato per il benzene dalla Direttiva 00/69/CE

Tipo di valore	Periodo di mediazione	Valore medio	Decorrenza
Valore limite (protezione della salute umana)	Anno civile	5 mg/m <sup>3</sup>	1° gennaio 2010 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Ad eccezione degli agglomerati nei quali è stata approvata una proroga limitata nel tempo (art. 3, paragrafo 2).

Tabella 6 - Valore limite indicato per il monossido di carbonio dalla Direttiva 00/69/CE

Tipo di valore	Periodo medio	Valore medio	Decorrenza
Valore limite (protezione della salute umana)	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	1° gennaio 2005

Tabella 7 - Valori bersaglio, obiettivi a lungo termine e soglie di informazione e di allarme per l'ozono riportati nell'Allegato I e II della Direttiva 2002/3/CE.

Valori bersaglio per l'ozono	Parametro	Valore bersaglio per il 2010
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 mg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40 <sup>(1)</sup> , calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18 mg/m <sup>3</sup> h come media su 5 anni
Obiettivi a lungo termine per l'ozono	Parametro	Obiettivo a lungo termine
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	120 mg/m <sup>3</sup>
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 mg/m <sup>3</sup> h
Soglie di informazione e di allarme per l'ozono	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 mg/m <sup>3</sup>
Soglia di allarme	Media di 1 ora	240 mg/m <sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> Per AOT40 si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 mg/m<sup>3</sup> e 80 mg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00, ora dell'Europa centrale.

caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale sono necessarie informazioni aggiornate.

Gli Stati membri sono tenuti a conformarsi alla nuova Direttiva 2002/3/CE entro il 9 settembre 2003, tuttavia l'orientamento dello Stato italiano è di recepire tale Direttiva anche alcuni mesi prima. La Direttiva 92/72/CEE è abrogata a decorrere dal 9 settembre 2003.

## MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN AMBITO URBANO

Il monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano è attuato attraverso le reti di monitoraggio.

L'attuale architettura di tali reti si rifà a quanto indicato nel DM 20 maggio 1991 "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria", che strutturava le reti di monitoraggio urbane in funzione del numero di abitanti (Tabella 8); con l'entrata in vigore del DM 2 aprile 2002, n° 60 è stato introdotto un nuovo criterio di individuazione del numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi (Allegato IX, DM 60/02) e dell'ubicazione di tali punti (Allegato VIII, DM 60/02) ed è stato attuato il D.Lgs. 351/99, art. 6, che obbliga la misurazione e la valutazione della qualità dell'aria ambiente negli agglomerati, nelle zone in cui il livello di concentrazione è compreso tra il valore limite e la soglia di valutazione superiore ed in altre zone dove tali livelli superano i valori limite.

Il DM 20 maggio 1991 fornisce le linee guida per la definizione di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano, tramite l'identificazione:

- degli inquinanti da valutare (inquinanti

primari: CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, idrocarburi, composti organici volatili, PTS, piombo ed altri metalli pesanti nel particolato sospeso ed inquinanti secondari: NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, prodotti di trasformazione degli ossidi di azoto e dell'anidride solforosa);

- del numero e tipologia di stazioni presso le quali effettuare le misure di tali contaminanti.

Per quanto riguarda il secondo punto, la struttura fondamentale di una rete urbana prevede l'individuazione di:

A. una o più stazioni di base o di riferimento (Tipo A), presso le quali misurare tutti gli inquinanti primari e secondari elencati ed i parametri meteorologici di base, nonché gli inquinanti non convenzionali da valutarsi con metodologie analitiche manuali. Tali stazioni debbono essere preferenzialmente localizzate in aree non direttamente interessate dalle sorgenti di emissione urbana (parchi, isole pedonali, etc.);

B. stazioni situate in zone ad elevata densità abitativa (Tipo B), nelle quali misurare la concentrazione di alcuni inquinanti primari e secondari con particolare riferimento a NO<sub>2</sub>, idrocarburi, SO<sub>2</sub>, materiale particolato in sospensione, con caratterizzazione, per quest'ultimo parametro, della massa e del contenuto in piombo;

C. stazioni situate in zone a traffico intenso (Tipo C), per la misura degli inquinanti emessi direttamente dagli autoveicoli (CO, idrocarburi volatili), situate in zone ad alto rischio espositivo quali strade ad elevato traffico e bassa ventilazione. Da menzionare il fatto che, in questo caso, i valori di concentrazione rilevati sono caratterizzati da una rappresentatività limitata alle immediate vicinanze del punto di prelievo;

D. stazioni situate in periferia od in aree suburbane (Tipo D), finalizzate alla misura degli inquinanti fotochimici (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, perossiacce-

Tabella 8: struttura delle reti urbane

Popolazione (n° abitanti)	Tipo di stazione			
	A	B	C	D
Inferiore a 500.000	1	2	2	1
Da 500.000 a 1.500.000	1	3	3	1
Superiore a 1.500.000	2	4	4	2

tilnitrato PAN), da pianificarsi sulla base di campagne preliminari di valutazione dello smog fotochimico, particolarmente nel corso dei mesi estivi.

Per ciascun centro urbano, il numero delle stazioni delle diverse tipologie indicate dipende dalla densità di popolazione, dalla struttura degli insediamenti abitativi, dalla presenza di sorgenti emmissive di varia natura, dall'estensione geografica e dal numero di abitanti (Tabella 8).

Riconoscendo il peso esercitato dal traffico veicolare nella contaminazione dell'ambiente atmosferico urbano, il DM 21 aprile 1999 n. 16-3, "*Individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i Sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione*", fissa i criteri in base ai quali il Sindaco può adottare provvedimenti di limitazione del traffico autoveicolare nell'area urbana, qualora tali misure siano ritenute produttive di un concreto beneficio in termini di miglioramento della qualità dell'aria. Tali criteri rimangono in vigore anche in seguito all'emanazione del DM 60/02, che modifica in parte il DM 163/99.

I criteri ambientali e sanitari sui quali l'autorità comunale può fondare gli eventuali provvedimenti relativi alla circolazione sono individuati attraverso una valutazione complessiva dell'ambiente atmosferico urbano, che impegna il Comune a redigere un Rapporto annuale sulla qualità dell'aria, avvalendosi del supporto tecnico degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute pubblica.

Il giudizio di qualità è fondato sulla verifica di eventuali superamenti degli obiettivi di quali-

tà per gli inquinanti non convenzionali (benzene, benzo(a)pirene, PM<sub>10</sub>) e dei livelli di attenzione per gli inquinanti convenzionali (biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>, particelle sospese totali - PTS, biossido di azoto - NO<sub>2</sub>, monossido di carbonio - CO ed ozono - O<sub>3</sub>), fissati dal Decreto Ministero Ambiente 25 novembre 1994.

La Provincia di Venezia che ha trasferito all'ARPAV la propria rete di monitoraggio della qualità dell'aria, mantiene, in stretta collaborazione con il Dipartimento Provinciale di Venezia dell'ARPAV stessa, il compito di coordinare le iniziative e diffondere le conoscenze acquisite tra tutti i Comuni del suo territorio.

Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria nei prossimi anni andranno ristrutturare, sia per renderle rispondenti alla nuova normativa vigente (DM 60/02), che per portare a compimento il processo di costituzione di EUROAIR-NET (European Air Network). Questa rete sarà costituita da una selezione di stazioni facenti parte dei diversi paesi della Comunità Europea. Le stazioni scelte dovranno essere situate in siti rappresentativi e dovranno garantire un livello di qualità elevato dei dati forniti.

Secondo quanto esposto nelle Direttive 99/30/CE e 00/69/CE, recepite dal DM 60/02, la misurazione nei siti fissi è richiesta solo in corrispondenza a zone con livelli di inquinamento più critici, mentre per situazioni meno compromesse, le misurazioni possono essere combinate con tecniche di modellizzazione, che possono diventare l'unico strumento valutativo per situazioni rispondenti agli standard di qualità.

## MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN AMBITO PROVINCIALE

La rete di monitoraggio presente sul territorio provinciale di Venezia è attiva, nella sua veste attuale, a partire dal 1999, data alla quale la rete urbana del Comune di Venezia e la rete della Provincia di Venezia sono state trasferite sotto la gestione unitaria dell'Agenzia regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), Dipartimento Provinciale di Venezia.

Nel suo complesso, la rete gestita dall'ARPAV è composta da 17 stazioni di rilevamento fisse e da tre laboratori mobili.

In Tabella 8 le stazioni sono classificate per ambito territoriale di competenza:

- **stazioni urbane;**
- **stazioni della cintura urbana;**
- **stazioni in ambito provinciale.**

La rete provinciale è composta da **17 stazioni fisse** adibite al rilevamento dell'inquinamento atmosferico, ubicate nell'area urbana di Venezia – Mestre – Marghera, e nei Comuni di Mira, Mirano, Spinea, Chioggia, Martellago e San Donà di Piave.

È attualmente in corso di attuazione una parziale ristrutturazione e razionalizzazione della rete di monitoraggio presente in ambito urba-

no, che comporterà il riposizionamento della stazione di Piazzetta Matter (tipo B) in un sito urbano analogo al precedente e l'eliminazione di una stazione di tipo C (Via Piave).

La posizione di Via Piave è andata infatti perdendo progressivamente significato rispetto al monitoraggio del traffico veicolare, a seguito delle modifiche alla circolazione attuate negli ultimi anni, con una consistente riduzione del numero di veicoli che la attraversano. Questa considerazione, unitamente alla prossimità della stazione di Via Circonvallazione e alla presenza di un numero di siti di tipo C superiore a quello previsto dalla normativa vigente (4 stazioni contro le 2 necessarie) ha portato a considerare attuabile tale intervento.

Le stazioni della rete provinciale sono classificate nel seguente modo:

- **2 stazioni di tipo A**, delle quali una ubicata in un'area verde di Mestre (Parco Bissuola) ed una in un'area di Marghera non direttamente influenzata da fonti di emissione significative (Via Bottenigo), attrezzata anche per il rilevamento dell'inquinamento di origine industriale;
- **5 stazioni di tipo B**, per la misura dell'inquinamento presente in aree densamente urbanizzate (Mestre: Viale San Marco e Piazzetta Matter; Venezia: Sac-

ca Fisola; Mira; Mirano). La stazione di Mira è attrezzata anche per il rilevamento dell'inquinamento fotochimica e degli inquinanti secondari in situazioni di vento proveniente da nord-est;

- **6 stazioni di tipo C**, per il rilevamento dell'inquinamento da traffico autoveicolare, situate in prossimità di strade ad elevata percorrenza (Mestre: Corso del Popolo, Via Piave, Via Circonvallazione, Via Da Verrazzano; Marghera: Via Fratelli Bandiera; Spinea: Via Roma);
- **1 stazione di tipo D**, per la rilevazione dell'inquinamento fotochimica e degli inquinanti secondari (Maerne di Martellago) in situazioni di vento proveniente da sud-est.

Sono inoltre presenti altre tre stazioni:

- **2** per ampliare la copertura della rete di rilevamento sul territorio provinciale (Chioggia; San Donà di Piave);
- **1** stazione preposta al controllo dell'inquinamento industriale (Malcontenta, definita di **tipo I**).

La rete fissa è integrata da **3 laboratori mobili**, di volta in volta utilizzati per campagne di rilevamento mirate da parte di ARPAV, ovvero per iniziativa della Provincia o su richiesta di Enti locali, Associazioni, ecc., per il controllo di situazioni locali di inquinamento che, nell'economia della gestione, non richiedono l'installazione di una stazione fissa.

Tutti i dati confluiscono all'Unità Funzionale Aria del Servizio di Chimica del Dipartimento Provinciale ARPAV di Venezia, dotato di una struttura informatizzata di gestione ed elaborazione dei dati, basata su una rete di unità periferiche gestite da un'unità centrale, con software appositamente studiato per semplificare le operazioni di verifica e validazione dei dati provenienti dalle stazioni fisse e mobili.

Oltre ad acquisire informazioni sull'inquinamento atmosferico mediante la rete di monitoraggio composta dalle stazioni fisse, ARPAV ha effettuato, sul territorio della Provincia di Venezia, campagne di misura periodiche, avvalendosi dei propri laboratori mobili.

Tabella 9: Struttura della rete provinciale di Venezia

N.	Località	Collocazione	Attivazione	Classe (DM 20-5-91)	Tipo
1	Via Bottenigo – Marghera	urbana	1994	A	background
2	Parco Bissuola – Mestre	urbana	1994	A	background
3	Viale San Marco - Mestre	urbana	1985	B	background
4	Sacca Fisola – Venezia	urbana	1994	B	background
5	Via Circonvallazione – Mestre	urbana	1985	C	traffico
6	Corso del Popolo – Mestre	urbana	1985	C	traffico
7	Via Da Verrazzano – Mestre	urbana	1994	C	traffico
8	Via Fratelli Bandiera – Marghera	urbana	1994	C	traffico
9	Maerne	cintura urbana	1987	D	background
10	Malcontenta	cintura urbana	1985	I/B	industriale
11	Chioggia	provincia	1987	A/B	background
12	Mira	provincia	1985	A/C	background
13	Mirano	provincia	1994	B	background
14	San Donà di Piave	provincia	1991	A/B	background
15	Spinea	provincia	1994	C	traffico
16	-	-	-	Unità mobile “bianca”	
17	-	-	-	Unità mobile “verde”	

## SOSTANZE INQUINANTI SOTTOPOSTE A MONITORAGGIO

Le sostanze inquinanti ed i parametri meteorologici sottoposti a monitoraggio in continuo presso le 17 stazioni fisse della rete provinciale sono brevemente sintetizzati nella tabella 9.

Per i metodi di misura utilizzati da ciascun analizzatore si fa riferimento alla *Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella Provincia di Venezia* relativa all'anno ecologico 1999-2000.

Per esigenze di servizio, durante l'anno eco-

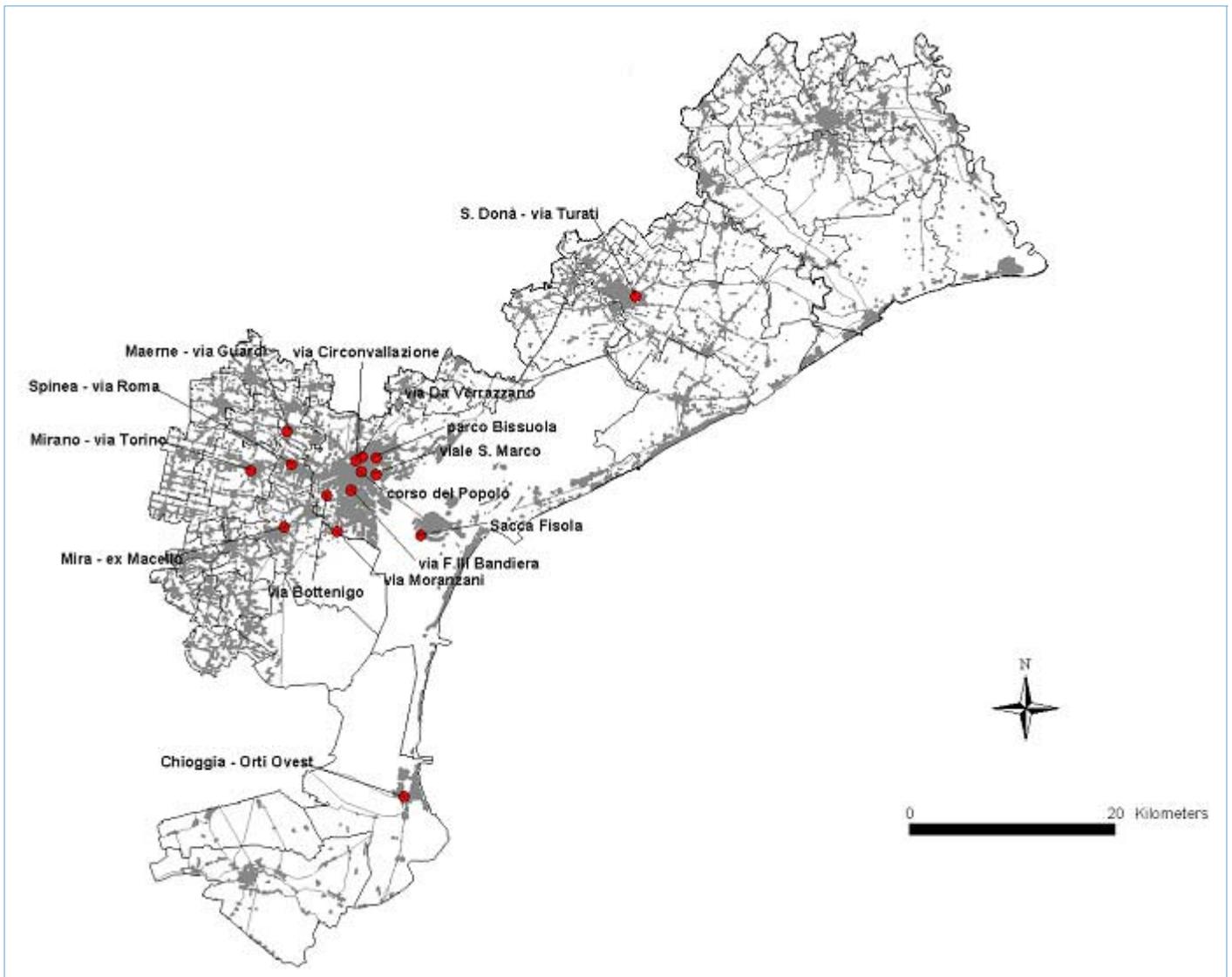
logico sono stati effettuati spostamenti della strumentazione.

Da notare, in particolare, che a partire dal 31 gennaio 2002 ARPAV ha reso disponibili, presso la stazione di via Circonvallazione, anche i dati di PM<sub>10</sub> ottenuti mediante analizzatore automatico, appositamente installato a scopo sperimentale per fornire indicazioni quotidiane, utili all'Amministrazione Comunale per decidere se attuare eventuali provvedimenti di limitazione del traffico.

Tabella 10: strumenti della rete

Stazione	SO2	NOX	CO	O3	PTS	NMHC	H2S	BTEX	IPA	PM10	R.ATT	DV	VV	TEMP	U REL	PREC	RSOLN	RSOLG	PRESS
Via Bottenigo	○	○	○	○	○	○						○	○	○	○	○	○	○	○
Parco Bissuola	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○			○	○
Viale San Marco	○	○			○	○						○	○	○	○				
Sacca Fisola	○	○		○	○	○	○				○	○	○	○	○				
Via Antonio Da Mestre	○	○				○		○	○	○									
Via Circonvallazione			○		○	○		○	○	○		○	○	○	○		○	○	
Corso del Popolo			○		○	○					○	○	○	○	○		○	○	
Via Da Verrazzano			○		○														
Via F.lli Bandiera			○		○	○						○	○	○	○		○	○	
Maerne	○	○		○	○														
Malcontenta	○	○			○							○	○						
Chioggia	○				○		○				○			○	○				
Mira	○	○		○		○					○	○	○	○	○				
Mirano	○	○			○	○						○	○						
San Donà di Piave	○				○						○			○	○				
Spinea			○		○	○						○	○	○	○		○	○	
Unità mobile "bianca"	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○				○
Unità mobile "verde"	○	○	○	○	○	○						○	○	○	○		○	○	○

Figura 1 – Localizzazione delle stazioni della rete ARPAV per il controllo dell'inquinamento atmosferico in Provincia di Venezia.



# Criteri di analisi

Nella presentazione dei dati e delle relative analisi, si ritiene più utile verificare il comportamento del singolo inquinante sull'intero territorio provinciale, in modo che se ne possa apprezzare l'importanza complessiva, piuttosto che aggregare le informazioni sulla qualità dell'aria per ciascun sito di monitoraggio. Contestualmente vengono evidenziate eventuali criticità locali caratteristiche del particolare sito di misura.

A questo scopo la descrizione dell'analisi dei dati relativi a ciascuna sostanza inquinante si compone dei seguenti punti:

- **Siti di misura**, ove sono evidenziate le posizioni in cui sono situate le stazioni di monitoraggio che hanno contribuito alla costruzione dell'archivio dati per la sostanza in esame. Per riportare sinteticamente i risultati dell'ampia analisi condotta su ciascun inquinante, sono state scelte alcune stazioni di monitoraggio, ritenute maggiormente rappresentative del territorio provinciale, con particolare riguardo alle stazioni che hanno registrato concentrazioni di inquinanti significative. La scelta è stata basata anche sulle stazioni utilizzate, a tale scopo, nella Relazione 1999-2000, per consentire un confronto più agevole. Maggiore attenzione è stata attribuita alle stazioni individuate, per il territorio della Provincia di Venezia, dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV, all'interno dello studio per la riqualificazione delle reti di monitoraggio ("Progetto di riqualificazione e ottimizzazione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto"), in linea con la normativa vigente del settore e con le Direttive europee (Direttiva quadro 96/62/CE, Direttive figlie 99/30/CE e 00/69/CE; "Criteria for Euroairnet" designati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente).
- **Caratteristiche generali**, dove vengono ricordate le proprietà principali della sostanza considerata, oltre che le principali fonti di emissione per la stessa.
- **Effetti sulla salute**, dove si segnalano i più importanti fattori di pressione sulla salute umana, ma anche sull'ambiente. Per ogni inquinante e per ciascuna stazione, sono stati elaborati una molteplicità di parametri descrittivi illustrati nel seguito.
- **Analisi statistica dei dati**. Sono stati calcolati i principali parametri statistici, relativi agli inquinanti convenzionali, per l'anno ecologico compreso tra il 1 aprile 2000 e il 31 marzo 2001, quali:
  - % dati validi (calcolata su base oraria

- per NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NMHC e su base giornaliera per SO<sub>2</sub>, PTS);
- media (valore medio della distribuzione dei dati);
- deviazione standard (indice della dispersione dei dati attorno al valore centrale);
- 25° percentile (valore che si posiziona al di sotto del 75% dei dati);
- mediana (valore che si posiziona al 50% dei dati ovvero nella posizione centrale della distribuzione degli stessi);
- 75° percentile (valore che si posiziona al di sopra del 75% dei dati);
- 98° percentile (valore che si posiziona al di sopra del 98% dei dati, ovvero indice del massimo).

In Allegato 1 è riportata una tabella delle statistiche descrittive per tutti i parametri presenti in ciascuna stazione, ai sensi della normativa vigente.

- **Confronto con valore guida, valore limite e/o livelli di attenzione e di allarme.** Le diverse analisi che contribuiscono a definire lo stato della qualità dell'aria comprendono l'osservazione del comportamento dei diversi inquinanti nel lungo e breve periodo, in funzione delle loro specifiche proprietà chimiche e di diffusione, permettendo di conseguenza di delineare scenari rispettivamente cronici ed acuti. Lo scenario di inquinamento cronico nell'area di studio (v. Allegato 2) è stato delineato mediante alcuni indicatori di qualità identificati nei valori guida e valori limite fissati dal DPCM 28/03/83 e dal DPR n. 203/88 per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e le polveri totali sospese (PTS). Gli episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento:
  - dei livelli di attenzione e di allarme per i parametri biossido di azoto, monossido di carbonio, polveri totali sospese e ozono (ai sensi del DM 25/11/94);
  - del limite di 10 mg/m<sup>3</sup> mediato sulle 8 ore per il monossido di carbonio (ai sensi del DPCM 28/03/83);

- dei livelli di protezione della salute e della vegetazione per l'ozono (ai sensi del DM 16/05/96).

E' stato, quindi, calcolato il numero di giorni durante i quali sono stati rilevati dei superamenti; in Allegato 3 è riportato il dettaglio del numero di superamenti del livello di attenzione e di allarme per ciascuna stazione della rete.

- **Persistenza degli inquinanti.** Questo tipo di rappresentazione, già utilizzata nelle Relazioni precedenti (anno ecologico 1999-2000 e 2000-2001), ha lo scopo di rappresentare graficamente quanto a lungo la concentrazione di una sostanza eccede una determinata soglia, e quante volte ciò accade nell'arco dell'anno ecologico. Le soglie considerate sono scelte tra quelle ritenute più significative della Tabella 1 e Tabella 2, rispetto ai relativi periodi di riferimento, indicati con il termine di Tempi di Mediazione (TdM). I TdM scelti sono: ore, giorni, o in generale periodi di 3 o di 8 ore. Gli istogrammi mostrano la distribuzione percentuale delle persistenze nel tempo per tutti quei casi in cui si realizza il superamento della soglia prescelta. Sull'asse delle ascisse è riportato il numero di tempi di media consecutivi (1 TdM, 2 TdM, 3 TdM, fino a 5 TdM, fino a 10 TdM, etc.) interessati dal superamento e sull'asse delle ordinate la percentuale di superamento di un certo numero di tempi di media rispetto al totale dei superamenti misurati. I grafici a torta illustrano quanto pesano questi casi in cui si riscontra il superamento della soglia sul computo totale dei dati monitorati, indicando la percentuale di dati oltre la soglia, la percentuale di dati validi e la percentuale di dati invalidi rispetto al totale.
- **Giorno - tipo**, ossia la media dei valori riscontrati durante tutto l'anno ecologico per ciascuna ora del giorno. E' stata fatta un'ulteriore distinzione tra giorni feriali e fine settimana (dalle 00.00 del sabato alle 24.00 della domenica). Molti di questi grafici presentano un dato mancante in corrispondenza dell'orario di taratura di ciascun

inquinante.

- **Media mobile per gli inquinanti non convenzionali.** Il monitoraggio estensivo per l'anno ecologico 2001/2002 dei parametri non convenzionali (benzene, benzo(a)pirene e  $PM_{10}$ ) presso le tre postazioni di misura fisse di Parco Bissuola (tipo A), via Antonio Da Mestre (tipo B) e via Circonvalazione (tipo C), ha consentito il calcolo della media mobile annuale da raffrontare con gli obiettivi di qualità fissati dal DM 25/11/94 (Tabella 3). La stazione di via A. Da Mestre è entrata definitivamente a regime da marzo 2001, tuttavia il campionamento di benzo(a)pirene e  $PM_{10}$  è stato interrotto nei mesi di agosto, settembre ed ottobre 2001, di conseguenza per questi inquinanti è più opportuno considerare la media mensile piuttosto che la media mobile. In questa stazione è possibile calcolare la media mobile annuale solo per il benzene. Per il benzene, ai sensi del DM 25/11/94, la media giornaliera di concentrazione è da ritenersi valida se sono presenti almeno il 70% di dati orari (cioè almeno 17 su 24 dati validi al giorno); la media mobile annuale è da ritenersi valida se sono presenti almeno 15 dati giornalieri validi al mese. Per le polveri inalabili  $PM_{10}$ , ai sensi del DM 25/11/94, la media mobile annuale è da ritenersi valida se sono presenti almeno 15 dati giornalieri validi al mese. Per calcolare la media mobile annuale del benzo(a)pirene sono sufficienti 5 dati giornalieri al mese, in quanto il DM 25/11/94 richiede una misura ogni 3-6 giorni. Il rispetto di tali condizioni

di validità per il  $PM_{10}$  e per il benzo(a)pirene è stato garantito a partire da gennaio 2002. La media mobile annuale, prevista dal DM 25/11/94 come strumento di analisi dei suddetti inquinanti, fornisce risultati soddisfacenti solo qualora i dati siano omogeneamente distribuiti nell'arco dei mesi osservati. Si è ritenuto pertanto preferibile utilizzare, come miglior stima della media mobile annuale, la media delle medie mensili, che risente meno della disomogeneità della distribuzione delle rilevazioni nei diversi periodi dell'anno e pertanto permette di pesare in modo equilibrato ciascun periodo stagionale.

- **Trend storico.** Per ciascuna stazione di monitoraggio è stato rappresentato graficamente l'andamento di tutti gli inquinanti negli ultimi anni (1994-2001) attraverso la mediana ed il 98° percentile. Disponendo di un archivio storico significativo, è importante porre a confronto tra di loro le concentrazioni di inquinanti rilevati negli ultimi anni. In particolare, è interessante conoscere la variazione della concentrazione media di una sostanza nell'aria, indicata dalla mediana, e qual è stato il comportamento dei valori massimi negli stessi periodi, indicati dal 98° percentile. La situazione più confortante è quella in cui entrambi gli indicatori sono decrescenti col trascorrere del tempo. Per un'analisi di tipo spaziale dei dati di una singola sostanza rilevati presso varie stazioni di monitoraggio, si rimanda alle matrici di correlazione rappresentate nella Relazione 1999-2000.



# Gli inquinanti atmosferici

## CLASSIFICAZIONE DEGLI INQUINANTI

I fenomeni di inquinamento sono il risultato di una complessa interazione tra vari fattori; alcuni portano ad un accumulo degli inquinanti mentre altri determinano la loro rimozione e la loro diluizione in atmosfera. L'entità e le modalità di emissione (sorgenti puntiformi, diffuse, altezza di emissione, etc.), i tempi di persistenza degli inquinanti, il grado di rimescolamento dell'aria, sono alcuni dei principali fattori che producono variazioni spazio-temporali nella composizione dell'aria.

Le sostanze inquinanti presenti in atmosfera possono dare luogo a reazioni. Gli inquinanti primari sono emessi direttamente in atmosfera, mentre gli inquinanti secondari si originano per trasformazione chimica a seguito dell'emissione in atmosfera.

Gli inquinanti primari possono essere di tipo gassoso o particellare.

Tra i gas si segnalano in particolare:

- composti dello zolfo ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ );
- composti dell'azoto ( $\text{NO}$ ,  $\text{NH}_3$ );
- composti del carbonio (idrocarburi,  $\text{CO}$ );
- composti alogenati ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{CFC}$ ).

Il particolato si classifica in ragione del diametro delle particelle: si considerano grossolane quelle con diametro maggiore di  $2 \mu\text{m}$  e fini

quelle con diametro minore di  $2 \mu\text{m}$ .

Dal punto di vista sanitario si usa distinguere le particelle inalabili, aventi diametro minore di  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), dalle particelle respirabili, aventi diametro minore di  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

Le particelle fini sono generate, principalmente, da processi di combustione naturali ed antropogenici e da processi chimici di conversione (particelle "secondarie"), mentre quelle grossolane si formano per azione meccanica, termine che include processi a bassa temperatura (ad esempio risospensione di particelle terrigene da traffico ed attività agricole o produzione di sali marini) e ad elevata temperatura (ad esempio produzione di ceneri industriali).

Il particolato è composto anche da una quota di componente inorganica. Questa è costituita da un'ampia gamma di ossidi e sali di metalli pesanti (ad esempio piombo, cadmio, zinco, alluminio, etc.) e da acidi (ad esempio acido cloridrico, nitrico, solforico, etc.) e basi (ad esempio ammoniaca, etc.).

I principali inquinanti secondari di tipo gassoso sono:

- $\text{NO}_2$  derivante da  $\text{NO}$  primario;
- $\text{O}_3$  prodotto per via fotochimica.

Entrambi i gas intervengono nei complessi meccanismi di reazione che costituiscono il co-

siddetto "smog fotochimico".

Il particolato secondario può derivare da reazioni chimiche e chimico-fisiche che coinvolgono inquinanti gassosi sia primari che secondari. I più noti processi sono:

- la trasformazione di  $\text{SO}_2$  in solfati,  $\text{SO}_4^-$ ;
- la trasformazione di  $\text{NO}_2$  in nitrati,  $\text{NO}_3^-$ ;

la trasformazione di composti organici in particelle organiche.

## INQUINANTI MONITORATI

### BIOSSIDO DI ZOLFO ( $\text{SO}_2$ )

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) sono 11:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); viale S. Marco (B); via A. Da Mestre (B); Chioggia (A/B); Maerne (D); Malcontenta (I/B); Mira (A/C); Mirano (B); S. Donà di Piave (A/B).

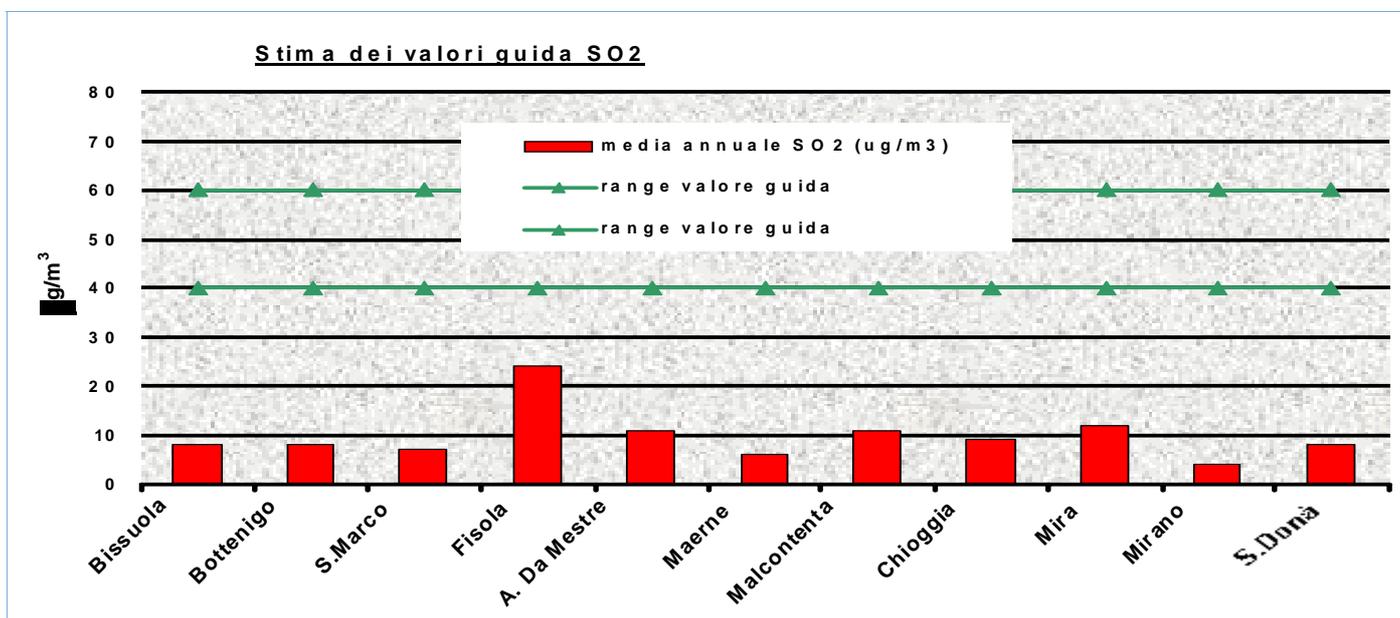
**Caratteristiche generali.** Gli ossidi di zolfo, costituiti da biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) ed in piccole quantità, da triossido di zolfo o anidride solforica ( $\text{SO}_3$ ), sono composti originati da processi di combustione di combustibili contenenti zolfo che si svolgono nell'ambito della produzione di elettricità e di calore (centrali termoelettriche e produzione di calore anche a fini dome-

stici). Attualmente, stante la normativa in vigore nella maggior parte dei centri urbani, la presenza di questo inquinante in atmosfera è da attribuire essenzialmente alla combustione del gasolio negli impianti di riscaldamento e nei motori diesel.

Nella provincia di Venezia, in particolare, si può stimare che una percentuale assai rilevante delle emissioni di biossido di zolfo sia imputabile alla zona industriale di Porto Marghera, vista l'alta metanizzazione degli impianti di riscaldamento civili. Negli anni passati, la concentrazione di questo inquinante è stata molto superiore ai livelli attuali, in quanto nei centri urbani venivano impiegati combustibili ad elevato tenore di zolfo. Il controllo dello zolfo alla sorgente, ossia nel combustibile, unitamente all'estensivo uso di gas naturale pressoché privo di zolfo, hanno contribuito a ridurre le emissioni di questo gas a livelli accettabili.

**Effetti sulla salute.** Il biossido di zolfo ha effetto irritante sulle prime vie aeree e può causare costrizione dei bronchi in soggetti predisposti, anche a concentrazioni dell'ordine delle centinaia di ppb. Concentrazioni di 30-100 ppm producono nell'uomo un'alta incidenza di naso-faringiti, alterazione del senso del gusto e dell'olfatto, alta acidità urinaria e senso di stanchezza. L'esposizione cronica ad  $\text{SO}_2$  determina effetti a carico dell'apparato respiratorio quali

Grafico 1 - Calcolo dell'indice statistico (media annuale delle concentrazioni giornaliere) per confronto con il valore guida e limite per  $\text{SO}_2$  anno ecologico 2001/2002.



polmonite, bronchiti, tracheiti, incremento di istamina nei polmoni, etc.

### Il biossido di zolfo nell'anno ecologico 20-00/2001: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio provinciale sono le seguenti:

- *ambito urbano*: via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); via A. Da Mestre (B);
- *cintura urbana*: Maerne (D); Malcontenta (I/B);
- *ambito provinciale*: Chioggia (A/B); S. Donà di Piave (A/B); Mira (A/C).

Nelle stazioni della rete dotate di analizzatore di biossido di zolfo la percentuale di dati di concentrazione media giornaliera da ritenersi validi è maggiore o uguale al 90%, ad eccezione delle stazioni di via Bottenigo (87%) e di via A. Da Mestre (84%).

Considerando le stazioni dell'intera rete di monitoraggio (Grafico 1) si osserva che il biossido di zolfo non presenta superamenti dei valori guida di 40-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (media annuale delle medie su 24 ore) e del valore limite di 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (mediana annuale delle medie sulle 24 ore).

Tuttavia, nella metà delle stazioni della rete provinciale, cioè in viale S. Marco, a Sacca Fisola, Malcontenta, Chioggia e Mira, la media

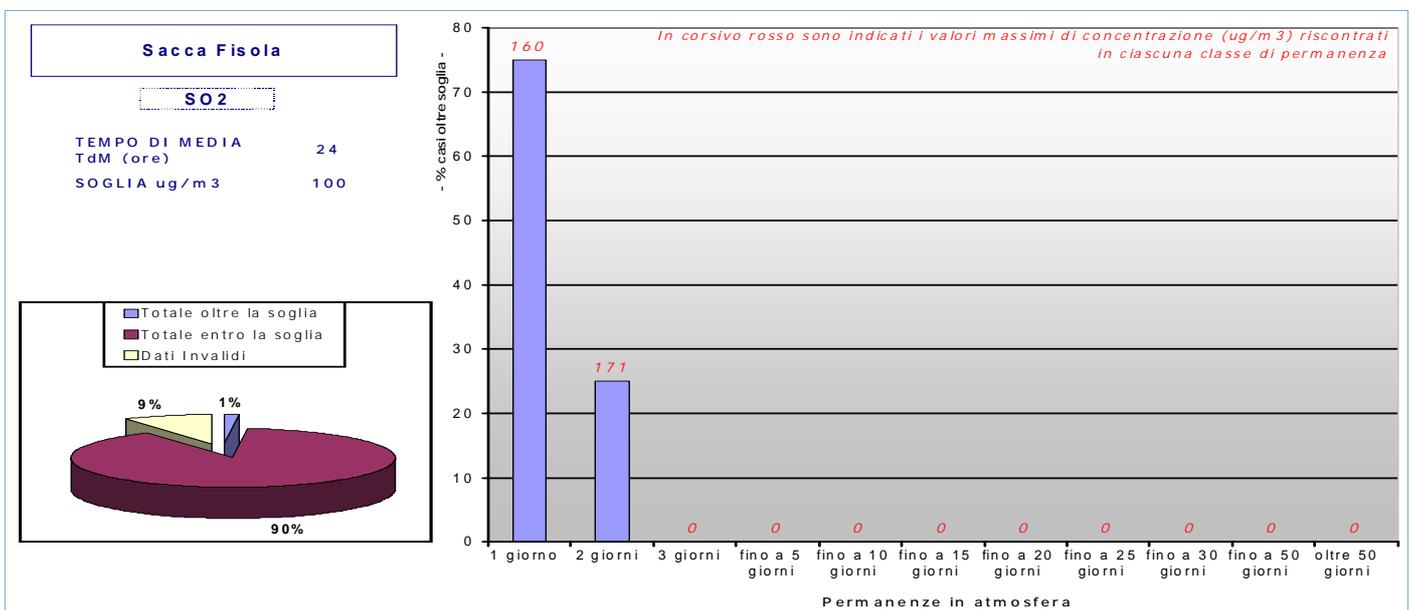
della concentrazione di  $\text{SO}_2$  nell'anno ecologico 2001/2002 risulta superiore rispetto a quella misurata nell'anno ecologico precedente. Dunque si può notare che in alcune stazioni esiste un'inversione di tendenza rispetto a quanto accaduto negli ultimi anni in cui il livello di concentrazione di  $\text{SO}_2$  in atmosfera era diminuito progressivamente.

Le situazioni meno positive sono quelle di Sacca Fisola (24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Mira (12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Malcontenta (11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e via A. Da Mestre (11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In particolare a Sacca Fisola la concentrazione media annuale è 3 volte superiore a quella calcolata nell'anno ecologico 2000/2001 (8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Solo presso la stazione di Sacca Fisola (Allegato 3) le concentrazioni medie giornaliere hanno superato il livello di attenzione nei giorni 22/11/01, 04/02/02 e 05/02/02, caratterizzati da vento con direzione prevalente proveniente da OSO, NO e SO, rispettivamente. Il livello di allarme non è mai stato raggiunto.

Si fa notare inoltre come nella stazione di Sacca Fisola, prendendo a riferimento il valore di 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{SO}_2$  nelle 24 ore (valore guida inferiore indicato dal DPR 203/88), questo venga oltrepassato in 5 giorni durante l'anno ecologico 2001/2002 (Grafico 2) e precisamente nelle seguenti giornate: 29/10/01 (media giornaliera pari a 112  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 22/11/01 (160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 29/01/02 (106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 04/02/02 (126  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 05/02/02 (171  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); la concentrazione

Grafico 2 – Permanenza in atmosfera di concentrazioni di  $\text{SO}_2$  mediate su 24 ore superiori ai 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

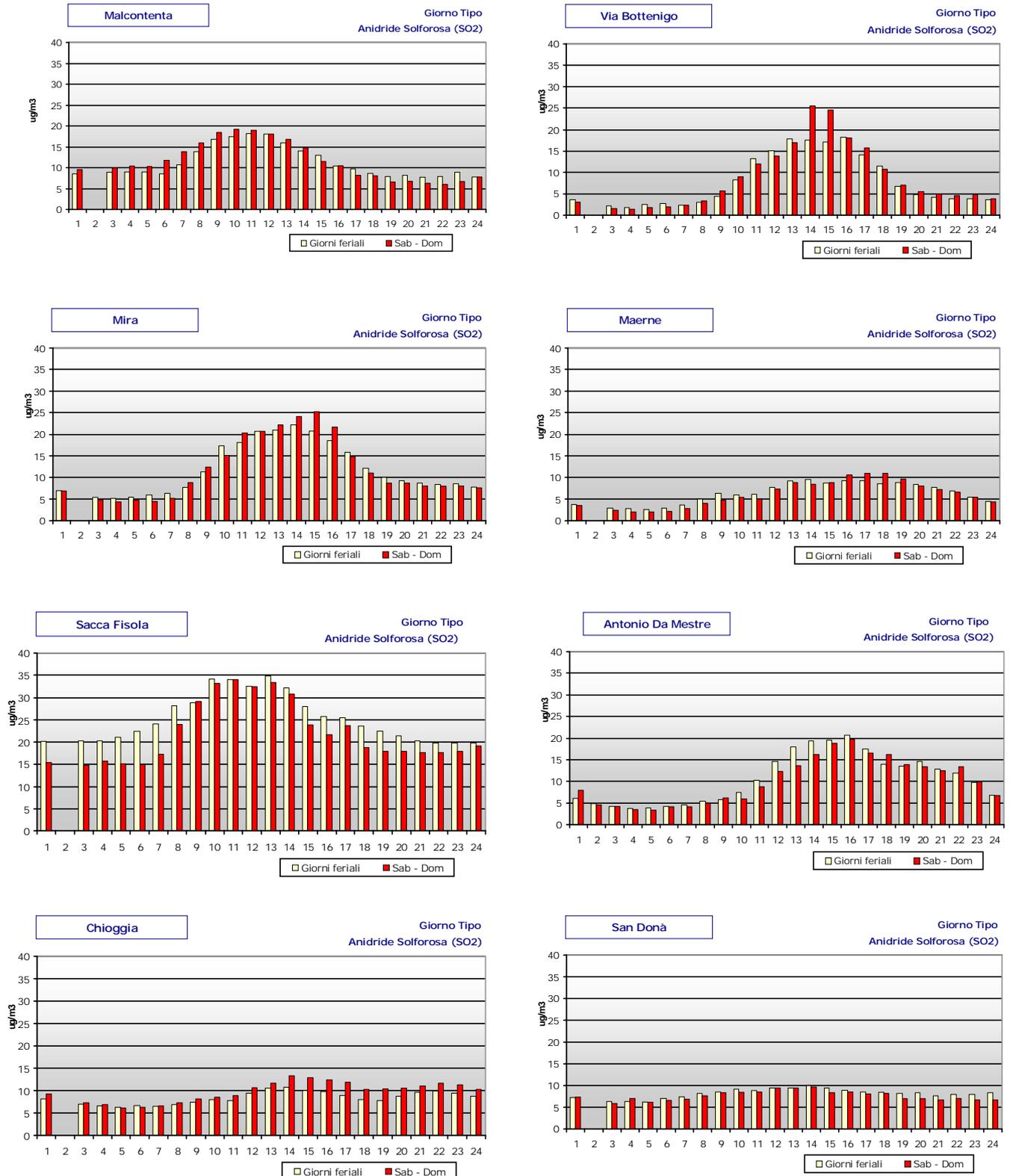


media giornaliera di SO<sub>2</sub> è rimasta al di sopra della soglia suddetta al massimo per 2 giorni consecutivi. In tutte le altre stazioni non sono stati riscontrati superamenti della stessa soglia. Nel precedente anno ecologico solo a S. Donà di Piave e Chioggia era stato rilevato un solo

giorno di superamento della stessa soglia in tutto l'anno ecologico.

Anche quest'anno, come nei tre precedenti, operando un raffronto tra i grafici del giorno - tipo nelle diverse stazioni di misura, si osserva un picco di concentrazione dell'inquinante che

Grafico 3 – Giorno - tipo.



sembra spostarsi nell'arco delle 24 ore secondo una linea geografica che va da Malcontenta (massimo di concentrazione – tipo alle ore 1-1.00) verso la Riviera del Brenta (stazione di Mira, con massimo di concentrazione – tipo alle ore 15.00) (Grafico 3). Tuttavia si osserva anche che, a differenza dello scorso anno ecologico, il giorno - tipo della stazione di Sacca Fisola presenta un picco di concentrazione piuttosto marcato attorno alle ore 12.00.

Nel grafico 3 si nota che spesso le concentrazioni di biossido di zolfo misurate nel fine settimana (sabato e domenica) sono tutt'altro che inferiori a quelle misurate nei giorni infrasettimanali (dal lunedì al venerdì), a differenza di quanto si è verificato durante l'anno ecologico precedente, soprattutto dalle ore 7.00 alle ore 15.00 e successivamente dalle 19.00 alle 22.00. Nell'anno ecologico 2001/2002 si consideri ad esempio al caso di via Bottenigo (Grafico 3) alle ore 14.00 e 15.00. Tale variazione rispetto all'anno ecologico precedente, può essere dovuta, a seconda dei casi, all'aumento della concentrazione di SO<sub>2</sub> nel fine settimana oppure alla riduzione della stessa durante la settimana; è quest'ultimo il caso di quanto osservato in via Bottenigo.

Alcune stazioni dell'area urbana, come quella in Parco Bissuola, non presentano una variazione sostanziale della concentrazione di SO<sub>2</sub>

nell'arco della giornata – tipo; lo stesso si osserva a S. Donà di Piave (Grafico 3).

### OSSIDI DI AZOTO (NO<sub>x</sub>)

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di ossidi di azoto sono 9:

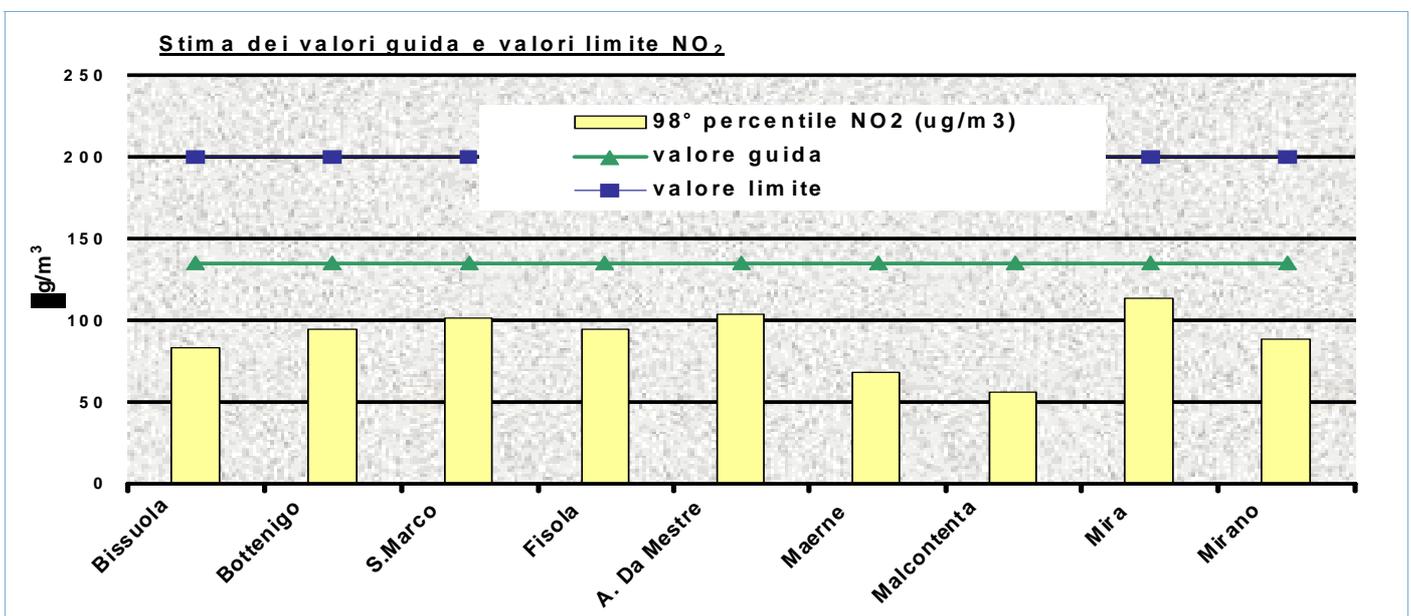
Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); viale S. Marco (B); via A. Da Mestre (B); Maerne (D); Malcontenta (I/B); Mira (A/C); Mirano (B).

**Caratteristiche generali.** Esistono numerose specie chimiche di ossidi di azoto, classificate in funzione dello stato di ossidazione dell'azoto:

- Ossido di diazoto: N<sub>2</sub>O
- Ossido di azoto: NO
- Triossido di diazoto (Anidride nitrosa): N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Biossido di azoto: NO<sub>2</sub>
- Tetrossido di diazoto: N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
- Pentossido di diazoto (Anidride nitrica): N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Le emissioni naturali di NO comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo; le emissioni antropogeniche sono principalmente dovute ai trasporti, all'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore e, in misura minore, alle attività industriali. Negli ultimi anni le emissioni antropoge-

Grafico 4 - Calcolo dell'indice statistico (98° percentile delle concentrazioni orarie rilevate per l'intero anno ecologico) per confronto con il valore guida e limite per NO<sub>2</sub> anno ecologico 2001/2002.



niche di ossidi di azoto sono aumentate notevolmente e questa è la causa principale dell'incremento della concentrazione atmosferica delle specie ossidanti. Il monossido di azoto si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e ad elevata temperatura; l'ulteriore ossidazione dell' NO produce anche tracce di biossido di azoto, che in genere non supera il 5% degli NO<sub>x</sub> totali emessi. La formazione di biossido di azoto, la specie di prevalente interesse per i possibili effetti sulla salute umana e che svolge un importante ruolo nel processo di formazione dell'ozono, avviene per ossidazione in atmosfera del monossido di azoto.

**Effetti sulla salute.** Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) può provocare un'irritazione del compartimento profondo dell'apparato respiratorio. Il livello più basso al quale è stato osservato un effetto sulla funzione polmonare nell'uomo, dopo una esposizione di 30 minuti, è pari a 560 µg/m<sup>3</sup>; questa esposizione causa un modesto e reversibile decremento nella funzione polmonare in persone asmatiche sottoposte a sforzo. Sulla base di questa evidenza, e considerando un fattore di incertezza pari a 2, l'Organizzazione Mondiale per la Sanità ha raccomandato per l' NO<sub>2</sub> un limite guida per 1 ora pari a 200 µg/m<sup>3</sup>, ed un limite per la media annua pari a 40 µg/m<sup>3</sup>.

## Il biossido di azoto nell'anno ecologico 20-01/2002: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio provinciale sono le seguenti:

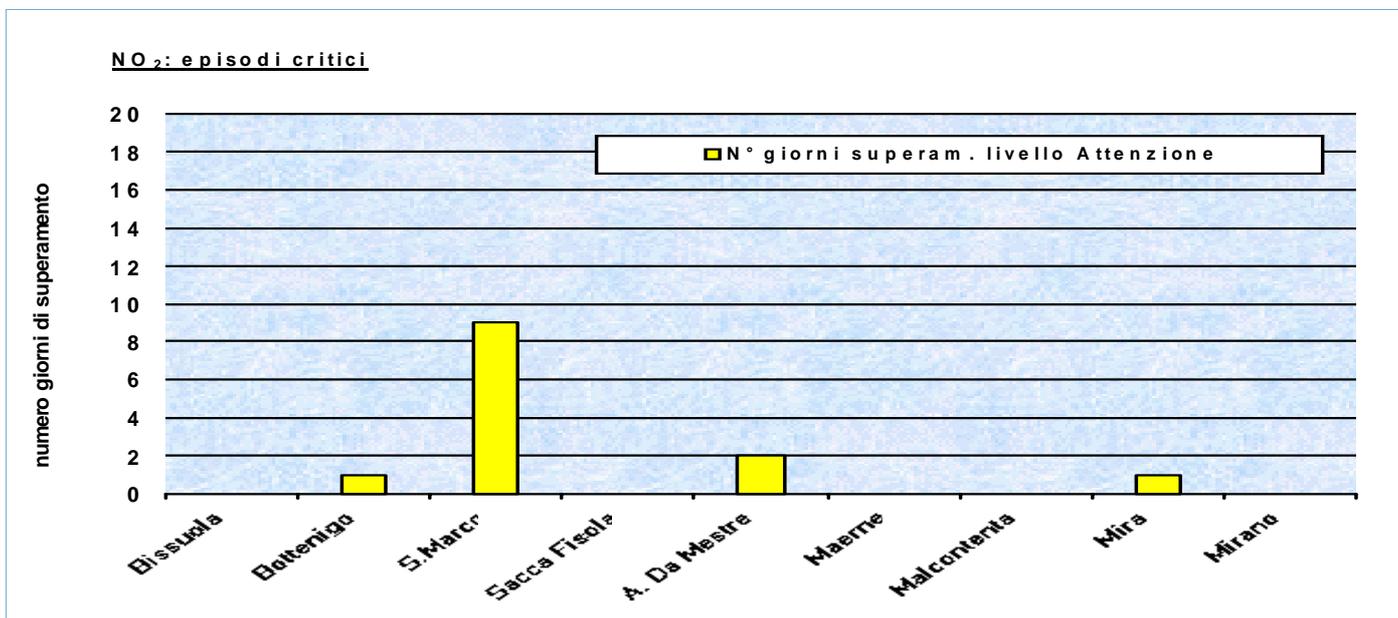
- *ambito urbano:* Parco Bissuola (A); Sacca Fisola (B); viale S. Marco (B); via A. Da Mestre (B)
- *cintura urbana:* Maerne (D); Malcontenta (I/B)
- *ambito provinciale:* Mira (A/C); Mirano (B)

Nelle stazioni della rete dotate di analizzatore di biossido di azoto la percentuale di dati di concentrazione oraria da ritenersi validi è maggiore o uguale al 90%, ad eccezione della stazione di via Bottenigo (85%), Sacca Fisola (88%) e Mirano (89%).

Nell'anno ecologico 2001/2002 il biossido di azoto non mostra superamenti del valore guida di 135 µg/m<sup>3</sup> e del valore limite di 200 µg/m<sup>3</sup> (98° percentile delle medie orarie) in nessuna delle stazioni della rete provinciale.

Il 98° percentile delle medie orarie si è ridotto soprattutto nelle stazioni che il precedente anno ecologico avevano presentato dei superamenti del valore guida, quali Mira (da 183 a 114 µg/m<sup>3</sup>) e Parco Bissuola (da 163 a 84 µg/m<sup>3</sup>).

Grafico 5 – Numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione di NO<sub>2</sub> nell'anno ecologico 2001/2002.



m<sup>3</sup>). Tuttavia, in altre stazioni, lo stesso indicatore ha segnalato un peggioramento, come a Sacca Fisola da 72 a 95 µg/ m<sup>3</sup> ed a Mirano da 76 a 89 µg/m<sup>3</sup>.

Il biossido di azoto è una sostanza spesso responsabile di fenomeni di inquinamento acuto, cioè relativi al breve periodo. Tali episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento dei livelli di attenzione e di allarme. Tale inquinante presenta superamenti del livello di attenzione (200 µg/m<sup>3</sup>) presso le stazioni di viale S. Marco (9 giorni con almeno un superamento nell'intero anno ecologico 2001/2002), A. Da Mestre (2 giorni), via Bottenigo e Mira (1 giorno) (Grafico 5).

Complessivamente il numero di giorni di superamento del livello di attenzione si è ridotto notevolmente rispetto all'anno ecologico precedente. In particolare, nella stazione di Parco Bissuola, non si sono verificati casi di superamento del livello di attenzione, contro i 14 giorni dello scorso anno. Anche a Mira il numero di giorni con almeno un superamento si riduce da

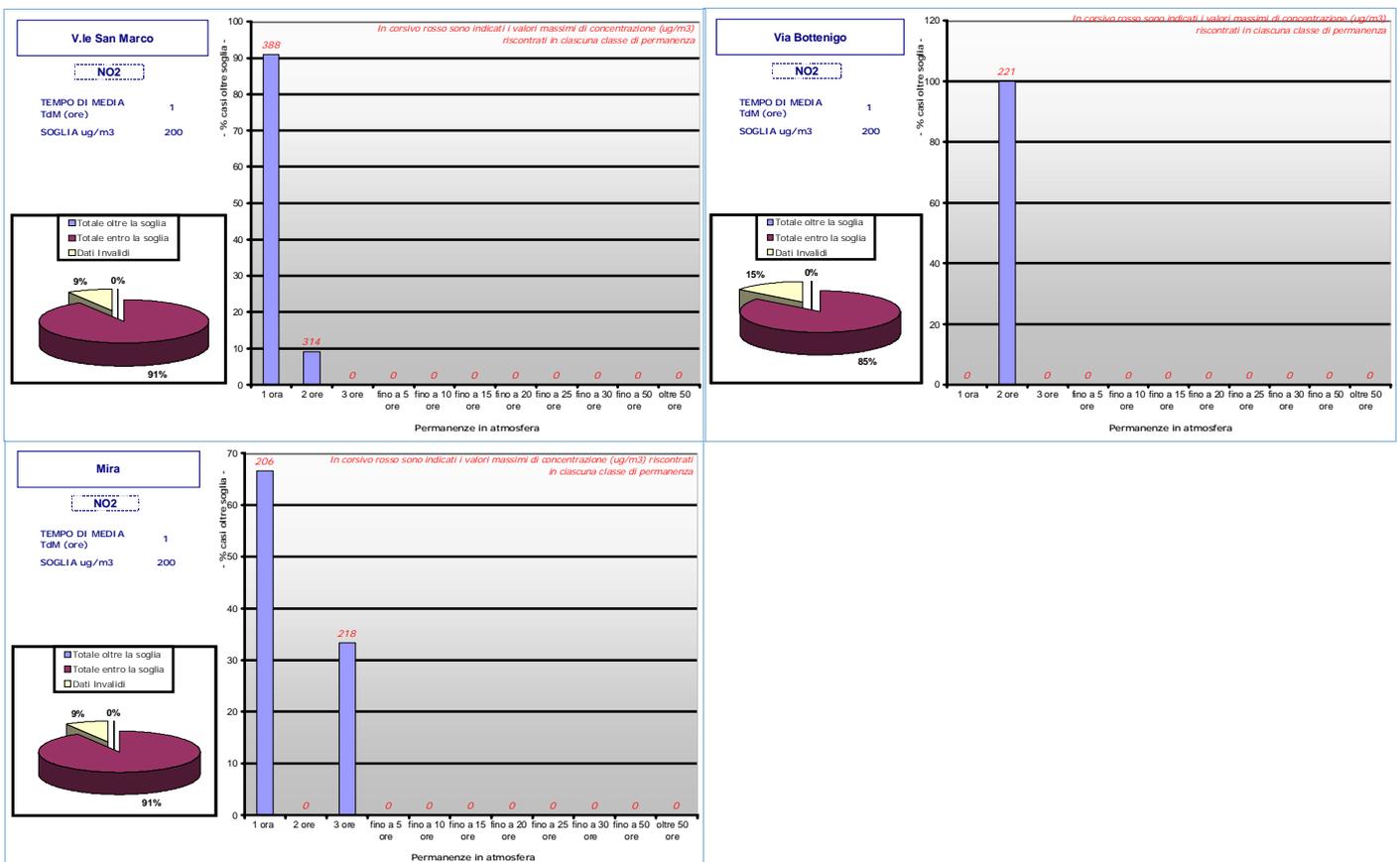
15 a 1.

I casi di superamenti orari del livello di attenzione (pari a 200 µg/m<sup>3</sup>) in viale S. Marco hanno avuto una permanenza massima di 2 ore consecutive, durante il 7 agosto 2001, così pure in via Bottenigo, durante il 17 dicembre 2001; mentre a Mira i superamenti hanno avuto una permanenza massima di 3 ore consecutive nel giorno 10 gennaio 2002 (Grafico 6). In via A. Da Mestre i superamenti non si sono mai prolungati oltre 1 ora.

Per le stazioni non appartenenti al centro abitato di Mestre, quali Sacca Fisola, Mirano, Maerne e Malcontenta, si è verificato il sostanziale rispetto dei valori guida, dei valori limite nonché dei livelli di attenzione. Lo stesso vale anche per la stazione urbana di Parco Bissuola (tipo A) a Mestre, che quest'anno ecologico ha mostrato una complessiva riduzione delle concentrazioni medie di tutti gli inquinanti misurati, ad eccezione di PTS e NMHC.

I coefficienti di correlazione tra i valori orari del giorno - tipo (vedi Relazione anno ecologico 1999-2000) indicano che, molto probabilmente,

Grafico 6 – Permanenza in atmosfera di concentrazioni di NO<sub>2</sub> mediate su 1 ora superiori ai 200 µg/ m<sup>3</sup>.



la presenza di questo inquinante è comunque generalizzata in ambito urbano.

Infatti l'andamento tipo giornaliero con due picchi di concentrazione (tra i 40 e 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), uno intorno alle ore 7.00-8.00 e l'altro maggiore nel periodo serale - notturno, è comune a tutte le stazioni (Grafico 7). Leggermente diversa è la situazione riscontrata a Sacca Fisola dove, per la posizione particolare che la stazione occupa in una delle isole di Venezia, l'evoluzione dei fenomeni inquinanti ha effettivamente un diverso andamento, con il picco più pronunciato al mattino piuttosto che alla sera, ma comunque intorno ai 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grafico 7).

Come si può notare dal Grafico 7, le concentrazioni di  $\text{NO}_2$  misurate nei giorni lavorativi sono lievemente superiori a quelle misurate durante il fine settimana, anche se la differenza è molto meno marcata rispetto all'anno ecologico

precedente, soprattutto a causa di una riduzione della concentrazione di  $\text{NO}_2$  nei giorni feriali (ad esempio a Parco Bissuola e Mira).

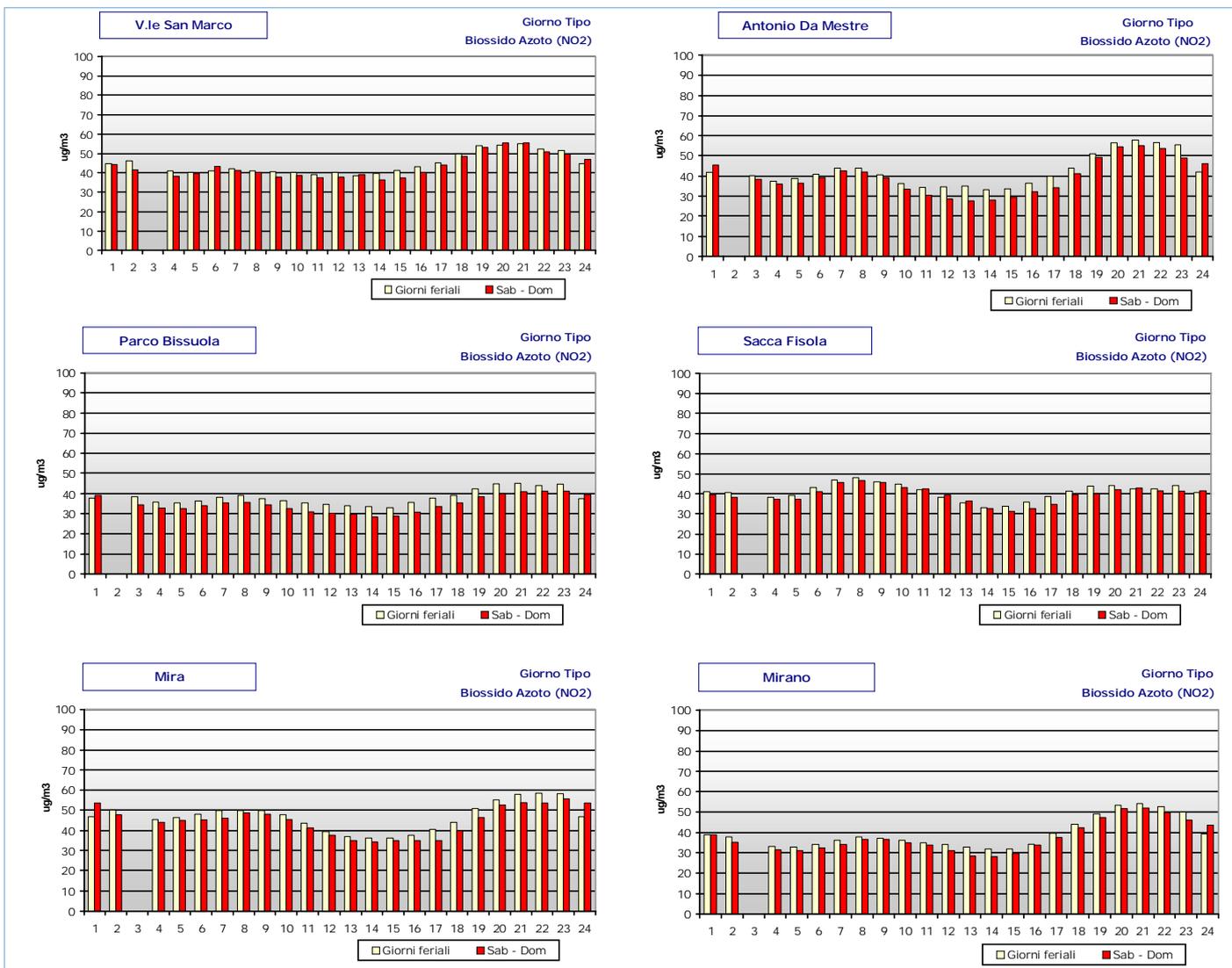
### MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di monossido di carbonio (CO) sono 7:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); via F.lli Bandiera (C); via Circonvallazione (C); Corso del popolo (C); Spinea (C); via Da Verrazzano (C).

**Caratteristiche generali.** Il monossido di carbonio è un composto gassoso intermedio delle reazioni di combustione e si forma in grandi quantità nel caso queste avvengano in difetto d'aria. Le condizioni di combustione ottimale non si realizzano nei motori a combustione interna che costituiscono quindi la principale

Grafico 7 – Giorno - tipo.



fonte di questo inquinante. Nelle città dove il traffico procede lento e dove le fermate ai semafori sono frequenti, la concentrazione di CO può raggiungere punte particolarmente elevate nelle ore di traffico intenso.

In condizioni sfavorevoli (ad esempio bassa ventilazione), la concentrazione di monossido di carbonio può arrivare a diverse decine di  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Normalmente essa si mantiene nell'intorno di qualche  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

**Effetti sulla salute.** Il monossido di carbonio viene assorbito rapidamente negli alveoli polmonari. Nel sangue compete con l'ossigeno nel legarsi all'atomo bivalente del ferro dell'emoglobina, formando carbossiemoglobina (HbCO).

In base alle raccomandazioni della CCTN (Commissione Tossicologica Nazionale), non dovrebbe essere superata una concentrazione di HbCO del 4%, corrispondente ad una concentrazione di CO di  $35 \text{ mg}/\text{m}^3$  per un'esposizione di 8 ore. Tuttavia anche esposizioni a CO di  $23 \text{ mg}/\text{m}^3$  per 8 ore non possono essere considerate ininfluenti per particolari soggetti a rischio, quali individui con malattie cardiovascolari e donne in gravidanza.

#### Il monossido di carbonio nell'anno ecologico 2000/2001: analisi spaziali e temporali.

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio provinciale sono le seguenti:

- **ambito urbano:** via Bottenigo (A); via Circonvallazione (C); via F.lli Bandiera (C)
- **ambito provinciale:** Spinea (C)

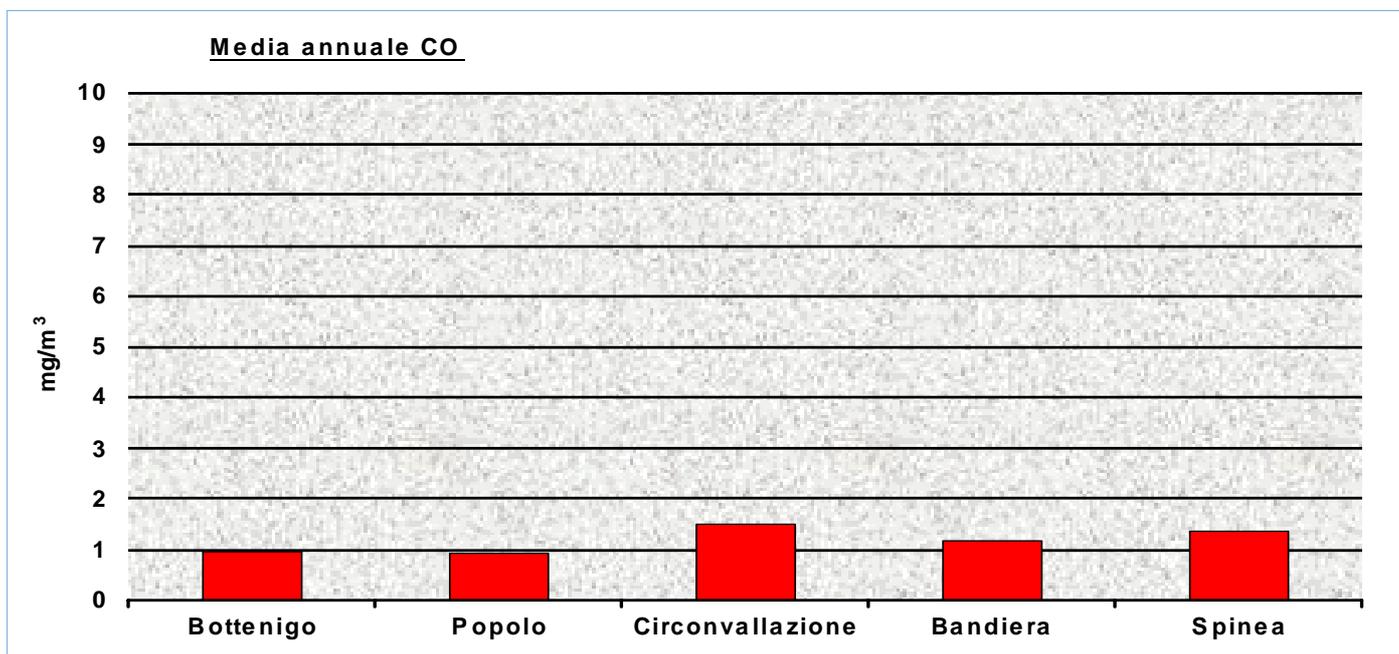
Nelle stazioni della rete dotate di analizzatore di monossido di carbonio la percentuale di dati di concentrazione oraria da ritenersi validi è maggiore o uguale al 90%, ad eccezione della stazione di via Bottenigo (86%), via Bissuola (41%) e via Da Verrazzano; quest'ultima stazione è stata danneggiata da un incidente stradale il 16 luglio 2001 e la percentuale di dati validi, riferita esclusivamente al periodo dell'anno ecologico in cui la stazione è stata in funzione (01/04/01 – 16/06/01), è pari a 89%.

A titolo puramente indicativo si rappresenta nel Grafico 8 il valore medio annuale per il monossido di carbonio.

Il monossido di carbonio durante l'anno ecologico 2001/2002 non ha evidenziato superamenti del limite di legge alla concentrazione media su otto ore, pari a  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ , né del livello di attenzione di  $15 \text{ mg}/\text{m}^3$  su base oraria. Dunque non si sono verificati episodi di inquinamento acuto causati da questo inquinante.

E' interessante sottolineare che lo studio del giorno - tipo delle varie stazioni evidenzia pic-

Grafico 8 – Media annuale CO in tutte le stazioni della rete, anno ecologico 2001/2002.



chi di concentrazione nelle medesime ore (Grafico 9); questo dimostra come, nonostante le emissioni di CO abbiano carattere locale, questo inquinante risulti diffuso in tutte le strade della città a causa dell'ubiquità delle fonti emissive. Questa circostanza è confermata dall'alta correlazione presente tra le serie dei giorni - tipo feriali in via F.lli Bandiera, Corso del Popolo, via Circonvallazione e via Da Verzazzo, illustrata nella Relazione dell'anno ecologico 1999-2000.

La situazione riscontrata nel giorno - tipo delle stazioni cittadine dimostra come le arterie di traffico siano tutte caratterizzate da concentrazioni significative, fino a raggiungere punte oltre i 2 mg/m<sup>3</sup> in via Circonvallazione e Spinea, intorno alle ore 20.00 e 21.00 (Grafico 9). L'andamento a due picchi, il primo alle 8.00 del mattino ed il secondo alle 20.00, si riscontra soprattutto nelle stazioni della rete di tipo C, cioè situate in zone di traffico intenso ed è meno marcato nella stazione di via Bottenigo (tipo A).

Ancora una volta si nota come, a differenza di quanto osservato lo scorso anno ecologico, le concentrazioni di monossido di carbonio risulti-

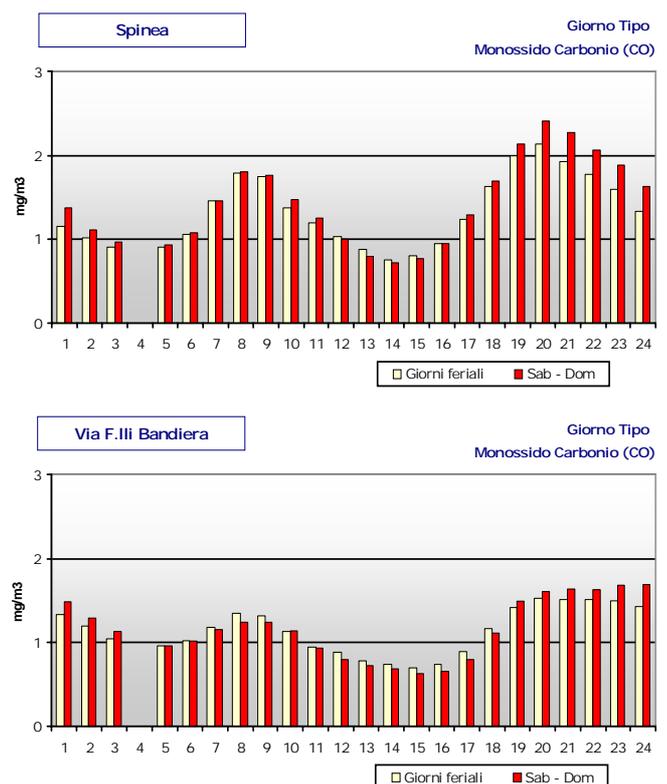
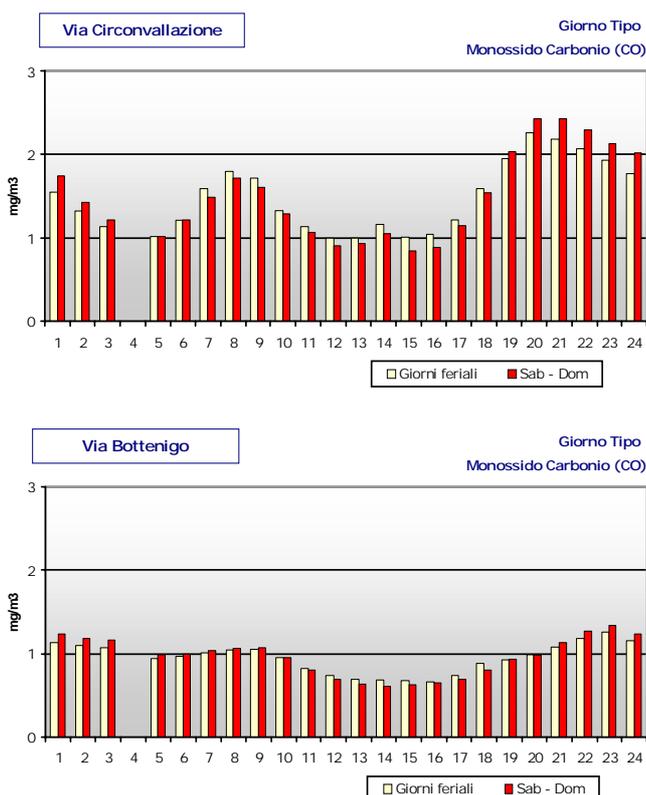
no leggermente più elevate nei fine settimana piuttosto che nei giorni feriali; ciò è più evidente in corrispondenza dei picchi serali e nelle ore notturne ed è dovuto, a differenza di quanto osservato per il biossido d'azoto, ad un aumento della concentrazione di CO nel fine settimana rispetto a quanto si è verificato nell'anno ecologico precedente (ad esempio a Spinea ed in via Circonvallazione); le concentrazioni del giorno - tipo relative ai giorni feriali sono rimaste, invece, generalmente invariate.

Nel Grafico 9 si notano anche delle concentrazioni relativamente alte nelle ore notturne. In particolare nei pressi della stazione di via F.lli Bandiera il picco di concentrazione serale è allungato durante la notte e raggiunge il massimo alle ore 24.00; ciò è probabilmente dovuto al fatto che la stazione è collocata in prossimità del parcheggio di un centro sociale con notevole affluenza nelle ore notturne.

Anche in via Bottenigo il picco è posticipato (ore 23.00) rispetto a quanto si osserva in via Circonvallazione ed a Spinea (ore 20.00), analogamente all'anno ecologico precedente.

## POLVERI (PTS e PM10)

Grafico 9 – Giorno tipo.



**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di polveri totali sospese (PTS) sono 15:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); viale San Marco (B); Sacca Fisola (B); via A. Da Mestre (B); via F.lli Bandiera (C); via Circonvallazione (C); Corso del popolo (C); via Da Verrazzano (C); Spinea (C); Malcontenta (I/B); Maerne (D); Mirano (B); Chioggia (A/B); S. Donà di Piave (A/B).

Per il periodo di analisi della presente relazione, le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di campionatori sequenziali di polveri inalabili (PM<sub>10</sub>) sono 3: via Bissuola (A), via A. Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

**Caratteristiche generali.** Gli inquinanti atmosferici detti "particolato" o "materiale particolare" includono polvere, fumo, microgocce di liquido emesse direttamente in atmosfera da sorgenti quali industrie, centrali termoelettriche, autoveicoli, cantieri, e polveri di risospensione trasportate dal vento. Il particolato può anche formarsi in modo indiretto in atmosfera tramite la condensazione in microgocce di gas inquinanti quali l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto, ed alcuni composti organici volatili.

Il materiale particolato sospeso è dunque una miscela di particelle a composizione chimi-

ca variabile di componenti organiche ed inorganiche in fase solida e liquida.

Il particolato atmosferico viene emesso in atmosfera da una grande varietà di sorgenti; le sorgenti naturali sono:

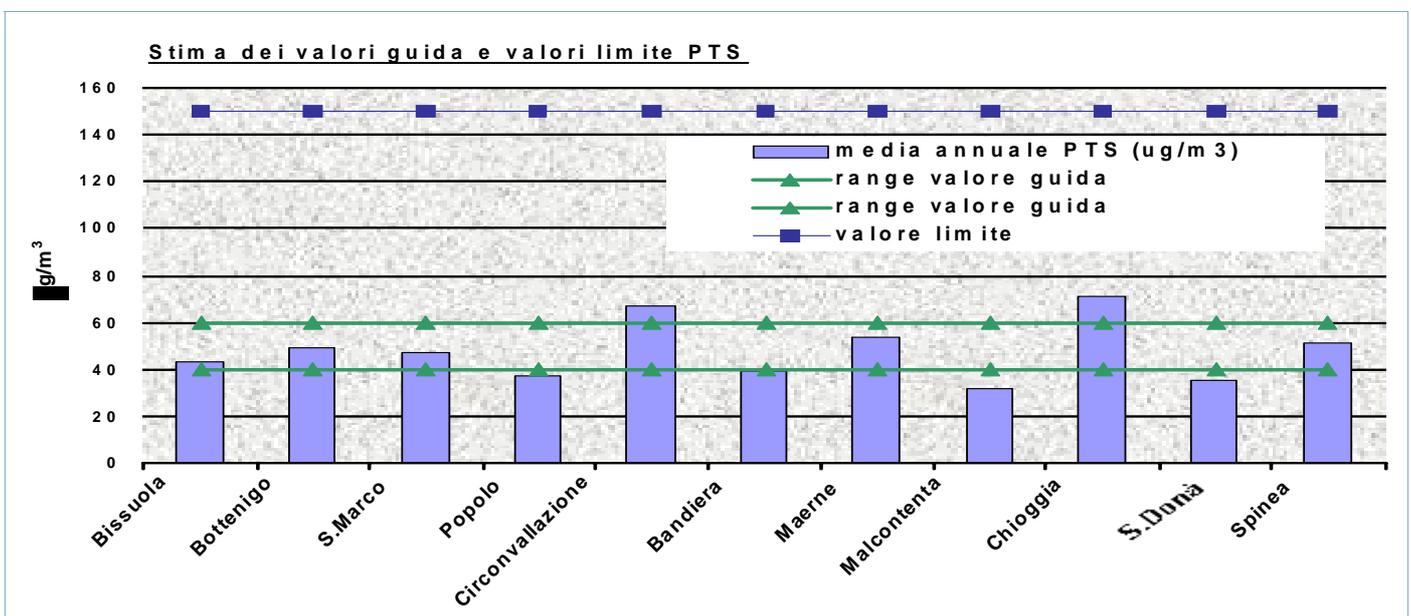
- residui di spray marino;
- polvere minerale trasportata dal vento;
- emissioni vulcaniche;
- materiali biologici;
- fumi da combustione di biota (ad esempio in agricoltura).

Le sorgenti antropogeniche (prevalentemente combustioni) sono invece:

- polveri prodotte dai veicoli diesel;
- polvere sollevata dalle strade;
- fumi e fuliggine.

**Effetti sulla salute.** Gli effetti ambientali delle PTS (polveri totali sospese), compresi quelli sulla salute, sono funzione della natura chimica e della granulometria delle particelle. Le particelle con dimensioni superiori ai 20-25 µm non penetrano nelle vie respiratorie, mentre le particelle inferiori a 10 µm, denominate PM<sub>10</sub>, costituiscono la cosiddetta frazione inalabile. La distinzione nell'ulteriore frazione PM<sub>2,5</sub> è utile per distinguere la porzione respirabile, ovvero quella che con maggiore probabilità può giungere alle vie respiratorie più profonde e

*Grafico 10 - Calcolo dell'indice statistico (media annuale delle concentrazioni giornaliere) per confronto con valore guida e valore limite per le PTS anno ecologico 2001/2002. Nelle stazioni di Sacca Fisola, via Da Verrazzano, via A. Da Mestre e Mirano la percentuale di dati validi per le PTS è pari, rispettivamente, al 22%, 14%, 13% e 58%, quindi la concentrazione media annuale non è stata riportata, perché da ritenersi non sufficientemente rappresentativa.*



produrre un danno effettivo.

Sulla base di studi effettuati su popolazioni umane esposte ad elevate concentrazioni di particolato (spesso in presenza di anidride solforosa) e sulla base di studi di laboratorio, la maggiore preoccupazione per la salute umana riguarda gli effetti sulla respirazione, incluso l'aggravamento di patologie respiratorie e cardiovascolari, le alterazioni del sistema immunitario, il danno al tessuto polmonare, l'aumento dell'incidenza di patologie tumorali e la morte prematura. I sottogruppi di popolazione più a rischio rispetto all'esposizione al PM<sub>10</sub> sono gli

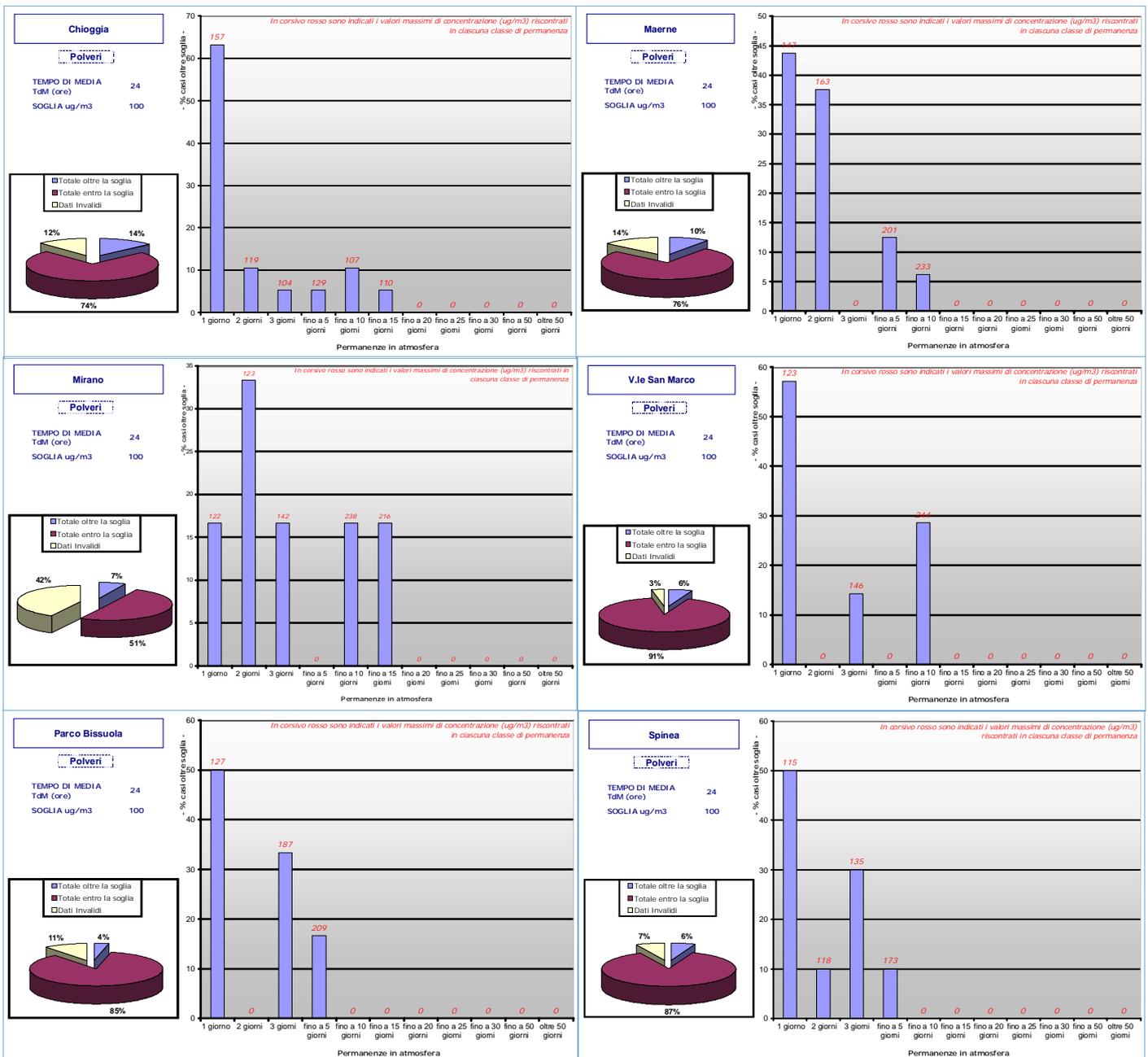
individui affetti da patologie polmonari croniche di tipo ostruttivo, gli individui con influenza, gli asmatici, e le fasce estreme di età della popolazione (bambini ed anziani).

### Le polveri totali sospese nell'anno ecologico 2001/2002: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio provinciale sono le seguenti:

- **ambito urbano:** Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); via Circonvallazione (C); via F.lli Bandiera (C)

Grafico 11 - Permanenza in atmosfera di concentrazioni di PTS mediate su 24 ore superiori ai 100 µg/m<sup>3</sup>.



- **cintura urbana:** Maerne (D); Malcontenta (I/B)

- **ambito provinciale:** Chioggia (A/B); S. Donà di Piave (A/B)

Nelle stazioni della rete dotate di analizzatore di polveri totali sospese la percentuale di dati di concentrazione media giornaliera da ritenersi validi è maggiore o uguale all'85%, ad eccezione delle stazioni di via Bottenigo (70% di dati validi) e di via Circonvallazione (77%). In altre stazioni, quali Sacca Fisola, via Da Verrazzano, via A. Da Mestre e Mirano, per diverse ragioni, la percentuale di dati validi non è sufficiente per poter considerare rappresentative le statistiche descrittive.

Relativamente alle polveri totali sospese si conferma la situazione già vista nelle precedenti Relazioni sulla qualità dell'aria. Questo parametro va tenuto sotto osservazione, poiché molte aree monitorate mostrano il superamento del valore guida.

Le polveri totali sospese presentano superamento diffuso del livello inferiore del valore guida ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , calcolato come media annuale delle medie sulle 24 ore giornaliere), con superamenti anche del livello superiore del valore

guida ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) presso le stazioni di via Circonvallazione e Chioggia. Il valore limite di  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media annuale delle medie sulle 24 ore) non è mai superato (Grafico 10).

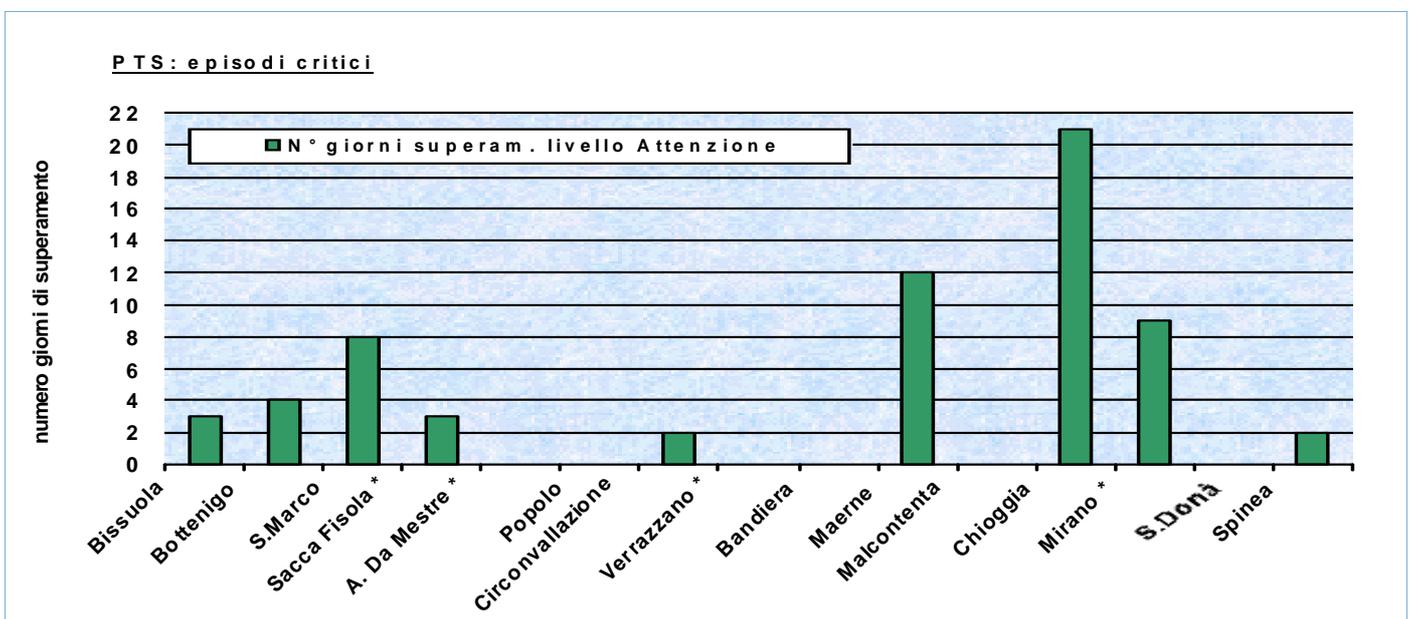
In tutte le stazioni della rete, la media annuale delle concentrazioni giornaliere di PTS è cresciuta rispetto al precedente anno ecologico. Uniche eccezioni riguardano le stazioni di via F.lli Bandiera e di Corso del Popolo.

Tuttavia, è dall'esame delle permanenze in atmosfera delle concentrazioni di polveri che si sono riscontrate le situazioni più preoccupanti.

La media giornaliera della concentrazione di PTS supera la soglia di  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (valore guida inferiore indicato dal DPR 203/88) nel 14% dei casi a Chioggia (Grafico 11), con permanenze fino a 11 giorni (dal 28 settembre 2001) o 9 giorni (dal 15 ottobre 2001) consecutivi e con un valore massimo, raggiunto l'8 settembre 2001, di  $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A Maerne la stessa soglia è stata oltrepassata nel 10% dei giorni dell'anno ecologico con permanenze fino a 7 giorni (dal 17 gennaio 2002) o 5 giorni (dal 5 gennaio 2002) consecutivi e con un valore massimo, raggiunto il 23 gennaio 2002, di  $233 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Grafico 12 – Numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione per le PTS, anno ecologico 2001/2002. Nelle stazioni di Sacca Fisola, via Da Verrazzano, via A. Da Mestre e Mirano, segnalate nel grafico con un asterisco, la percentuale di dati validi per le PTS è pari, rispettivamente, al 22%, 14%, 13% e 58%, quindi il numero di giorni di superamento del livello di attenzione nell'arco dell'anno ecologico deve essere considerato come un valore puramente indicativo, perché potrebbe essere stato superiore.*



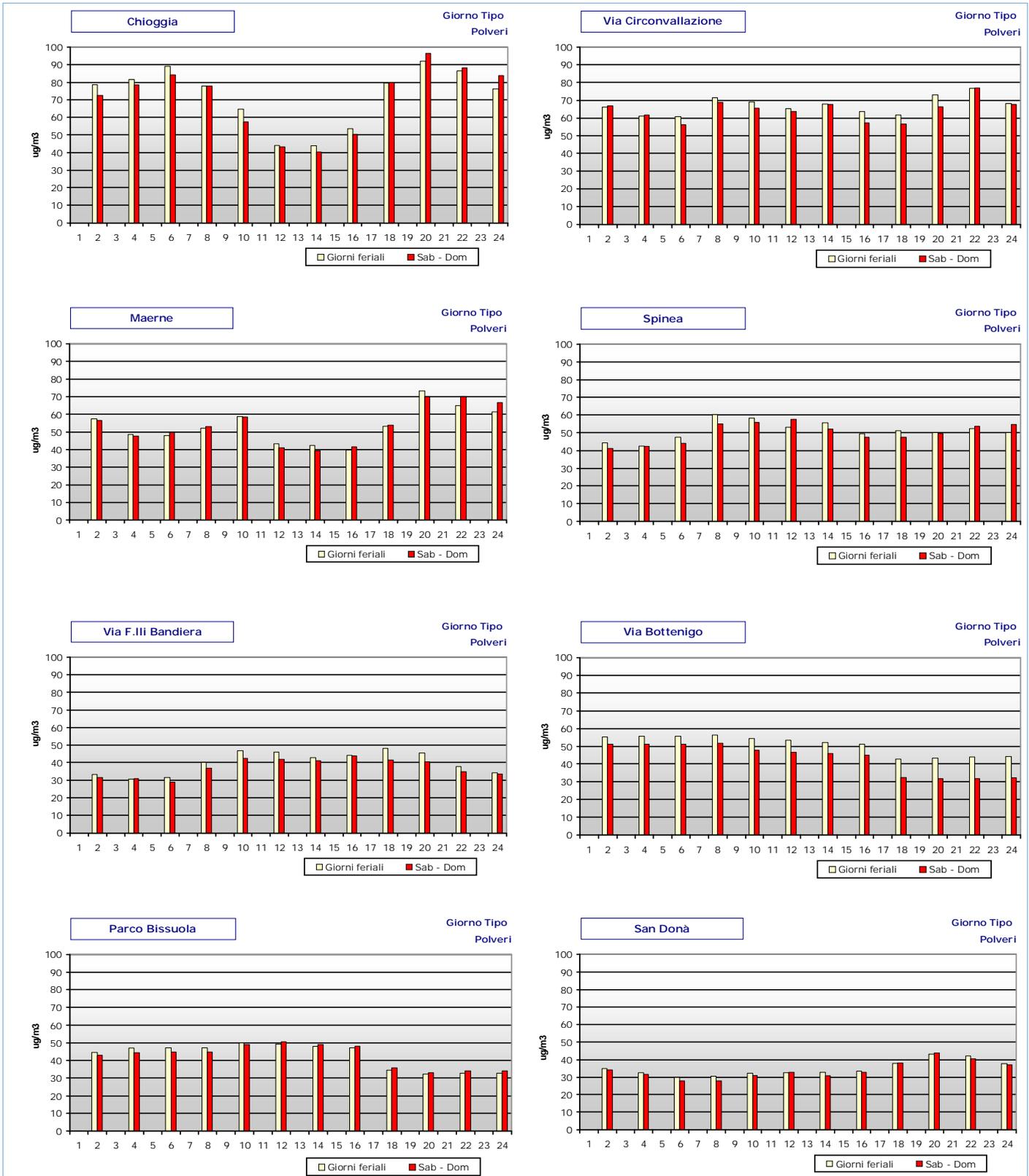
A Mirano tale soglia è stata superata nel 7% dei giorni dell'anno con permanenze fino a 11 giorni consecutivi (dal 3 agosto 2001) e con un valore massimo di 216  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In viale San Marco il valore guida giornaliero di 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato superato nel 6% dei

giorni dell'anno con permanenze fino a 8 giorni consecutivi (dal 6 gennaio 2002) e con un valore massimo di 244  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In tutte le altre stazioni il superamento della stessa soglia si è verificato per almeno un giorno, fino ad un massimo di 5 giorni consecuti-

Grafico 13 – Giorno - tipo.



tivi. E' questo il caso di Parco Bissuola, dove si nota un peggioramento rispetto allo scorso anno ecologico, in cui non era stato rilevato alcun superamento della soglia dei 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Al contrario in via Bottenigo, il numero di giorni nei quali si è protratto il superamento della stessa soglia, è sceso dai 10 giorni dell'anno scorso ai 3 giorni dell'anno ecologico 2001-2002.

Gli episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento dei livelli di attenzione e di allarme, ai sensi del DM 25/11/94. Le polveri totali sospese presentano superamenti del livello di attenzione in numero non molto elevato, ma piuttosto diffusi nel territorio provinciale. Il numero più elevato di giorni di superamento, pari a 21, si riferisce alla stazione di Chioggia, seguita da Maerne con 12, Mirano con 9 e viale San Marco con 8 superamenti (Grafico 12).

Si osserva che, nel corso dell'anno ecologico 2001/2002, quasi tutte le stazioni della rete provinciale hanno misurato concentrazioni di PTS superiori al livello di attenzione, soprattutto nel mese di gennaio 2002, caratterizzato da condizioni meteorologiche favorevoli al ristagno delle sostanze inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera e da rarissimi episodi di precipitazione, in grado di abbattere le polveri atmo-

sferiche.

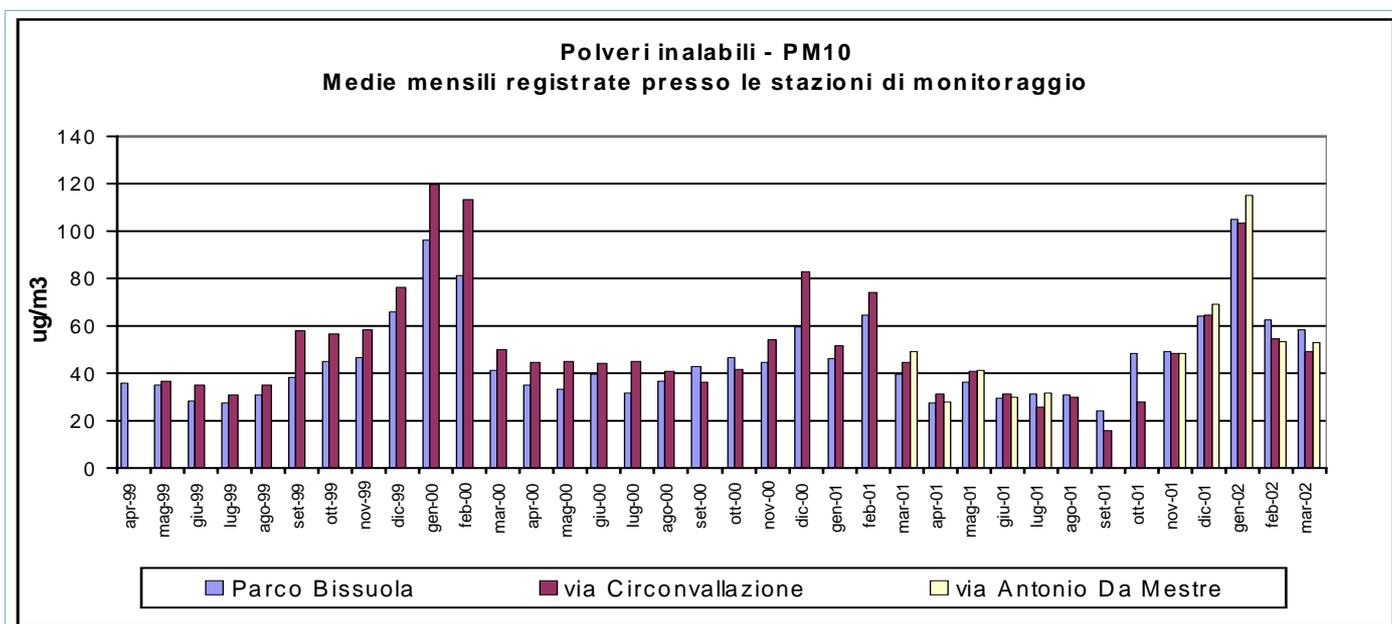
In tutte le stazioni della rete il numero di giorni consecutivi di superamento del livello di attenzione per le PTS è aumentato rispetto al precedente anno ecologico, in particolare in via Bissuola ed a Mirano. L'unica eccezione è la stazione di via Bottenigo.

In tutte le località più o meno vicine ad arterie di traffico, il giorno - tipo mostra valori costantemente compresi tra 40 e 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , senza picchi di concentrazione degni di nota; infatti si osservano escursioni generalmente lievi delle concentrazioni a seconda delle località (Grafico 13); solo in corrispondenza della stazione di Chioggia si individuano due picchi di concentrazione piuttosto evidenti attorno alle ore 6.00 e 20.00.

In via Bottenigo, alle prime ore del mattino, si trovano valori medi di concentrazione - tipo maggiori di quelli serali.

Nella maggior parte delle stazioni esiste una differenza minima negli andamenti giornalieri dei giorni feriali e festivi. Lo scorso anno ecologico via F.lli Bandiera rappresentava un'eccezione, in quanto, nei giorni lavorativi si registravano concentrazioni pari quasi al doppio (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nei giorni festivi e 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in quelli feriali) rispetto al fine settimana, specie nelle ore diurne (vedi Relazione annuale anno eco-

Grafico 14 – Medie mensili  $\text{PM}_{10}$  registrate presso le stazioni di monitoraggio durante l'anno ecologico 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002.



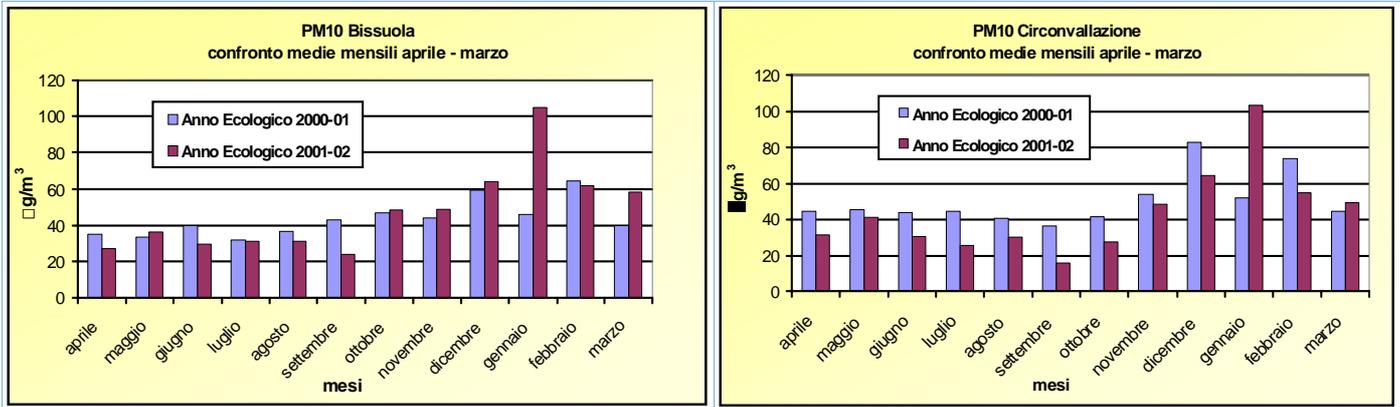


Grafico 15 – Confronto delle medie mensili di PM<sub>10</sub> registrate durante l'anno ecologico 2000/2001 e 2001/2002 presso le stazioni di monitoraggio.

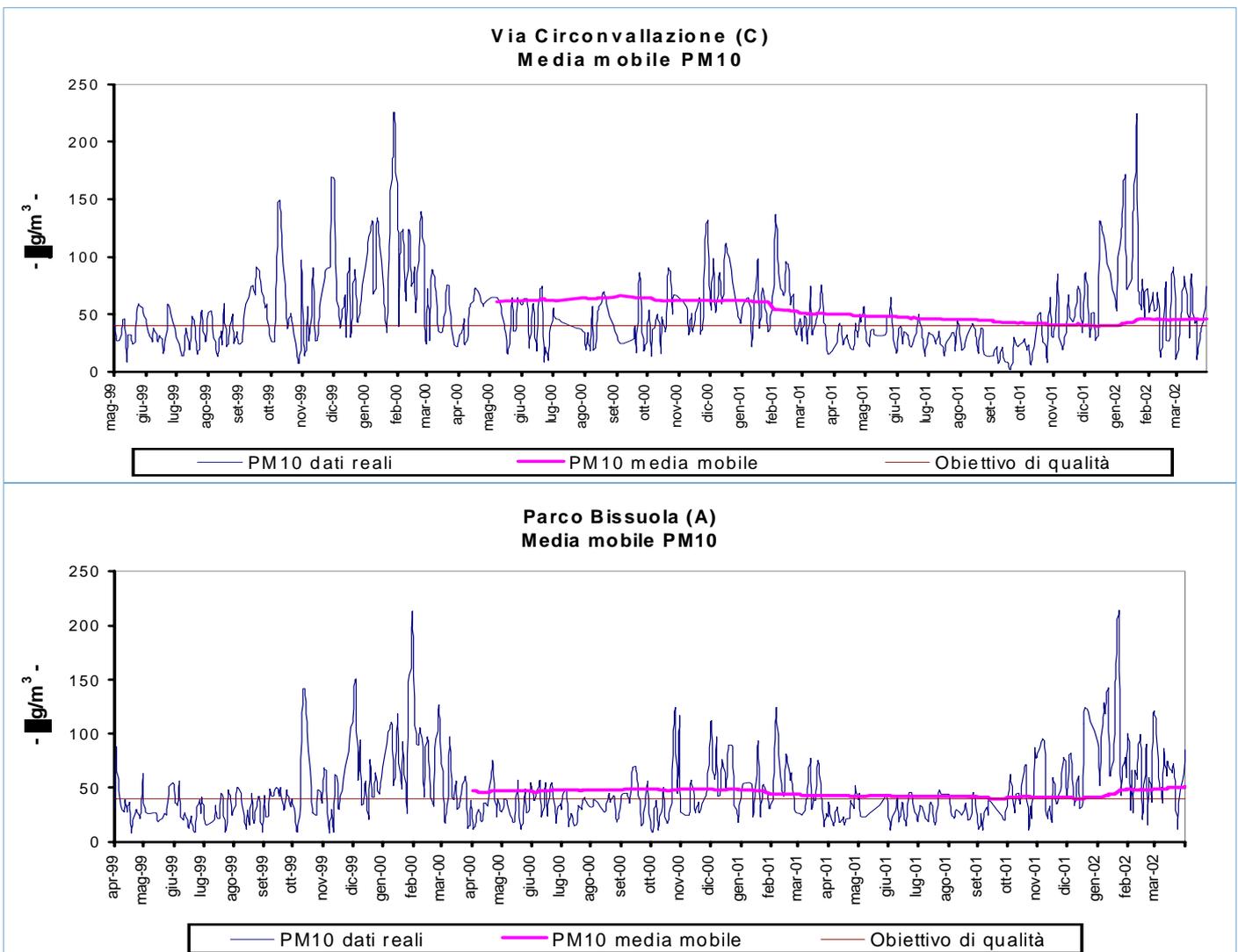
gico 2000/2001). Invece, nel presente anno ecologico 2001/2002, le concentrazioni di PTS misurate nei giorni feriali sono diminuite notevolmente e si sono allineate con quelle misurate di sabato e domenica (Grafico 13).

**Le polveri inalabili PM<sub>10</sub>: analisi spaziali e**

**temporali**

Le **polveri inalabili PM<sub>10</sub>** sono oggetto di monitoraggio per l'anno ecologico 2001/2002 presso le stazioni della rete urbana: Parco Bissuola (A), via A. Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

Grafico 16 – Confronto media mobile PM<sub>10</sub> – obiettivo di qualità nelle stazioni di monitoraggio.



L'andamento delle medie mensili, rappresentate per le stazioni nel Grafico 14, evidenzia un picco di concentrazione nei mesi autunnali ed invernali, con una netta tendenza al superamento dell'obiettivo di qualità pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

E' possibile notare un aumento delle concentrazioni medie mensili invernali rispetto al precedente anno ecologico, in particolare in gennaio 2002; nel Grafico 15 sono messe a confronto tali medie mensili. Questo confronto non è possibile in via A. Da Mestre, poiché questa stazione è attiva a partire da marzo 2001.

Il Grafico 16 riporta la serie dei dati giornalieri misurati e la media mobile annuale calcolata.

I dati disponibili non consentono ancora il calcolo della media mobile annuale della concentrazione di  $\text{PM}_{10}$  in via A. Da Mestre.

Le medie mobili annuali aggiornate al 31 marzo 2002, calcolate come medie delle medie mensili, assumono i valori di  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di Parco Bissuola e di  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di via Circonvallazione, concentrazioni al di sopra dell'obiettivo di qualità indicato precedentemente. Tali valori indicano un inquinamento "di area" per le polveri inalabili ( $\text{PM}_{10}$ ) che presentano una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano.

genea nel centro urbano.

La media di area dell'anno ecologico 2001-/2002 è di  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore a quella calcolata nel precedente anno ecologico, pari a  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 11 – Confronto con gli obiettivi di qualità delle medie mobili annuali di benzene e delle medie delle medie mensili di  $\text{PM}_{10}$  e benzo(a)pirene aggiornate a 5 date successive dell'anno ecologico 2001/2002.).

Infine si noti che il valore massimo di  $\text{PM}_{10}$  raggiunto a metà gennaio 2002, è stato nettamente superiore a quello dello scorso inverno, ma paragonabile a quello dell'inverno 1999-/2000.

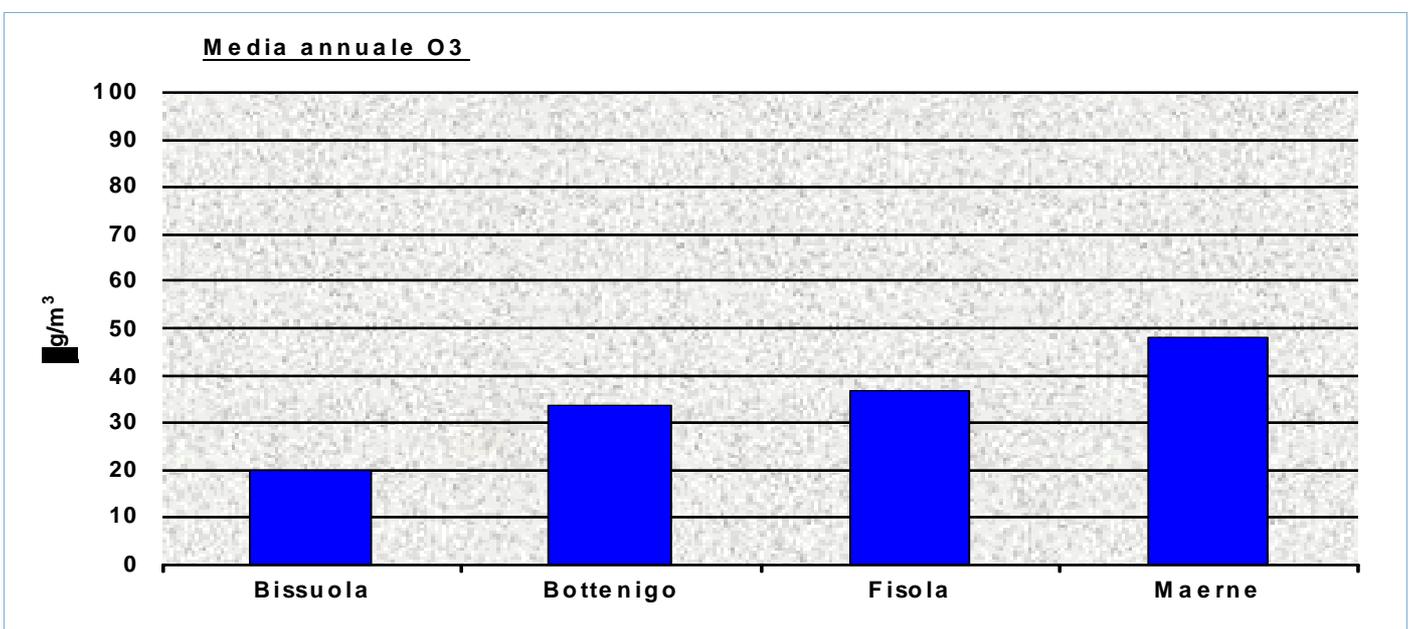
### OZONO ( $\text{O}_3$ )

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di ozono ( $\text{O}_3$ ) sono 5:

**Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); Maerne (D); Mira (A/C).**

**Caratteristiche generali.** L'ozono presente nella bassa atmosfera (troposfera) è sia di origine naturale che legato alle attività produttive. Quando le concentrazioni presenti nell'aria che respiriamo aumentano, l'ozono diventa un inquinante pericoloso per la nostra salute. L'ozono troposferico è un inquinante secondario, ossia non viene emesso direttamente da

*Grafico 17 – Media annuale ozono, anno ecologico 2001/2002. Nella stazione di Mira la percentuale di dati validi per l'ozono è pari a 35%, quindi la concentrazione media annuale non è stata riportata, perché da ritenersi non sufficientemente rappresentativa.*



una sorgente, ma si produce per effetto della radiazione solare in presenza di inquinanti primari (prodotti dal traffico automobilistico, dai processi di combustione, dai solventi delle vernici, dall'evaporazione di carburanti, etc.). Infatti, le più alte concentrazioni di ozono si rilevano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare (tra le 12.00 e le 17.00) mentre nelle ore serali l'ozono diminuisce (Grafico 20). Negli ambienti interni la sua concentrazione è molto più bassa rispetto alla sua concentrazione all'aria aperta. Nelle aree urbane, dove è più forte l'inquinamento atmosferico, l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità, con un comportamento molto diverso da quello osservato per gli altri inquinanti. Gli inquinanti primari, che costituiscono la base di formazione dell'ozono, sono gli stessi che possono provocarne la rapida distruzione. Per questa ragione, quando si verifica un aumento dell'ozono nell'aria, il blocco della circolazione non risulta essere molto efficace. Il particolare comportamento dell'ozono determina anche il diverso modo di monitorarlo rispetto agli altri inquinanti. Il vento trasporta l'ozono dalle aree urbane alle zone suburbane e rurali, dove il minore inquinamento rende la sostanza

più stabile. Il monitoraggio corretto di questo inquinante va fatto quindi nelle località più periferiche della città e nei parchi, dove l'ozono raggiunge i valori più alti.

**Effetti sulla salute.** L'ozono è un gas tossico, particolarmente nocivo se respirato in grande quantità. Gli effetti di una eccessiva esposizione riguardano gli occhi e le prime vie respiratorie. I primi sintomi sono: irritazione delle mucose, tosse, mal di testa, fiato corto e, se si inspira profondamente, dolore al petto. Persone particolarmente sensibili manifestano alcuni di questi sintomi anche a concentrazioni di 200 µg/m<sup>3</sup>. L'esercizio fisico svolto all'aperto in coincidenza con elevate concentrazioni di ozono nell'atmosfera è uno tra i fattori di rischio. Bambini ed anziani fanno parte della popolazione a rischio. I bambini, oltre ad avere un ritmo respiratorio più elevato degli adulti, trascorrono molto più tempo all'aperto, spesso nelle ore più calde della giornata.

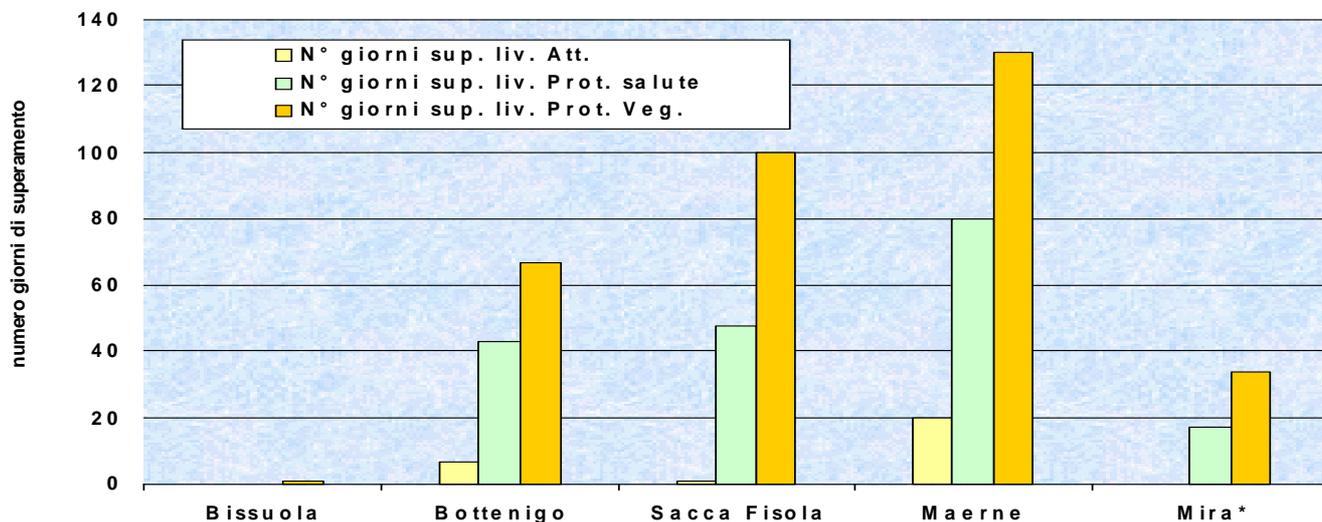
#### L'ozono nell'anno ecologico 2001/2002: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio provinciale sono le seguenti:

- **ambito urbano:** Parco Bissuola (A); via

*Grafico 18 - Numero di giorni di superamento del livello di attenzione di O<sub>3</sub>, del livello di protezione della salute e del livello di protezione della vegetazione nell'anno ecologico 2001/2002. Nella stazione di Mira, segnalata nel grafico con un asterisco, la percentuale di dati validi per l'ozono è pari a 35%, quindi il numero di giorni di superamento del livello di attenzione nell'arco dell'anno ecologico deve essere considerato come un valore puramente indicativo, perché potrebbe essere stato superiore.*

#### Ozono: episodi critici



Bottenigo (A); Sacca Fisola (B)

- **cintura urbana:** Maerne (D)
- **ambito provinciale:** Mira (A/C)

Il "fenomeno Ozono" è ormai comunemente noto alla popolazione, soprattutto in estate. Negli ultimi anni il fenomeno è stato infatti affrontato con la dovuta attenzione anche in relazione al fatto che le alte concentrazioni non sono certamente confinate nell'intorno dei punti di monitoraggio, ma interessano zone molto vaste del territorio.

In riferimento alla tabella delle correlazioni presentata nella Relazione dell'anno ecologico 1999/2000, si ricorda che esiste un'alta uniformità di comportamento di questa sostanza anche in siti non molto vicini, né omogenei fra loro, quali le stazioni di Maerne (stazione di riferimento di tipo D per la rete urbana di Mestre) e Parco Bissuola (nel centro di Mestre), ma anche di via Bottenigo (area semirurale più caratterizzata dalla vicinanza alla zona industriale di Marghera e all'autostrada che a centri urbani),

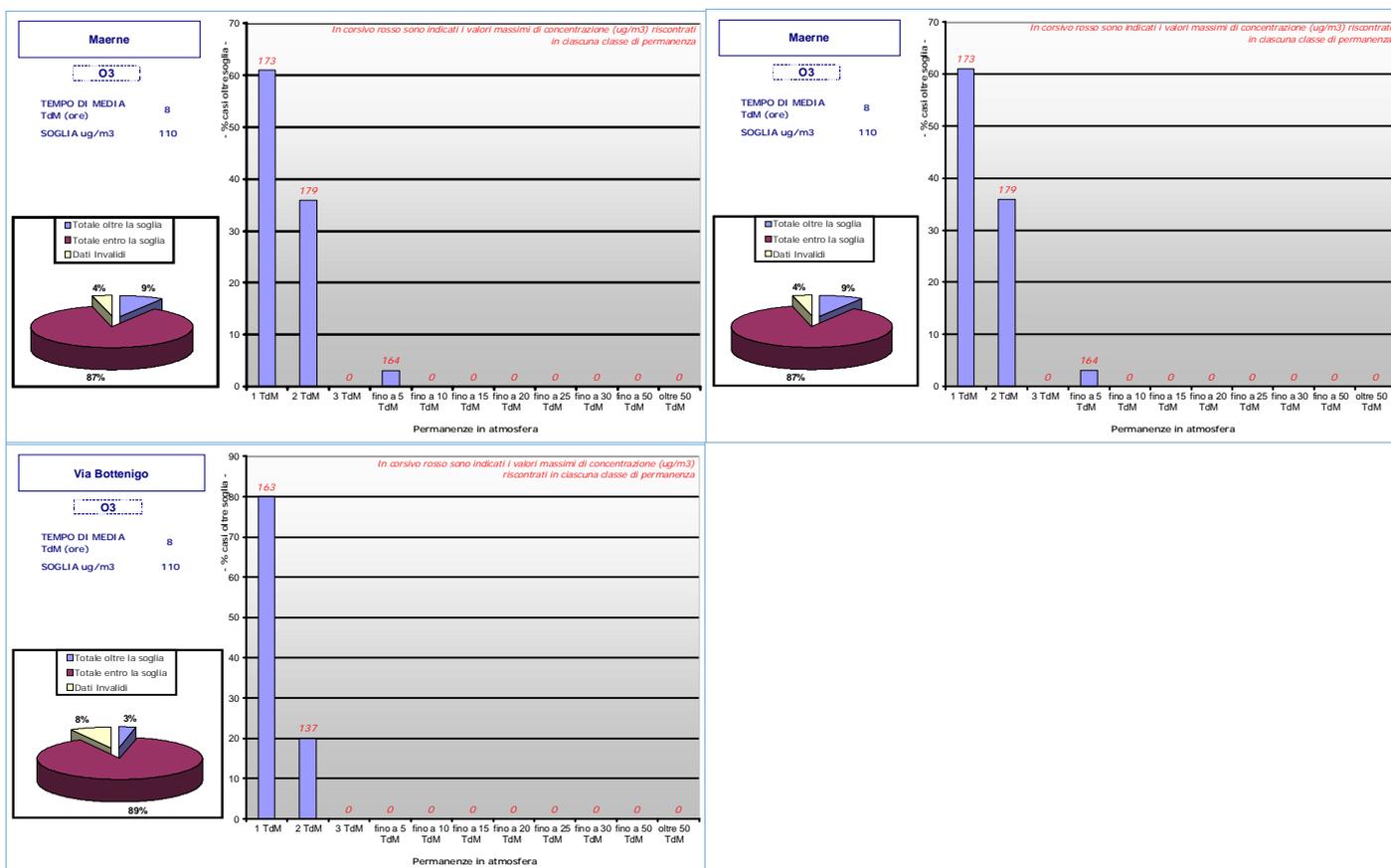
Mira (a circa 10 Km dalle precedenti) e Sacca Fisola (isola di Venezia).

A titolo puramente indicativo il Grafico 17 illustra il valore medio annuale rilevato dalle stazioni della rete di monitoraggio.

Gli episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento dei livelli di attenzione e di allarme, ai sensi del DM 25/11/94 (Grafico 18). In particolare il grafico raffigura il numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione di O<sub>3</sub> (media oraria pari a 180 µg/m<sup>3</sup>), del livello di protezione della salute (media dalle 0 alle 8, dalle 8 alle 16, dalle 12 alle 20, dalle 16 alle 24 pari a 110 µg/m<sup>3</sup>) e del livello di protezione della vegetazione (media "trascinata" sulle 24 ore confrontata con il valore di 65 µg/m<sup>3</sup>) nell'anno ecologico 2001/2002.

La normativa non specifica quale intervallo di 24 ore si debba considerare per il confronto con il livello di protezione della vegetazione,

Grafico 19 – Permanenze del superamento del livello di protezione della salute (media dalle 0 alle 8, dalle 8 alle 16, dalle 16 alle 24 pari a 110 µg/m<sup>3</sup>) nelle stazioni di Maerne, Sacca Fisola e via Bottenigo nell'anno ecologico 2001/2002.



pari a  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; di conseguenza, invece che la media giornaliera è stata calcolata la media su 24 ore "trascinando" tale intervallo temporale per tutto il periodo di riferimento dell'anno ecologico.

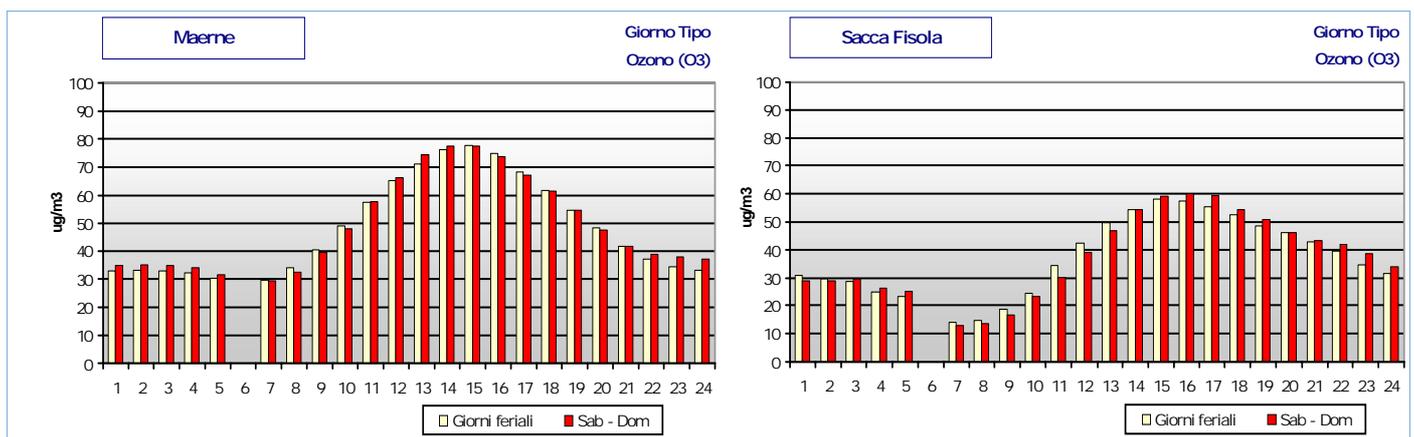
Nella valutazione del numero di giorni di superamento del livello di attenzione e delle persistenze dell'ozono in atmosfera, spicca la situazione di Maerne.

Questo sito presenta un numero rilevante di superamenti del livello di protezione della vegetazione, pari a  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media mobile nelle 24 ore, che si è verificato nel 36% dei giorni dell'anno, con persistenza oltre la soglia fino a 86 giorni consecutivi (dal 7 giugno al 31 agosto 2001) ed un picco di concentrazione raggiunto il 12 agosto 2001 di  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Per la stazione di Maerne è stato considerato anche il livello di protezione della salute, pari a  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle 8 ore (corrispondente ad un tempo di media, TdM). È stata presa in considerazione la permanenza al di sopra della soglia dei  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della concentrazione media di ozono sulle 8 ore per tre tempi di media (TdM) successivi: dalle ore 0 alle 8, dalle 8 alle 16 e dalle 16 alle 24. Tali medie superano la soglia nel 9% dei casi (Grafico 19), con permanenze fino a 5 tempi di media (40 ore) consecutivi (dal 16 giugno 2001 alle ore 16.00) e con un valore massimo raggiunto il 12 agosto 2001 di  $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A Sacca Fisola il valore di  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato oltrepassato nel 2% dei casi, con permanenze fino a 2 tempi di media consecutivi, cioè 16 ore, (durante giugno 2001) e con un valore massimo raggiunto il 22 luglio 2001 di  $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Grafico 20 – Giorno - tipo.



$\text{m}^3$  (Grafico 19).

In via Bottenigo i superamenti della stessa soglia si sono verificati nel 3% dei casi e non si sono protratti oltre 2 tempi di media consecutivi (16 ore), a differenza di quanto accaduto lo scorso anno ecologico, in cui il superamento si è protratto fino a 5 TdM consecutivi.

A Mira, nonostante la scarsa percentuale di dati validi (35%), si sono verificati alcuni superamenti della predetta soglia, comunque con persistenza mai superiore ad un tempo di media.

Al Parco Bissuola non sono stati rilevati nell'arco dell'anno superamenti di questa soglia.

Dal confronto con le persistenze in atmosfera dei valori di concentrazione di ozono oltre la soglia prescelta, si conferma l'osservazione che il semestre estivo è il periodo nel quale la qualità dell'aria rispetto all'ozono è meno buona; inoltre si osserva che valori elevati della concentrazione di ozono si verificano anche nei mesi primaverili ed autunnali.

Va sottolineato come, rispetto all'anno ecologico 2000/2001, non si siano evidenziate sostanziali variazioni di entità del "Fenomeno ozono". Il numero di giorni di superamento del livello di attenzione è aumentato solo nella stazione di Maerne (20 giorni di quest'anno contro i 10 dello scorso anno ecologico), mentre si è ridotto nelle altre stazioni, soprattutto in via Bottenigo (7 giorni di quest'anno contro i 49 dello scorso anno ecologico). Anche riguardo alla permanenza in atmosfera dell'ozono oltre il livello per la protezione della salute umana, la stazione di Maerne è l'unica stazione della rete

a presentare un peggioramento rispetto all'anno ecologico precedente (fino a 5 TdM consecutivi di quest'anno contro i 2 TdM dello scorso anno ecologico); migliorano invece via Bottenigo (2 TdM consecutivi di quest'anno contro i 5 TdM dello scorso anno ecologico) e Parco Bissuola (nessun superamento del livello di protezione della salute contro i 2 TdM consecutivi dello scorso anno ecologico).

A Maerne, stazione di riferimento di tipo D della rete urbana di Mestre-Venezia, per l'anno ecologico 2001/2002 si riscontrano 16 casi di superamento del limite di protezione della vegetazione, pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un'ora (durante il mese di agosto 2001, sempre attorno alle prime ore del pomeriggio, con un massimo di  $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), contro i 5 casi di agosto 2000, il singolo caso del 30 maggio 1999 ed i 91 casi nel corso dell'estate 1998.

In riferimento al limite di protezione della vegetazione, pari a  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , calcolato come media giornaliera, non "trascinata", sulle 24 ore, quest'anno ecologico si nota un leggero aumento del numero di casi di superamento di tale limite: da 148 casi di superamento nel 1998, 54 casi nel 1999 e 38 casi nell'anno ecologico 2000/2001, si sale a 114 casi nell'anno ecologico 2001/2002.

Si può, quindi, osservare che il graduale miglioramento che era stato osservato nella stazione di Maerne fino allo scorso anno ecologico, quest'anno ha subito una controtendenza.

L'analisi dei giorni - tipo (Grafico 20) elaborati sull'anno ecologico conferma l'elevata analogia fra le stazioni, anche relativamente al valore delle concentrazioni massime che si attestano tutte intorno a  $60 - 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A Maerne, stazione di riferimento di tipo D della rete urbana di Mestre-Venezia, per l'anno ecologico 2001/2002 si riscontrano 16 casi di superamento del limite di protezione della vegetazione, pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un'ora (durante il mese di agosto 2001, sempre attorno alle prime ore del pomeriggio, con un massimo di  $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), contro i 5 casi di agosto 2000, il singolo caso del 30 maggio 1999 ed i 91 casi nel corso dell'estate 1998.

In riferimento al limite di protezione della

vegetazione, pari a  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , calcolato come media giornaliera, non "trascinata", sulle 24 ore, quest'anno ecologico si nota un leggero aumento del numero di casi di superamento di tale limite: da 148 casi di superamento nel 1998, 54 casi nel 1999 e 38 casi nell'anno ecologico 2000/2001, si sale a 114 casi nell'anno ecologico 2001/2002.

Si può, quindi, osservare che il graduale miglioramento che era stato osservato nella stazione di Maerne fino allo scorso anno ecologico, quest'anno ha subito una controtendenza.

L'analisi dei giorni - tipo (Grafico 20) elaborati sull'anno ecologico conferma l'elevata analogia fra le stazioni, anche relativamente al valore delle concentrazioni massime che si attestano tutte intorno a  $60 - 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV)

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di idrocarburi (THC/CH<sub>4</sub>/NMHC) sono 11:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); viale San Marco (B); Sacca Fisola (B); via A. Da Mestre (B); Mira (A/C); Mirano (B); via F.lli Bandiera (C); via Circonvallazione (C); Corso del Popolo (C); Spinea (C).

**Caratteristiche generali.** I composti organici volatili (COV) comprendono una vasta classe di sostanze quali: idrocarburi (saturi, insaturi ed aromatici), derivati alogenati e ossidrillici (trielina, alcoli) e derivati carbonilici (aldeidi, chetoni).

In genere si usa distinguerli tra metano (CH<sub>4</sub>) e altri composti organici, tra i quali l'insieme più numeroso è quello costituito dagli idrocarburi non metanici (NMHC). La concentrazione di metano in atmosfera è dell'ordine della parte per milione, mentre la concentrazione di COV escluso il metano (NMHC = Idrocarburi non metanici) varia da poche decine a molte centinaia di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , particolarmente nei pressi di strade ad alta densità di traffico.

Le sorgenti di COV in atmosfera sono molteplici. Oltre alle attività inerenti la chimica (produzione di gomma e plastica, verniciature) hanno notevole rilievo le sorgenti di combustio-

ne quali il traffico autoveicolare e l'evaporazione di prodotti che contengono COV. Molti COV sono prodotti anche da processi naturali.

La loro tossicità è funzione della quantità e della qualità dei componenti individuali, mentre l'importanza ambientale è ascrivibile al fatto che essi partecipano alle reazioni che portano alla formazione di ossidanti fotochimici.

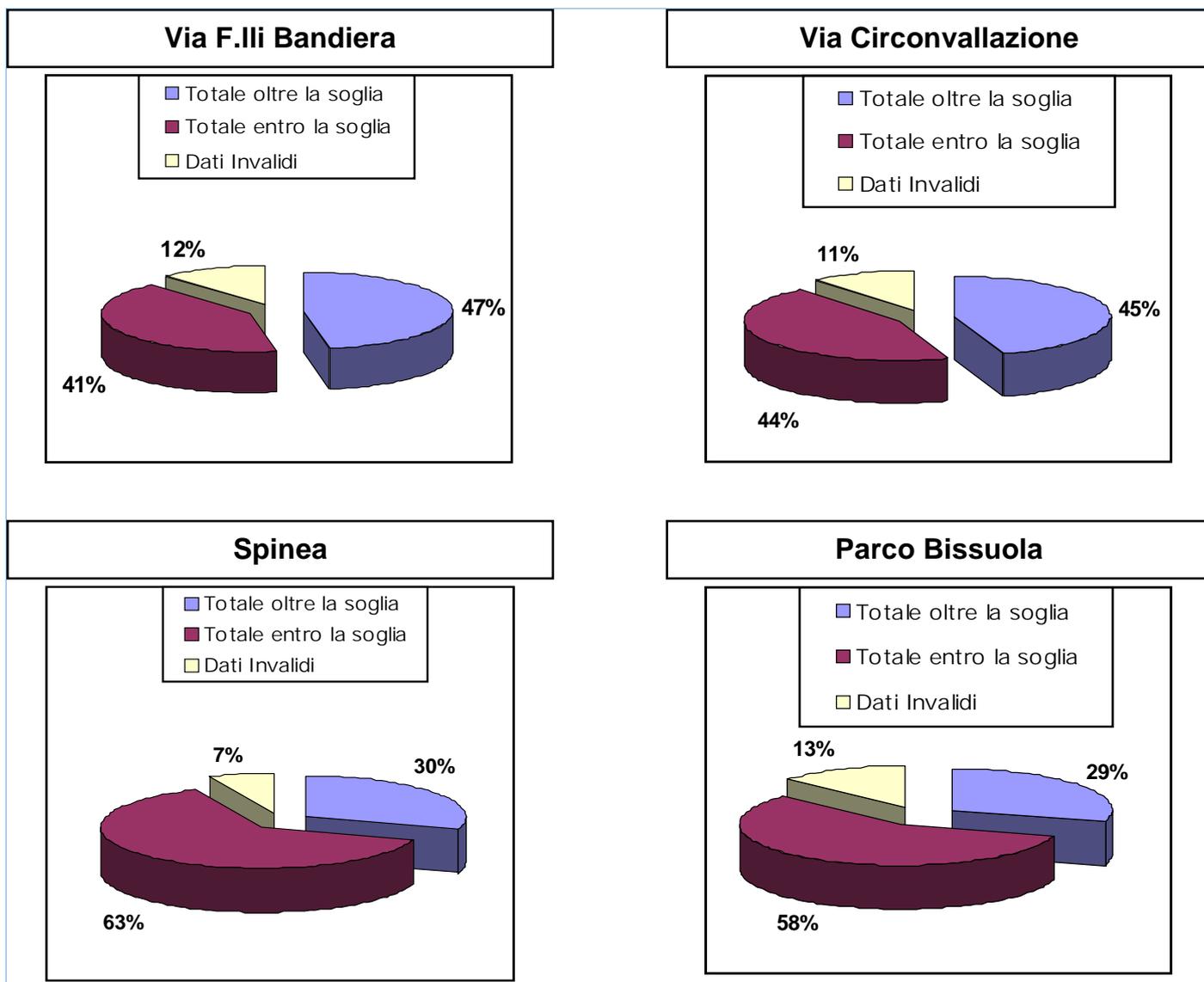
All'interno di questa classe di composti sono compresi anche gli inquinanti non convenzionali benzene ed idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Le concentrazioni tipiche sopra delineate sono effettivamente riscontrate presso le stazioni di monitoraggio di Mestre situate nelle vicinanze di aree ad alta densità di traffico, quali via A. Da Mestre, via F.lli Bandiera e via Circon-

vallazione, dove la concentrazione media annuale di NMHC supera i  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tuttavia anche al Parco Bissuola, Mirano e Spinea si trovano concentrazioni medie annuali superiori a  $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; in contrapposizione alla situazione della stazione di Sacca Fisola dove il valore medio annuale è effettivamente molto più basso (Allegato 1 e Grafico 22, Sacca Fisola). In ogni caso si tratta di un fenomeno alquanto diffuso.

Nonostante gli NMHC stiano perdendo significatività a vantaggio di altri inquinanti quali il benzene e gli IPA, sono stati comunque individuati i superamenti della concentrazione in atmosfera degli NMHC oltre l'unica soglia che sia stata fissata per questo parametro:  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media di 3 ore (corrispondente ad un tempo di media, TdM). In realtà il superamento del valore limite di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per NMHC viene

Grafico 21 – NMHC – Soglia:  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – Tempo di media: 3 ore.



segnalato solo qualora si siano verificati superamenti dello standard per l'ozono, fissato in  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dal DPCM 28/03/83, contemporaneamente nelle stazioni di Parco Bissuola e Maerne. Durante tutto l'anno ecologico 2001/2002, a Maerne si sono verificati 16 superamenti di tale limite e nessun superamento a Parco Bissuola; conseguentemente non sarebbe necessario analizzare i superamenti del valore limite per gli NMHC. E' stata calcolata comunque la percentuale di dati oltre la soglia e la percentuale di dati invalidi, per ciascuna stazione.

A Sacca Fisola la soglia di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , come media dalle ore 8.00 alle 11.00 e dalle 17.00 alle 20.00 della concentrazione oraria di NMHC, è stata superata nel 5% dei casi, con basse permanenze (mai oltre 4 TdM) e valore massimo della concentrazione media di  $659 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mentre nelle stazioni urbane si è avuto superamento della stessa soglia nel 47% dei casi in via F.lli Bandiera, 45% in via Circonvallazione, 29% al Parco Bissuola e 28% in via A. Da Mestre; a Spinea tale superamento si è verificato nel 30% dei casi ed a Mirano nel 23% dei casi (Grafico 21). In via Circonvallazione il picco massimo della media di 3 ore ha raggiunto i 1-

$677 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

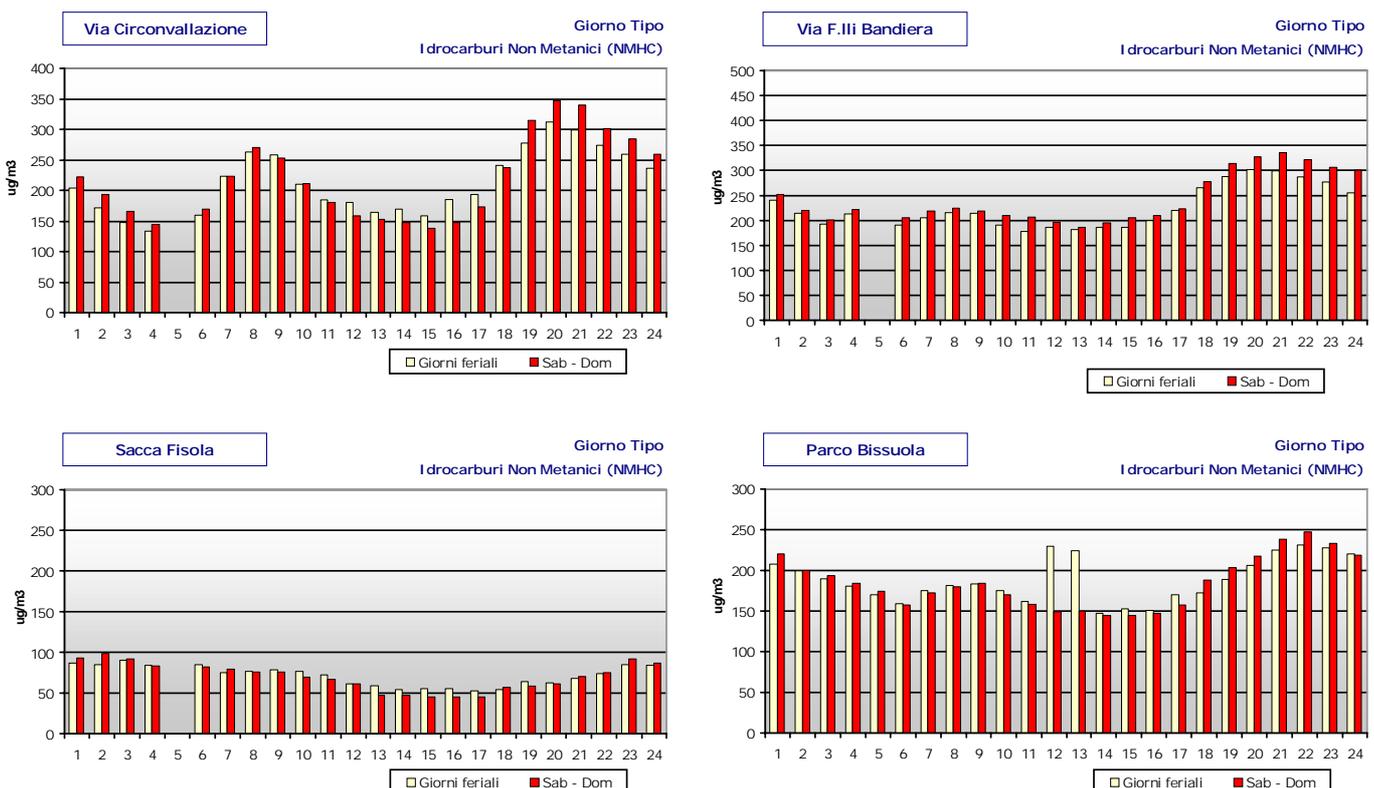
Per quanto riguarda gli idrocarburi non metanici, da queste analisi si nota un leggero peggioramento rispetto a quanto evidenziato lo scorso anno ecologico.

I grafici del giorno - tipo per le stazioni dell'area urbana hanno andamenti simili: presentano massimi intorno alle ore 8.00 e alle ore 20.00, in corrispondenza di un incremento dei flussi di traffico urbano.

In tutte le stazioni le concentrazioni - tipo di NMHC nei giorni lavorativi sono spesso minori rispetto a quelle misurate nel fine settimana. Lo scorso anno ecologico in via Circonvallazione si riscontravano concentrazioni di NMHC anche doppie nei giorni feriali rispetto a quelle del fine settimana; nell'anno ecologico 2001/2002 queste ultime generalmente prevalgono in tutte le stazioni.

In via Circonvallazione la differenza rispetto all'anno scorso è associata ad un aumento delle concentrazioni di NMHC nel fine settimana; in altre stazioni, ad esempio in via F.lli Bandiera (Grafico 22) ed in via Bottenigo, tale differenza è associata ad una riduzione delle concentrazioni di NMHC nei giorni feriali.

Grafico 22 – Giorno - tipo



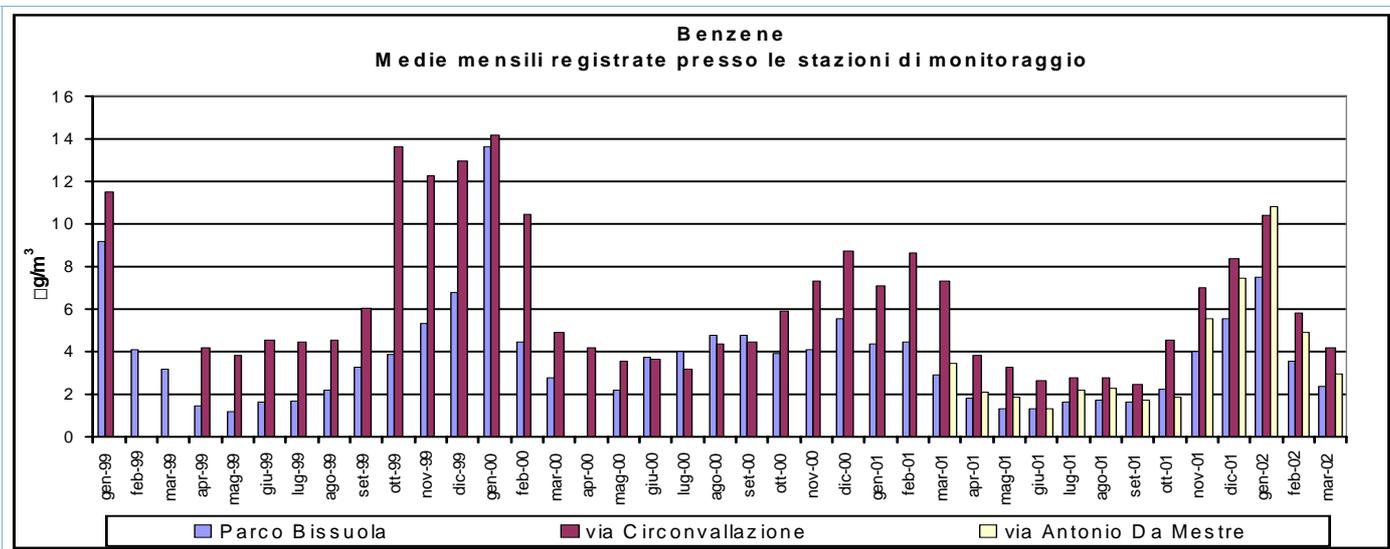


Grafico 23 - Medie mensili benzene registrate presso le stazioni di monitoraggio durante l'anno ecologico 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002.

### Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale dotate di analizzatori automatici di benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) sono, per l'anno ecologico considerato, tre stazioni della rete urbana: Parco Bissuola (A), via A. Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

**Caratteristiche generali.** Il benzene è un composto aromatico presente nella benzina in concentrazioni percentuali che, dal 1 luglio 19-98, non possono superare il valore dell'1%.

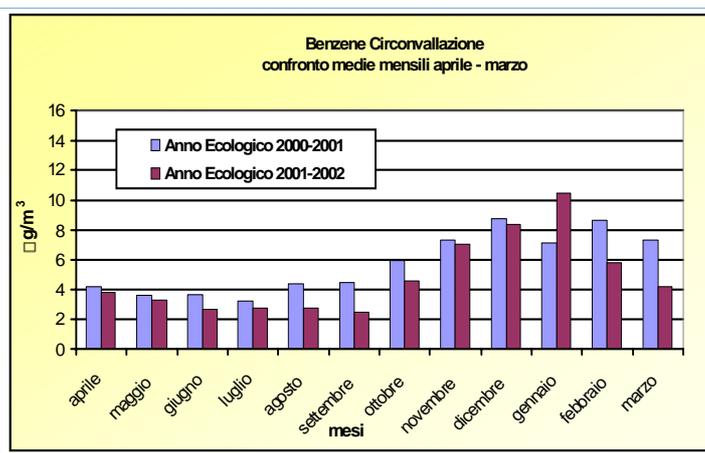
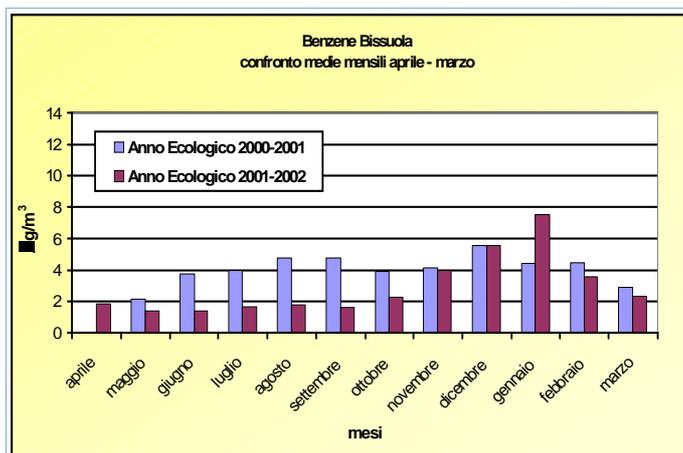
La concentrazione di benzene nell'atmosfera delle aree urbane deriva per il 95% dalle emissioni autoveicolari.

La sua misura è di grande rilevanza, poiché

fornisce un dato molto importante sul contributo del traffico autoveicolare all'inquinamento atmosferico nei centri urbani, in particolare se caratterizzato in continuo assieme ai suoi analoghi superiori (BTEX, ovvero benzene, toluene, etilbenzene e xileni).

Il benzene è un composto altamente volatile: per questo motivo, l'emissione in atmosfera associata all'evaporazione da serbatoi degli autoveicoli e dei distributori di carburante può essere notevole. Tuttavia, le emissioni autoveicolari derivano solo per una frazione dal processo evaporativo; la maggior parte del benzene emesso dagli autoveicoli proviene dall'incomplete combustione di questa molecola nel motore, nonché dal riarrangiamento molecolare degli altri composti organici presenti nella benzina

Grafico 24 - Confronto delle medie mensili di benzene registrate durante l'anno ecologico 2000-2001 e 2001-2002 presso le stazioni di monitoraggio.

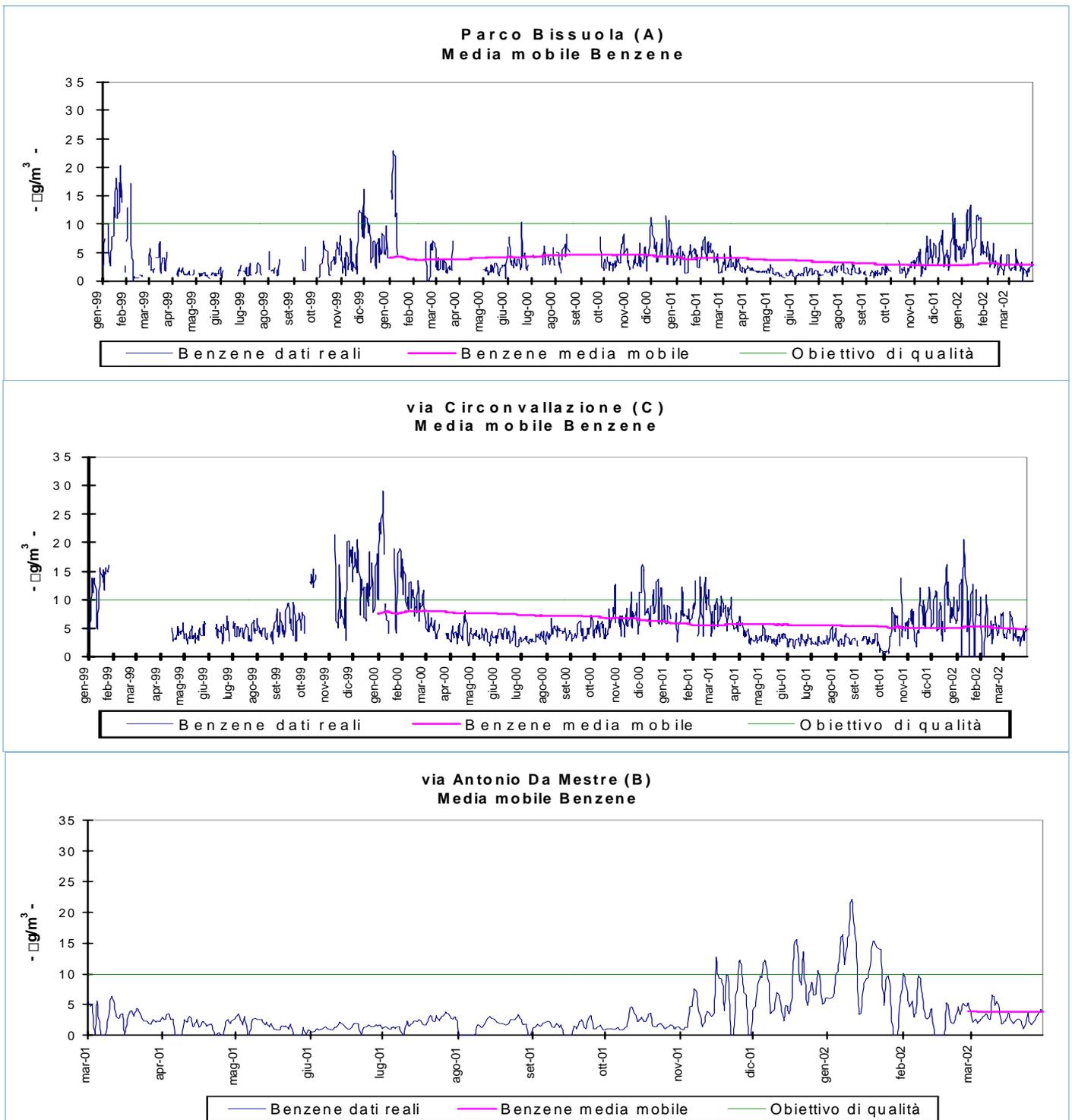


durante la combustione. Non basta, quindi, impiegare benzina a basso tenore di benzene per ridurre le emissioni di benzene, ma occorre promuovere simultaneamente l'impiego di motori dotati di sistemi di abbattimento catalitico. Le emissioni di benzene degli autoveicoli dotati di convertitore catalitico sono sensibilmente inferiori alle emissioni degli autoveicoli non catalizzati.

*Effetti sulla salute.* A causa della sua elevata tossicità, il benzene viene facilmente inalato ed assorbito dagli eritrociti e dalla proteine plasmatiche e trasferito a tutti gli organi e tessuti ricchi di lipidi, esercitando effetti tossici. In particolar modo esso colpisce il sistema nervoso centrale, con effetti di tipo inebriante e anestetico.

Il benzene è un composto cancerogeno. Gli

Grafico 25 - Confronto media mobile benzene – obiettivo di qualità nelle stazioni di monitoraggio.



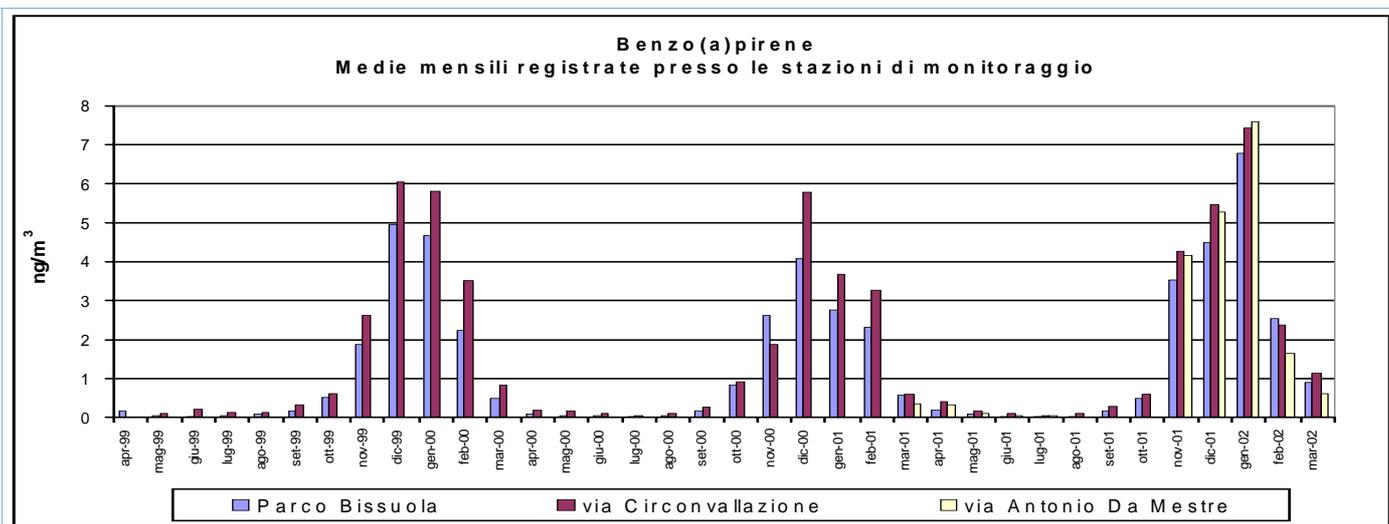


Grafico 26 - Medie mensili benzo(a)pirene registrate presso le stazioni di monitoraggio durante l'anno ecologico 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002.

esperti dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità e dell'Agenzia di Protezione dell'Ambiente statunitense (US EPA) hanno rispettivamente stimato in 4 e 10 casi aggiuntivi di leucemia per milione di persone il rischio massimo aggiuntivo derivante dall'esposizione protratta per tutta la vita a concentrazioni di benzene pari ad  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A differenza del benzene, il toluene, l'etilbenzene e gli xileni non inducono lo sviluppo di cellule cancerogene, ma svolgono un'azione depressiva sul sistema nervoso centrale, con effetti di tipo inebriante ed anestetico. L'esposizione al toluene durante il periodo di gravidanza può provocare malformazioni teratogene.

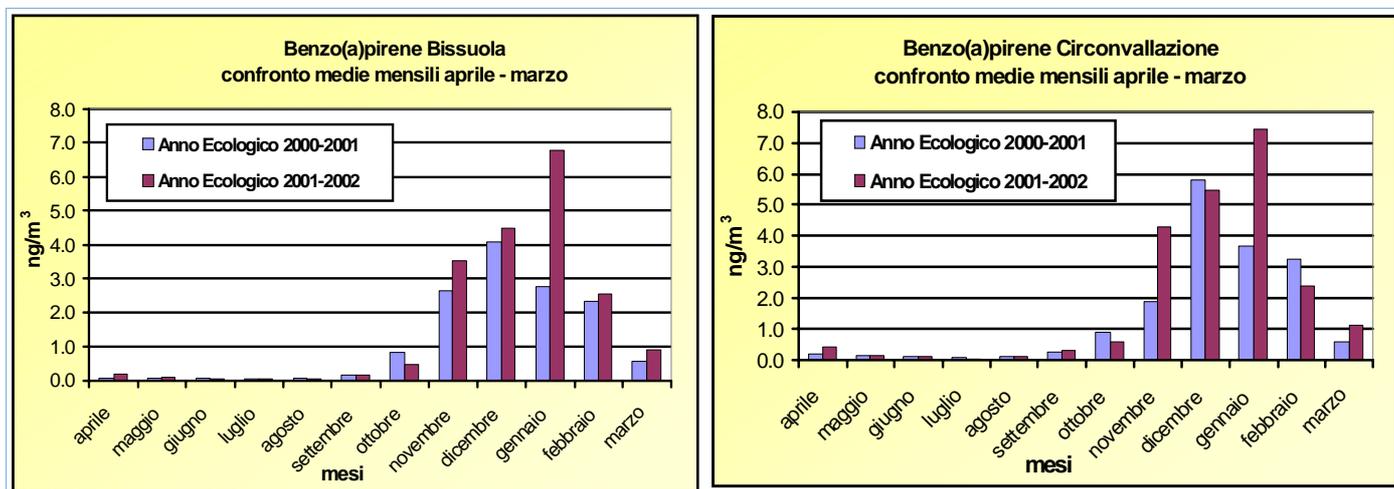
### Il benzene: analisi spaziali e temporali

Il benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) è oggetto di monitoraggio presso tre stazioni della rete urbana: Parco Bissuola (A), via A. Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

L'andamento delle medie mensili, rappresentate per le stazioni nel Grafico 23, evidenzia un picco di concentrazione nei mesi autunnali ed invernali, nei quali si osserva una certa tendenza al superamento dell'obiettivo di qualità pari a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

E' possibile notare una generale diminuzione delle concentrazioni medie mensili rispetto al precedente anno ecologico, ad eccezione del mese di gennaio 2002; nel Grafico 24 sono

Grafico 27 - Confronto delle medie mensili di benzo(a)pirene registrate durante l'anno ecologico 2000-2001 e 2001-2002 presso le stazioni di monitoraggio.



messe a confronto tali medie mensili. Questo confronto non è possibile in via A. Da Mestre, poiché questa stazione è attiva a partire da marzo 2001.

La media mobile annuale non mostra per nessuna delle stazioni il superamento dell'obiettivo di qualità. Come riportato dal Grafico 25, che mostra in parallelo la serie storica dei dati medi giornalieri e la media mobile annuale.

Le medie mobili assumono i valori di 3 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di Parco Bissuola (A), 4 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di via A. Da Mestre (B) e 5 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di via Circonvallazione (C), quindi concentrazioni al di sotto dell'obiettivo di qualità indicato precedentemente.

Tali valori indicano, in qualche misura, una

certa differenziazione dell'inquinamento a seconda dell'area di monitoraggio, con una maggiore incidenza nell'area di traffico (via Circonvallazione).

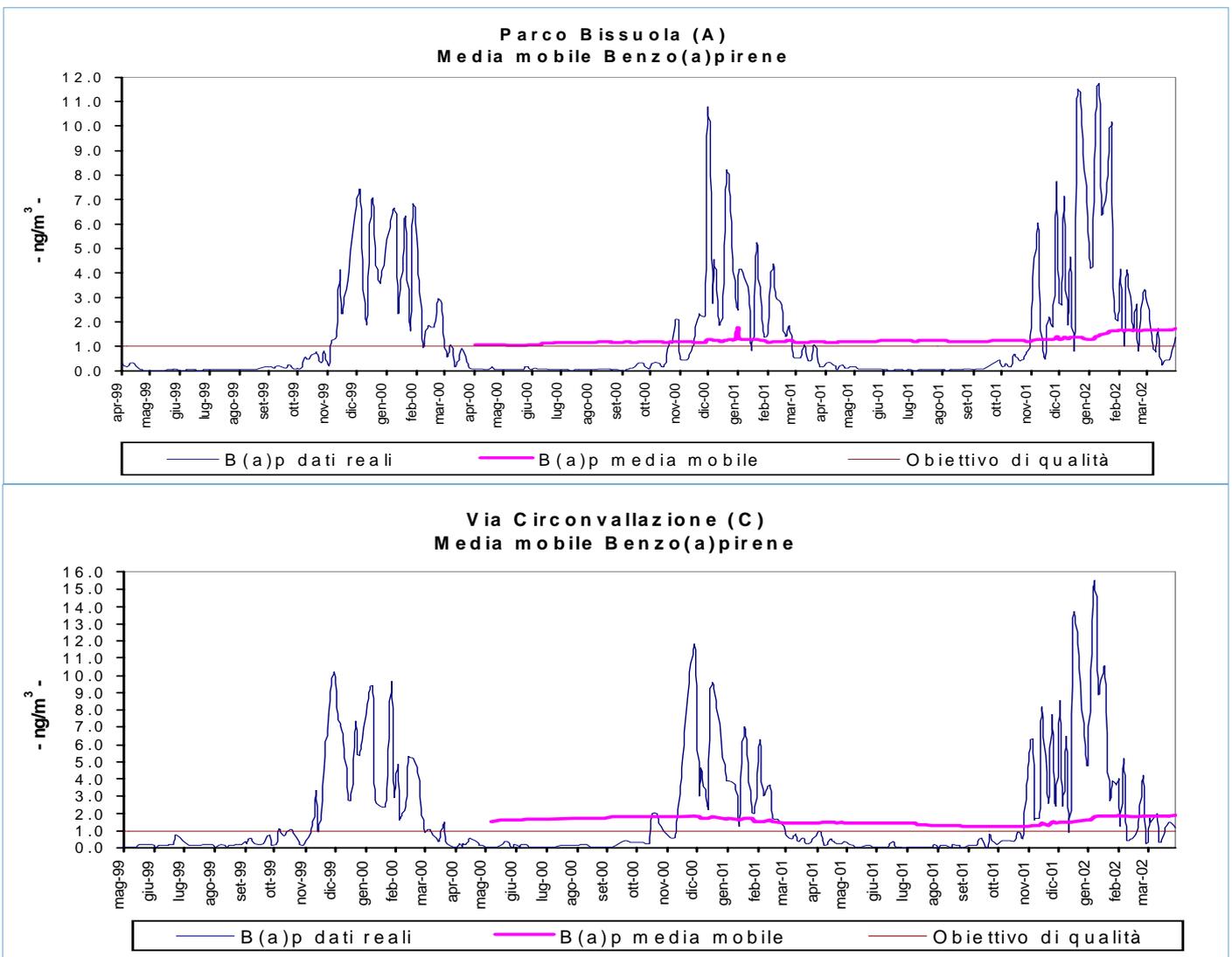
La media di area dell'anno ecologico 2001-/2002 è di 4 µg/m<sup>3</sup>, inferiore a quella calcolata nel precedente anno ecologico, pari a 5 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 11).

### Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

**Siti di misura.** Le stazioni della rete ARPAV provinciale presso le quali è stato effettuato il monitoraggio degli IPA, per l'anno ecologico considerato, sono tre stazioni della rete urbana: Parco Bissuola (A), via A. Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

**Caratteristiche generali.** Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono una classe di i-

Grafico 28 - Confronto media mobile benzo(a)pirene – obiettivo di qualità nelle stazioni di monitoraggio.



drocarburi la cui composizione è data da due o più anelli benzenici condensati. La classe degli IPA è perciò costituita da un insieme piuttosto eterogeneo di sostanze, caratterizzate da differenti proprietà tossicologiche. L'Agenzia di Protezione dell'Ambiente statunitense (US EPA) ha stilato un elenco di IPA caratterizzati da maggiore tossicità dei quali il benzo(a)pirene è caratterizzato dalla più elevata potenza cancerogena.

Gli IPA sono composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico; derivano principalmente dai processi di combustione incompleta dei combustibili fossili, e si ritrovano quindi nei gas di scarico degli autoveicoli e nelle emissioni degli impianti termici.

La concentrazione di IPA nell'atmosfera urbana può raggiungere qualche ng/m<sup>3</sup>, mentre le concentrazioni dei componenti specifici assu-

me rapporti più o meno stabili in funzione della specifica fonte emissiva.

**Effetti sulla salute.** L'importanza ambientale di queste sostanze deriva dall'accertata azione cancerogena di alcuni di essi, con maggiore riguardo a quelli condensati nel particolato atmosferico.

Agli IPA è riconosciuta una potenziale attività biologica di tipo mutageno: tuttavia non tutti si dimostrano attivi.

Per ricondurre le concentrazioni ambientali di IPA a valori di riferimento sanitario, è stato introdotto (Rapporto ISTISAN 91/27) il concetto di benzo(a)pirene equivalente, che consente di determinare il rischio complessivo derivante dall'esposizione a IPA, dalla somma del rischio attribuibile al benzo(a)pirene (potenza cancerogena = 1), più quello degli altri sei IPA attivi:

- benzo(a)antracene (potenza cancerogena = 0,006);

Tabella 11 – Confronto con gli obiettivi di qualità delle medie mobili annuali di benzene e delle medie delle medie mensili di PM<sub>10</sub> e benzo(a)pirene aggiornate a 5 date successive dell'anno ecologico 2001-/2002.

media mobile	Mese aggiornamento					Obiettivi di qualità (DM 25-/11/94)
	marzo-01	giugno-01	settembre-01	dicembre-01	marzo-02	
<b>Parco Bissuola (Tipo A)</b>						
PM10 (ug/m3)	43	42	40	41	47	40
Benzo(a)pirene (ng/m3)	1,1	1,1	1,1	1,2	1,6	1
Benzene (ug/m3)	4	4	3	3	3	10
<b>Via Circonvallazione (Tipo C)</b>						
PM10 (ug/m3)	50	48	44	40	43	40
Benzo(a)pirene (ng/m3)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,9	1
Benzene (ug/m3)	6	6	5	5	5	10
<b>Via Antonio da Mestre (Tipo b)</b>						
PM10 (ug/m3)	-	-	-	-	-	40
Benzo(a)pirene (ng/m3)	-	-	-	-	-	1
Benzene (ug/m3)	-	-	-	-	4	10
<b>Media di area (A + C)</b>	<b>marzo-01</b>	<b>giugno-01</b>	<b>settembre-01</b>	<b>dicembre-01</b>	<b>marzo-02</b>	
PM10 (ug/m3)	47	45	42	41	45	
Benzo(a)pirene (ng/m3)	1,3	1,3	1,3	1,5	1,8	
Benzene (ug/m3)	5	5	4	4	4	

- dibenzo(a,h)antracene (potenza cancerogena = 0,6);
- indeno(1,2,3-c,d)pirene (potenza cancerogena = 0,08);
- benzo(b)fluorantene (potenza cancerogena = 0,11);
- benzo(j)fluorantene (potenza cancerogena = 0,03);
- benzo(k)fluorantene (potenza cancerogena = 0,03).

#### Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): analisi spaziali e temporali

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono oggetto di monitoraggio presso le stazioni della rete urbana: Parco Bissuola (A), via A. Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

Osservando l'andamento delle medie mensili del benzo(a)pirene, rappresentate per le stazioni nel Grafico 26, si evidenzia un picco di concentrazione nei mesi invernali, con una forte tendenza al superamento dell'obiettivo di qualità pari a  $1 \text{ ng/m}^3$ , definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

E' possibile notare un generale aumento delle concentrazioni medie mensili invernali rispetto al precedente anno ecologico, in particolare in gennaio 2002; nel Grafico 27 sono messe a confronto tali medie mensili. Questo confronto non è possibile in via A. Da Mestre, poi-

ché questa stazione è attiva a partire da marzo 2001.

Il Grafico 28 riporta la serie dei dati giornalieri e la media mobile per le stazioni di Parco Bissuola e di via Circonvallazione.

I dati disponibili non consentono ancora il calcolo della media mobile annuale della concentrazione di benzo(a)pirene in via A. Da Mestre.

Le medie mobili aggiornate a marzo 2002 assumono il valore di  $1,6 \text{ ng/m}^3$  per la stazione di Parco Bissuola e di  $1,9 \text{ ng/m}^3$  per la stazione di via Circonvallazione, superiori quindi all'obiettivo di qualità indicato precedentemente.

Tali valori stanno ad indicare un inquinamento "di area" per il benzo(a)pirene, che presenta una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano.

La media di area dell'anno ecologico 2001-/2002 è di  $1,8 \text{ ng/m}^3$ , superiore a quella calcolata nel precedente anno ecologico, pari a  $1,3 \text{ ng/m}^3$  (Tabella 11).

Riguardo alla stazione di via A. Da Mestre, nonostante sia stata attivata a partire da marzo 2001, è possibile aggiornare a marzo 2002 il calcolo della media mobile solo per il benzene, a causa della mancanza di dati di  $\text{PM}_{10}$  e benzo(a)pirene in agosto, settembre ed ottobre 2001.



# Trend storici: analisi temporali

Al fine di raffigurare l'andamento storico dei parametri convenzionali misurati presso le stazioni della rete ARPAV della qualità dell'aria, si è scelto di riportare la mediana ed il 98° percentile, rispettivamente quali indici dell'andamento del valore medio e del massimo annuale, a partire dal 1996 (per alcune stazioni dal 1994).

Infatti, disponendo di un archivio storico significativo, è importante porre a confronto tra di loro le concentrazioni di inquinanti raggiunti negli ultimi anni. In particolare è interessante conoscere la variazione della concentrazione media di una sostanza presente nell'aria, indicata dalla mediana, e il comportamento dei valori massimi negli stessi periodi, indicati dal 98° percentile.

La situazione più confortante è quella in cui entrambi gli indicatori (mediana e 98° percentile) sono decrescenti col trascorrere del tempo e solo in questo caso si può ipotizzare un reale miglioramento; anche per poter definire un peggioramento è necessario che esista accordo tra i due indici.

Allo scopo di poter confrontare correttamente i dati attuali con i dati storici a disposizione, è stato necessario calcolare la mediana ed il 98° percentile a partire dai dati misurati **nell'arco dell'intero anno civile 2001** (dal 1 gennaio 2001 al 31 dicembre 2001) e non nell'anno ecologico 2001/2002 (dal 1 aprile 2001 al 31 marzo 2002).

L'elaborazione è stata estesa alle stazioni di misura che compaiono nella tabella quotidiana sulla qualità dell'aria, ed in particolare:

- Parco Bissuola (A): parametri SO<sub>2</sub>, PTS, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> (anni 1996 – 2001);
- viale San Marco (B): parametri SO<sub>2</sub>, PTS, NO<sub>2</sub> (anni 1994 – 2001);
- via Circonvallazione (C): parametri PTS, CO (anni 1994 – 2001);
- Corso del Popolo (C): parametri PTS, CO (anni 1994 – 2001);
- via Da Verrazzano (C): parametri PTS, NO<sub>2</sub>, CO (anni 1996 – 2001);
- Maerne (D): parametri SO<sub>2</sub>, PTS, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> (anni 1994 – 2001).

Nel Grafico 29, Grafico 30 e Grafico 31 sono rappresentati la mediana ed il 98° percentile.

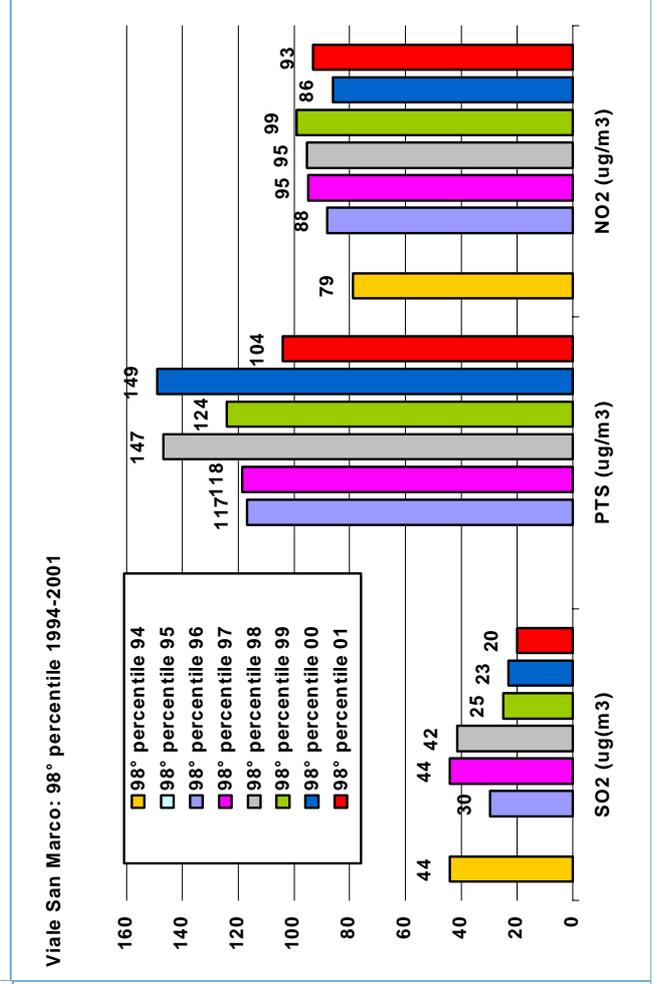
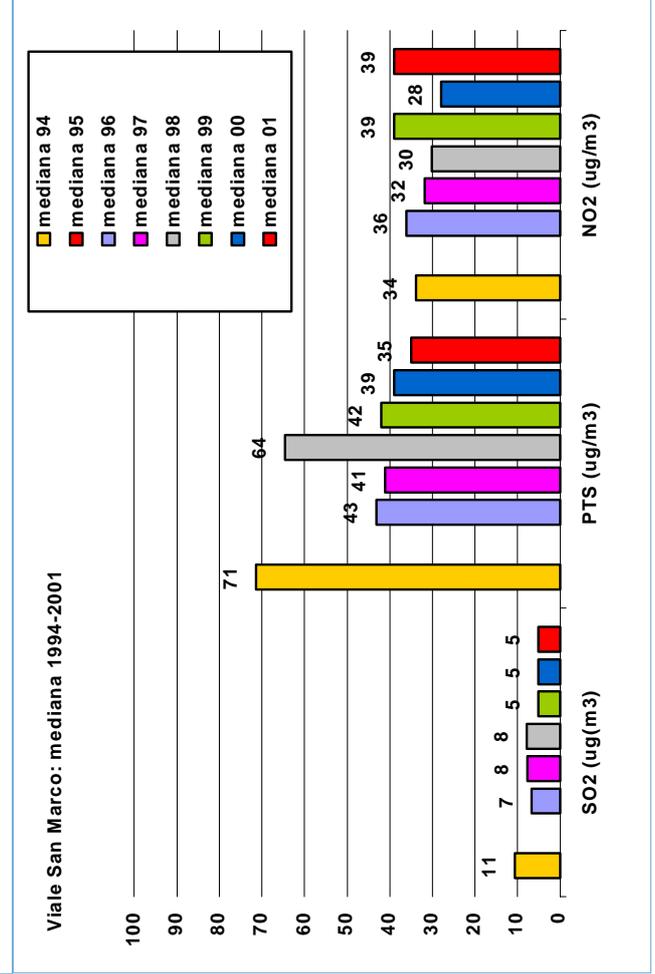
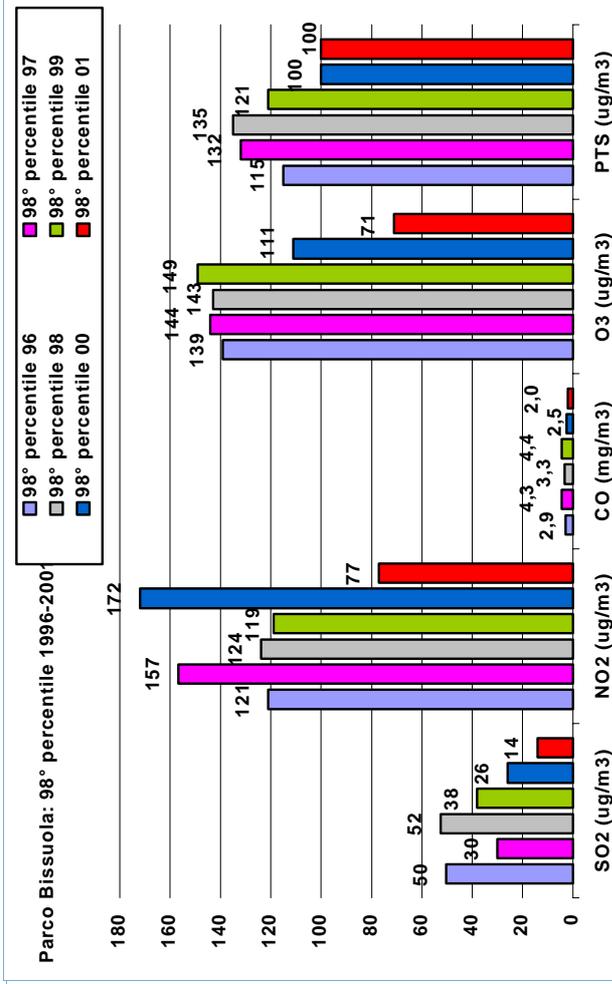
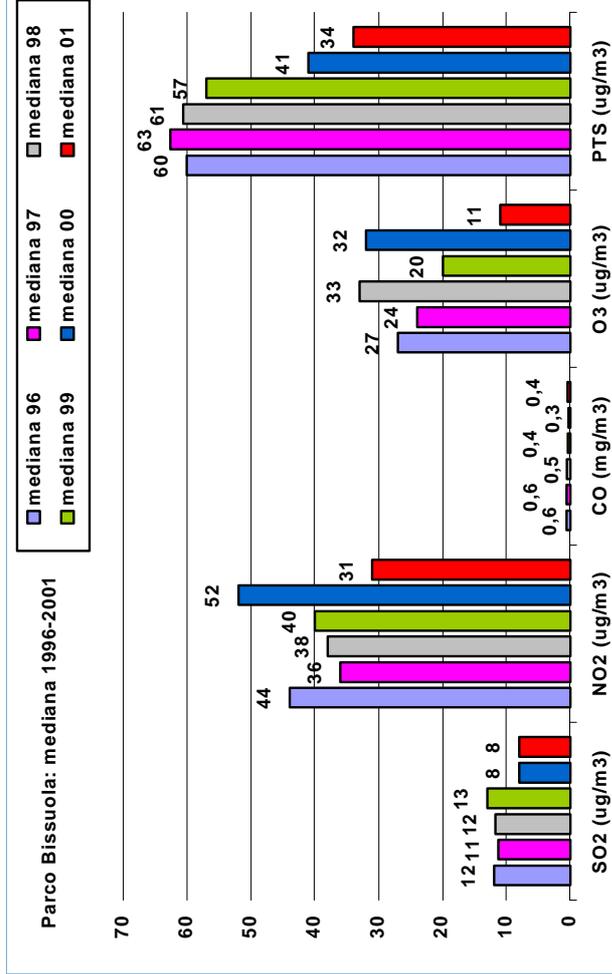
In sintesi, considerando che per poter definire un peggioramento è necessario che esista accordo tra i due indici (mediana e 98% percentile), nell'anno 2001 le situazioni degne di nota sono:

- aumento della concentrazione di NO<sub>2</sub> in viale San Marco;
- aumento della concentrazione di PTS in via Circonvallazione;
- aumento della concentrazione di O<sub>3</sub> a Maerne.

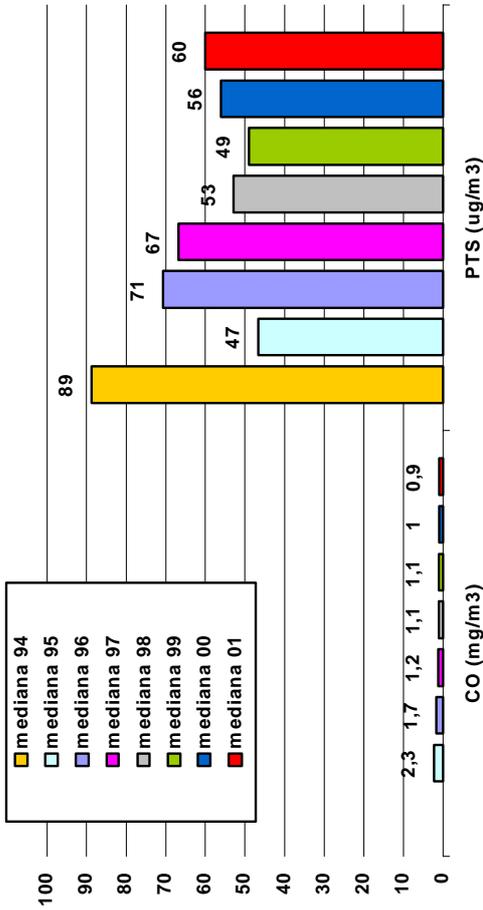
Negli altri casi si ha un miglioramento o una situazione complessivamente stazionaria.

Per gli inquinanti non convenzionali benze-

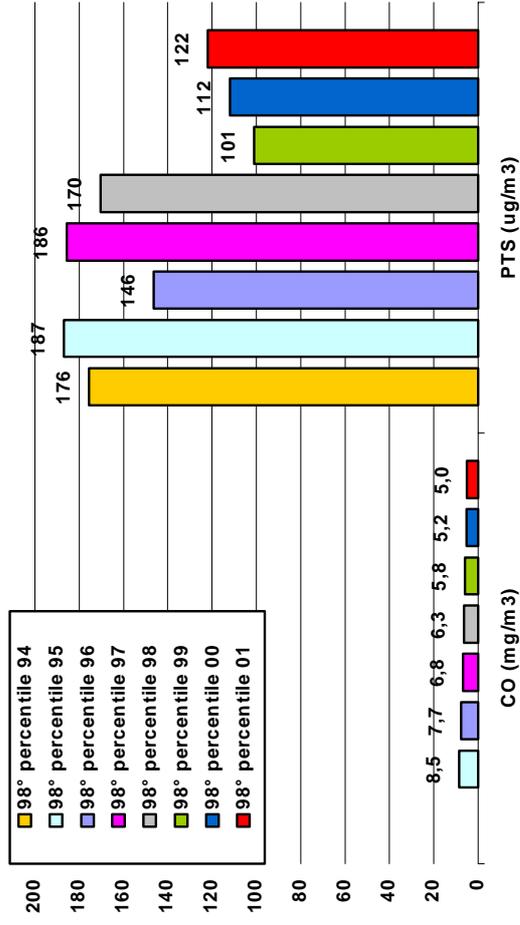
Grafico 29 - Serie storica parametri convenzionali di Parco Bissuola.



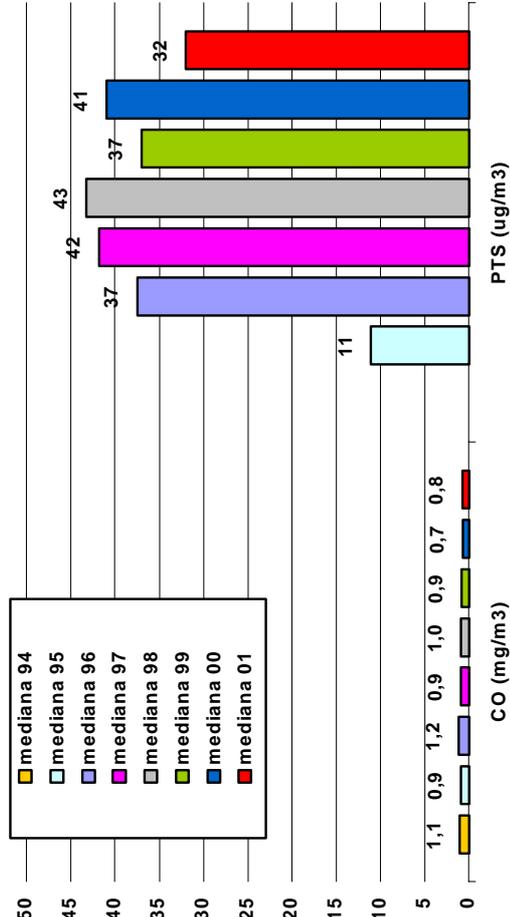
Via Circonvallazione: mediana 1994-2001



Via Circonvallazione: 98° percentile 1994-2001



Corso del Popolo: mediana 1994-2001



Corso del Popolo: 98° percentile 1994-2001

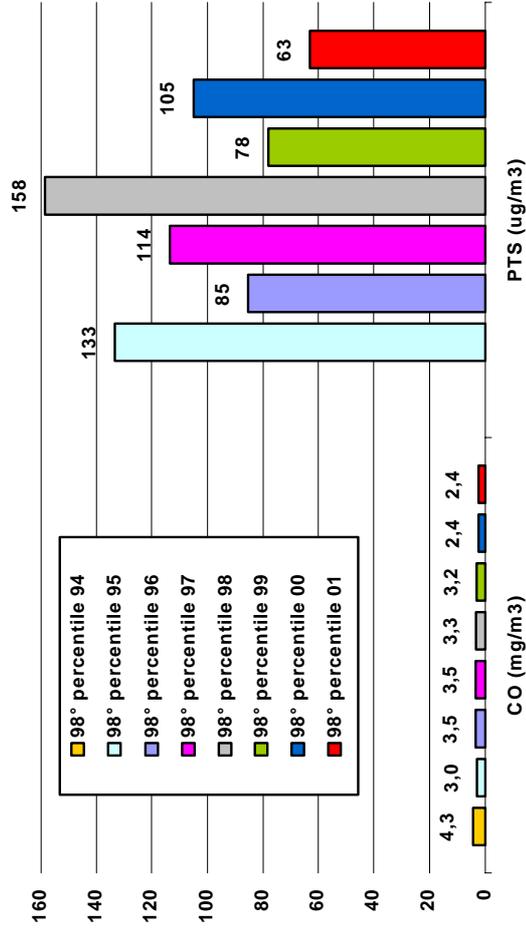


Grafico 32 - Serie storica parametri convenzionali di Corso del Popolo.

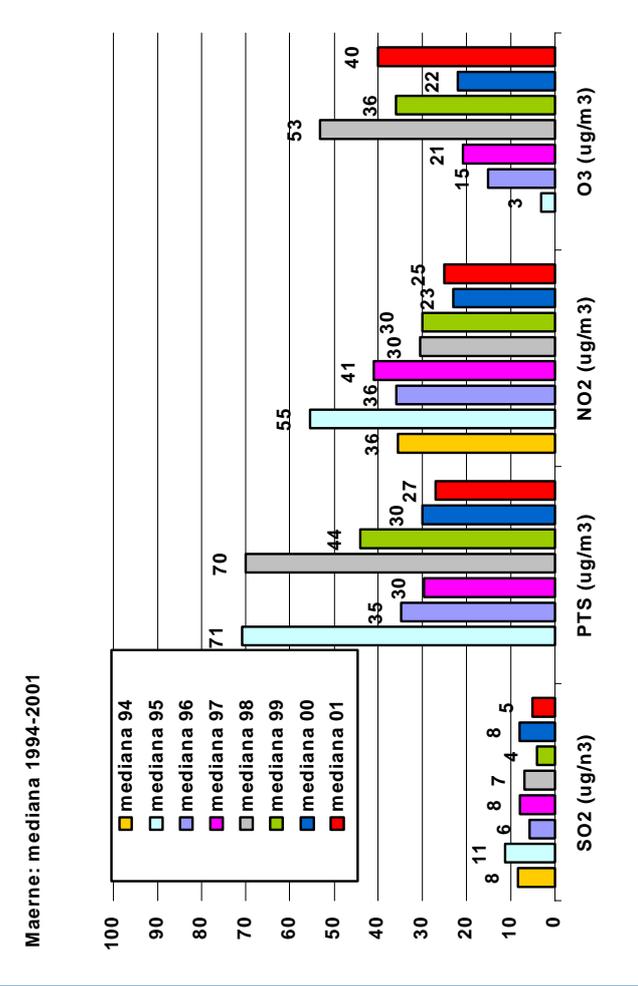
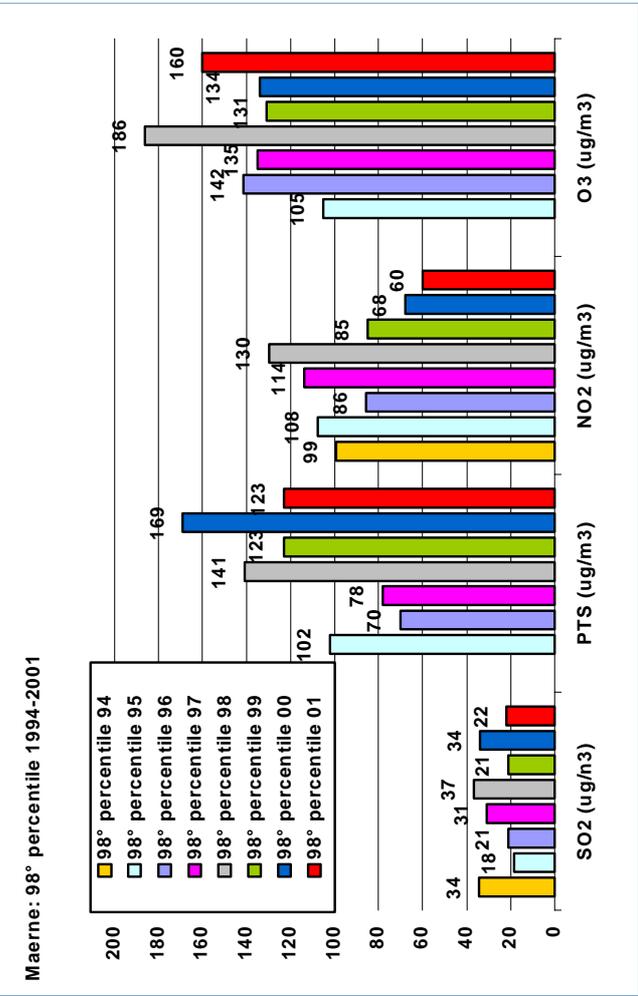
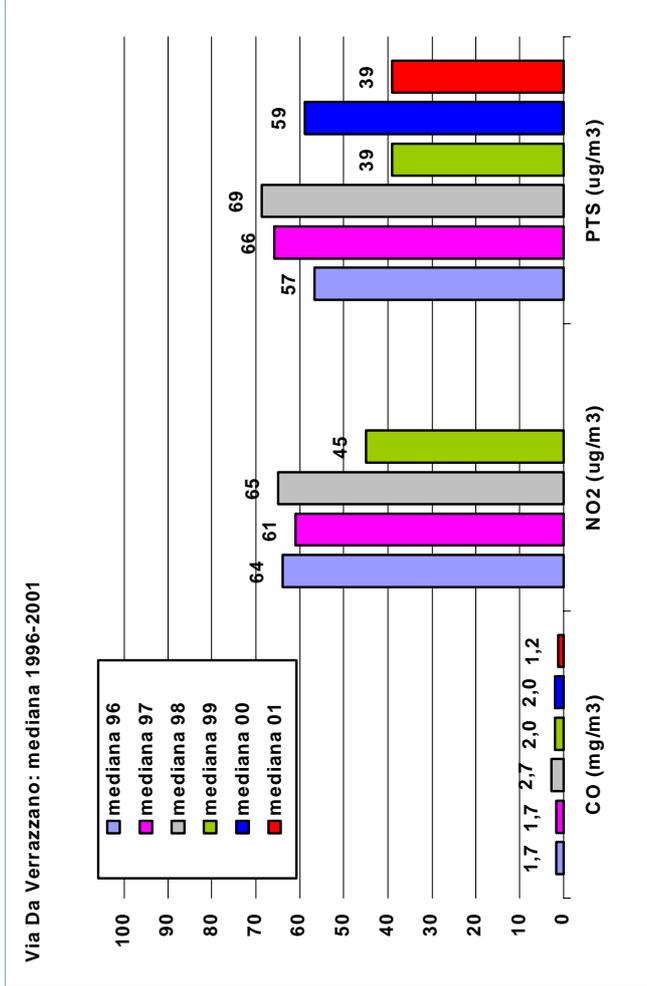
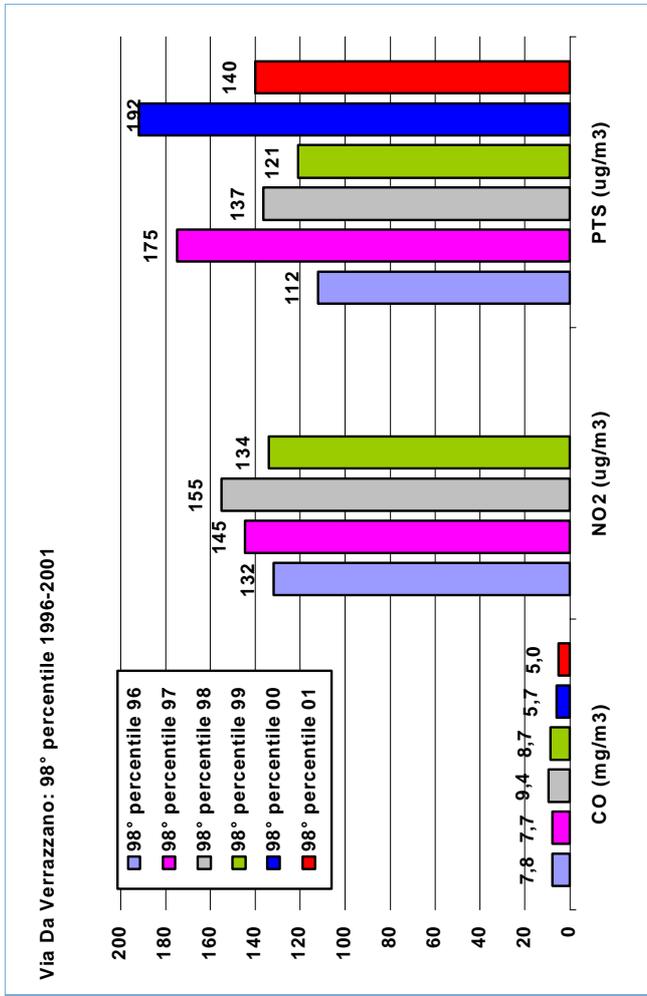


Grafico 34 - Serie storica parametri convenzionali di Maerne.

ne, PM<sub>10</sub> e benzo(a)pirene, invece, sono stati confrontati vari aggiornamenti del valore della media mobile annuale (Tabella 11).

#### Trend storico del biossido di zolfo

Per le stazioni di Parco Bissuola (ambito urbano, A), viale San Marco (ambito urbano, B) e di Maerne (cintura urbana, D) è stato analizzato l'andamento di mediana (indice del valore medio) e 98° percentile (indice del valore massimo) calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

Per il biossido di zolfo si può parlare di un complessivo miglioramento presso tutte le stazioni sia in termini di mediana che di 98° percentile fino al 1999; nell'ultimo anno questo miglioramento è stato più evidente a Maerne, mentre nelle altre stazioni considerate la situazione è risultata stazionaria.

#### Trend storico del biossido di azoto

Per le stazioni di Parco Bissuola, viale San Marco, via Da Verrazzano (ambito urbano, rispettivamente A, B e C) e di Maerne (cintura urbana, D), l'andamento di mediana e 98° percentile anche del biossido di azoto sono stati calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

Gli istogrammi evidenziano negli anni scorsi un miglioramento complessivo solo per la stazione di Maerne, mentre per le altre stazioni si sono presentate condizioni di sostanziale stazionarietà. Limitatamente all'ultimo anno, si osserva un sostanziale miglioramento per la stazione di Parco Bissuola, mentre in viale San Marco e a Maerne nel 2001 si è verificato un peggioramento in contro tendenza rispetto a quanto si era verificato dal 1999 al 2000.

#### Trend storico del monossido di carbonio

Per le stazioni di Parco Bissuola, via Da Verrazzano, Corso del Popolo e via Circonvallazione (ambito urbano, rispettivamente A, B e C) è stato analizzato l'andamento di mediana e 98° percentile calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

L'istogramma evidenzia un andamento decrescente sia della mediana che del 98° percentile della concentrazione in aria di CO per le stazioni di Corso del Popolo e via Circonvalla-

zione, mentre mostra condizioni di stabilità o di lieve e più recente miglioramento per le stazioni di Parco Bissuola e via Da Verrazzano.

#### Trend storico delle polveri totali sospese

Per le stazioni di Parco Bissuola, viale San Marco, via Da Verrazzano, Corso del Popolo, via Circonvallazione e Maerne è stato analizzato l'andamento di mediana e 98° percentile calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

L'istogramma evidenzia un andamento complessivamente decrescente sia della mediana sia del 98° percentile della concentrazione in aria di PTS per la stazione di Parco Bissuola e di via Circonvallazione fino al 1999, successivamente il miglioramento è proseguito in modo costante e sostanziale al Parco Bissuola, ma si è arrestato in via Circonvallazione, dove negli ultimi tre anni la mediana della concentrazione di polveri totali sospese è progressivamente aumentata.

Negli ultimi quattro anni nella stazione di Maerne si osserva un miglioramento continuo delle condizioni, mentre si trovano situazioni altalenanti in Corso del Popolo, via Da Verrazzano e viale San Marco.

L'analisi dei trend storici è aggiornata all'anno civile 2001 e non prende in considerazione i primi mesi dell'anno 2002, i quali hanno fatto registrare valori di concentrazione per le PTS piuttosto elevati. Infatti, come detto, dal confronto dell'anno ecologico 2001/2002 con quello precedente si riscontra un aumento della media annuale della concentrazione di PTS in tutte le stazioni di misura, ad eccezione delle stazioni di via F.lli Bandiera e di Corso del Popolo.

#### Trend storico dell'ozono

Per le stazioni di Parco Bissuola (ambito urbano, A) e di Maerne (cintura urbana, D) è stato analizzato l'andamento di mediana e 98° percentile dell'O<sub>3</sub>, calcolati sui dati rilevati nel corso di 7 anni di misure (1995 – 2001).

L'istogramma evidenzia un picco evidente della concentrazione in aria di ozono in corrispondenza dell'anno 1998 ed una successiva diminuzione nel 1999 sia per la stazione di Par-

co Bissuola, che per quella di Maerne. Successivamente, nell'anno 2000, il miglioramento ha riguardato solo la stazione di Maerne e nell'anno 2001 la tendenza si è invertita, facendo misurare un miglioramento al Parco Bissuola ed un peggioramento a Maerne.



# Campagne di misura

Le campagne di misura eseguite nel corso dell'anno ecologico 2001/2002 sono state effettuate da due unità mobili, denominate unità bianca e unità verde.

Tali laboratori mobili sono stati dislocati in diversi punti del territorio provinciale veneziano, non interessati dalla presenza di stazioni di misura fisse. Tali campagne hanno avuto lo scopo di integrare la rete fissa di stazioni di misura e di valutare, quindi, la qualità dell'aria nell'area non interessata dalla presenza di quest'ultima.

Le unità mobili sono state utilizzate per caratterizzare la qualità dell'aria nelle località indicate in tabella...

I parametri monitorati presso i laboratori mobili sono riassunti in Tabella 12.

La Tabella 13 illustra la percentuale dei superamenti dei livelli di attenzione e di protezione della salute (ex DPR 203/88, DM 15/04/94, DM 25/11/94 e DM 16/05/96).

Nell'ultima campagna di monitoraggio col mezzo mobile bianco (via Pertini - Mestre) non sono state misurate le polveri totali sospese, poiché il giorno 08/02/02 l'analizzatore è stato trasferito nella stazione fissa di via A. Da Mestre.

La campagna di misura a S. Donà di Piave, via Silos (31/10/01-27/11/02), è stata finalizzata specificatamente al monitoraggio della qualità dell'aria all'esterno di una discarica e sono stati misurati PTS, CO, NO<sub>x</sub>, ma anche H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>.

Tutti questi parametri, con la sola eccezione del metano, hanno presentato nell'arco dell'intera campagna concentrazioni di entità scarsamente significative. Le concentrazioni massime di CH<sub>4</sub> rilevate hanno sfiorato i 50 mg/m<sup>3</sup>, mentre i valori medi sono stati dell'ordine dei 9.4 mg/m<sup>3</sup>.

L'analisi dei dati evidenzia come le situazioni più acute di inquinamento dell'aria corrispondano ad episodi di superamento del livello di attenzione di:

- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) presso il Comune di Dolo e Jesolo;
- polveri totali sospese (PTS) presso il Comune di Dolo e Venezia - Marghera.

I superamenti del livello di protezione della salute fissato per l'ozono si sono verificati a Jesolo in entrambe le località in cui sono state collocate le unità mobili. E' da notare che le campagne di monitoraggio a Jesolo sono state effettuate nel periodo estivo (luglio - agosto), stagione più critica per questo inquinante. Per i parametri chimici "non convenzionali", quali il benzene, polveri inalabili PM<sub>10</sub> e benzo(a)pirene, di recente introduzione nel novero degli inquinanti monitorati in ambito urbano, la normativa fissa un valore soglia, definito obiettivo di qualità. Tale obiettivo rappresenta un valore di concentrazione **mediato su base annua**, a cui tendere progressivamente nel tempo, attra-

verso l'azione di determinate politiche di contenimento e mitigazione dell'inquinamento.

I parametri "non convenzionali" sono stati misurati in tutte le campagne di monitoraggio condotte con l'unità mobile bianca ed è stata calcolata la **media di periodo**, riportata nella Tabella 14. Particolarmente elevate risultano le concentrazioni di inquinanti "non convenzionali" misurate nel periodo invernale (campagne di

monitoraggio svolte in via del Gazzato ed a S. Donà di Piave, centro).

***Si rammenta comunque che l'obiettivo di qualità rappresenta un valore di concentrazione mediato su base annua; di conseguenza il confronto con una media di periodo può fornire indicazioni puramente indicative.***

# Le sorgenti inquinanti

Nelle aree urbane le principali sorgenti di inquinamento sono il traffico veicolare e il riscaldamento degli edifici. A queste sorgenti di tipo diffuso spesso si aggiungono sorgenti puntuali quali industrie, inceneritori di rifiuti, impianti per la produzione di energia, etc., che per la loro localizzazione, interna o relativamente prossima all'area urbana, contribuiscono all'inquinamento della zona.

In ambiente urbano il traffico veicolare è responsabile della quasi totalità delle emissioni di monossido di carbonio (CO), della maggior parte degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e dei composti organici volatili non metanici (COVNM) nonché di buona parte delle particelle sospese con granulometria inferiore ai 2 µm.

A causa di una combustione mai perfetta i motori a combustione interna producono emissioni inquinanti, soprattutto idrocarburi, monossido di carbonio e ossidi di azoto. A questi

inquinanti, poi, si aggiungono, per le emissioni delle autovetture a gasolio, ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>) e particolato costituito in prevalenza da particelle carboniose (contenenti anche idrocarburi policiclici aromatici - IPA, tra cui il benzo(a)pirene) e solfati, mentre, per le emissioni da motori a benzina, contaminanti tossici come benzene, butadiene, aldeidi, etc.

Il riscaldamento degli edifici nelle aree non servite da gas metano contribuisce in maniera sostanziale alle emissioni di biossido di zolfo ed è comunque responsabile di una parte non trascurabile di ossidi d'azoto. In quartieri in cui è ancora in uso il carbone anche l'inquinamento dovuto al particolato può essere notevole.

Per alcuni dati sulle emissioni in Italia dal 1980 al 1997, secondo la classificazione CORINAIR SNAP97, si rimanda alla Relazione per l'anno ecologico 1999 - 2000.



# Conclusioni e problematiche emergenti

## CONCLUSIONI IN BREVE

I dati raccolti durante l'anno ecologico (compreso tra il 1 aprile 2001 e il 31 marzo 2002) sono risultati, grazie al processo di ammodernamento della strumentazione avviato dalla Provincia di Venezia e portato avanti dal Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia, completi ed accurati. Infatti oltre ai parametri convenzionali sono ormai disponibili anche archivi "storici" per gli inquinanti cosiddetti non convenzionali, quali benzene, PM<sub>10</sub> e IPA.

Anche quest'anno, seguendo la traccia avviata nelle relazioni elaborate per i precedenti anni ecologici, si è cercato di evidenziare l'evoluzione della situazione degli inquinanti, descrivendone la permanenza in atmosfera oltre che il semplice numero di superamenti dei livelli di attenzione.

Avendo a disposizione un archivio storico di dimensioni significative è stato possibile, inoltre, verificare la tendenza al miglioramento o al peggioramento della mediana e del 98° percentile per gli inquinanti di alcune stazioni di monitoraggio (a seconda dei dati disponibili), a partire dal 1994.

**Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)** - La concentrazione di questa sostanza nell'aria, in continuo calo già da alcuni anni, quest'anno ha segnato un incremento in alcune zone sia urbane che periferiche; è stato raggiunto, in rarissimi casi, il

livello di attenzione. Comunque sono stati ampiamente rispettati i valori guida e limite in tutto il territorio controllato dalla rete di monitoraggio.

**Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)** - I valori guida e limite per questo parametro sono sostanzialmente rispettati in tutte le stazioni della rete. Nel corso dell'anno ecologico sono stati rilevati alcuni superamenti dei valori di attenzione nelle stazioni di via Bottenigo, viale San Marco, via A. Da Mestre e Mira.

Il biossido di azoto è un inquinante presente in modo diffuso in tutto il territorio, come testimonia l'andamento simile del giorno - tipo di molte stazioni di monitoraggio.

Lo studio della tendenza dal 1994 mostra che, generalmente, il biossido di azoto presenta una sostanziale stazionarietà, con miglioramenti o peggioramenti oscillanti nel corso degli anni.

**Monossido di carbonio (CO)** - Il monossido di carbonio durante l'anno ecologico 2001-/2002 non ha evidenziato superamenti del valore limite né del livello di attenzione. Dunque non si sono verificati episodi di inquinamento acuto causati da questo inquinante.

L'analisi della tendenza negli anni evidenzia in generale un andamento decrescente o stazionario della mediana e del 98° percentile della concentrazione in aria di CO per le stazioni di

ipo C.

Lo studio del giorno - tipo delle varie stazioni evidenzia picchi di concentrazione nelle medesime ore dimostrando come, nonostante le emissioni di CO abbiano carattere locale, questo inquinante risulti diffuso in tutto l'ambito urbano, a causa dell'ubiquità delle fonti emissive.

**Polveri PTS** - Questo parametro va tenuto sotto osservazione, poiché molte aree monitorate mostrano il superamento del valore guida. Anche se il valore limite non è mai superato, le polveri totali sospese presentano superamento diffuso del livello inferiore del valore guida con superamenti anche del livello superiore del valore guida, presso le stazioni di via Circonvallazione e Chioggia.

Le polveri totali sospese presentano superamenti del livello di attenzione distribuiti su tutto il territorio provinciale ed in numero maggiore rispetto al precedente anno ecologico; le concentrazioni sono risultate significative in molte stazioni urbane ed extraurbane, quali viale San Marco, Maerne, Mirano e Chioggia, con permanenze in atmosfera fino a 11 giorni consecutivi.

Lo studio del giorno - tipo ha evidenziato un generale incremento delle concentrazioni misurate nel fine settimana.

L'analisi della tendenza dal 1994 al 1999 consente di osservare un andamento decrescente o stazionario sia della mediana che del 98° percentile della concentrazione in aria di PTS; negli anni successivi il miglioramento è proseguito solo in alcune stazioni. Infine, i mesi di gennaio e febbraio 2002 hanno fatto misurare concentrazioni di PTS tali da portare la media dell'anno ecologico 2001/2002 al di sopra di quella del precedente anno ecologico in tutte le stazioni della rete, ad eccezione di quelle in via F.lli Bandiera e Corso del Popolo.

**Polveri PM<sub>10</sub>** - I valori della media mobile annuale per le polveri PM<sub>10</sub> sono superiori al corrispondente obiettivo di qualità (pari a 40 µg/m<sup>3</sup>) sia per la stazione di Parco Bissuola che per via Circonvallazione; tuttavia la media di area dell'anno ecologico 2001/2002 (45 µg/m<sup>3</sup>) risulta inferiore a quella calcolata per l'anno e-

cologico precedente (47 µg/m<sup>3</sup>). È interessante notare che il contributo maggiore alla media d'area proviene dalla stazione di Parco Bissuola e non da quella di via Circonvallazione, al contrario di quanto avvenuto lo scorso anno ecologico.

**Ozono (O<sub>3</sub>)** - Le variazioni della concentrazione dell'ozono in atmosfera dipendono senza dubbio in gran misura dalla situazione meteorologica; dopo l'anno 1998, caratterizzato da concentrazioni di ozono particolarmente elevate, il 1999 ha mostrato un certo miglioramento per la stazione di Parco Bissuola e per Maerne, confermato nel 2000 solo per Maerne. Nell'anno ecologico 2001/2002 il numero di giorni di superamento del livello di attenzione è aumentato nella stazione di Maerne, mentre si è ridotto nelle altre stazioni.

Nel corso dell'anno ecologico si sono avuti vari episodi critici, delineati in termini di superamento del livello di attenzione e di superamento del livello di protezione della vegetazione e della salute; lo studio delle permanenze in atmosfera di concentrazioni superiori alla soglia evidenzia come il semestre estivo sia caratterizzato dalla qualità dell'aria, rispetto all'ozono, peggiore.

Lo studio del giorno - tipo conferma l'elevata analogia tra le stazioni, sia come andamento che come valori assoluti, testimoniando chiaramente che quando il fenomeno si manifesta interessa aree molto vaste.

**Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** - Nelle stazioni attrezzate per il monitoraggio del benzene (Parco Bissuola, via A. Da Mestre e via Circonvallazione) le concentrazioni più elevate si riscontrano nel semestre freddo.

La media mobile annuale, aggiornata a marzo 2002, non mostra per nessuna delle stazioni il superamento dell'obiettivo di qualità; infatti la media mobile assume i valori di 3 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di Parco Bissuola, 4 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di via A. Da Mestre e 5 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di via Circonvallazione, inferiori quindi all'obiettivo di qualità pari a 10 µg/m<sup>3</sup>. Tali valori indicano, in qualche misura, una certa differenziazione dell'inquinamento a seconda dell'area di monitoraggio, con una maggiore in-

cidenza nell'area di traffico (via Circonvallazione).

La media di area dell'anno ecologico 2001-/2002 è di  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore a quella calcolata nel precedente anno ecologico, pari a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** - Il benzo(a)pirene, convenzionalmente assunto come rappresentativo degli IPA, nelle stazioni attrezzate per il monitoraggio (Parco Bissuola, via A. Da Mestre e via Circonvallazione) evidenzia le concentrazioni più elevate nel semestre freddo.

La media mobile annuale, aggiornata a marzo 2002, assume i valori di  $1,6 \text{ ng}/\text{m}^3$  per la stazione di Parco Bissuola e di  $1,9 \text{ ng}/\text{m}^3$  per la stazione di via Circonvallazione, superiori quindi all'obiettivo di qualità pari a  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Tali valori indicano un inquinamento di area per il benzo(a)pirene, che presenta una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano.

La media di area dell'anno ecologico 2001-/2002 è di  $1,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ , nettamente superiore a quella calcolata nel precedente anno ecologico, pari a  $1,3 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

## PROBLEMATICHE EMERGENTI

### Smog fotochimico

Il termine si riferisce al miscuglio di gas inquinanti che si forma nella bassa atmosfera per azione della luce solare sulle emissioni antropogeniche (particolarmente gli ossidi di azoto e gli idrocarburi emessi dagli scarichi dei veicoli), con produzione di gas chimicamente reattivi. Uno dei prodotti principali di queste reazioni fotochimiche è costituito dall'ozono. Quella stessa molecola triatomica di ossigeno, a cui si faceva riferimento precedentemente, che è così importante per neutralizzare la radiazione ultravioletta a livello della stratosfera, dove si concentra circa il 90 per cento dell'ozono atmosferico, costituisce un grave problema quando si accumula in eccesso nella fascia atmosferica più prossima alla superficie terrestre (troposfera).

Nella regione Mediterranea l'alta intensità luminosa e le elevate temperature favoriscono le reazioni che portano alla formazione dello smog fotochimico e in modo particolare dell'o-

zono. Questo tipo di inquinamento rappresenta un problema sia per la salute dell'uomo e degli animali che per le piante. In particolare l'ozono, essendo fortemente reattivo e penetrando all'interno dell'organo fogliare, determina alterazioni funzionali a livello cellulare che si esplicano macroscopicamente in clorosi, necrosi fogliare e ridotto accrescimento. Ciò sembra essere uno dei principali fattori alla base del declino forestale osservato sia in Europa che in America. Purtroppo, essendo le reazioni che portano alla formazione di agenti fotochimici molto complesse e fortemente correlate alle condizioni meteorologiche, risulta difficile prevederne l'evoluzione e la distribuzione spaziotemporale e prendere i dovuti provvedimenti. Molti studi sono volti a comprendere meglio la chimica del fenomeno e gli aspetti meteorologici che possono influenzarlo. A essi si associano anche studi di bioindicazione e biomonitoraggio volti alla comprensione degli effetti delle concentrazioni rilevate nell'ambiente sul materiale biologico.

### Effetti sui beni di interesse storico e culturale

Unitamente ai danni subiti direttamente dagli organismi, un ulteriore problema causato dall'inquinamento atmosferico, è quello relativo al deterioramento, a volte grave e irreversibile, cui vanno incontro i beni di interesse storico - culturale come monumenti, opere d'arte, manufatti, etc.

Queste considerazioni bene si adattano all'ambiente provinciale veneziano, ricco di risorse storiche ed architettoniche uniche al mondo.

Agenti inquinanti come gli ossidi di azoto e l'anidride solforosa che danno reazione acida (rendendo in tal modo acida la pioggia), l'ozono e gli idrocarburi incombusti producono un'ampia gamma di attacchi chimici che portano alla trasformazione strutturale di pietre, marmi, metalli e materiali da costruzione in genere. Ad esempio reazioni di solfatazione possono portare alla trasformazione del marmo, che è essenzialmente carbonato di calcio, in solfato di calcio (o gesso) e del bronzo in solfato di rame,

che si sgretolano facilmente a causa degli agenti atmosferici (azione eolica, dilavamento delle acque meteoriche, gelo-disgelo, etc.). Parimenti si verifica la corrosione dei metalli, che avviene per attacco acido e per reazioni di ossidazione o l'idratazione di pietre e strutture lapidee a base di calcite che aumentano di volume spaccandosi fino al totale sgretolamento. Inoltre c'è da osservare che alcuni microrganismi (batteri, funghi) che si sviluppano in particolari condizioni biochimiche (acidità del substrato, presenza di materiali depositati di tipo organico o inorganico, etc.) trovano nelle superfici dei monumenti un ambiente congeniale per potersi sviluppare.

### Inquinamento urbano e traffico veicolare

Come già accennato precedentemente, sono proprio gli ambiti urbani a costituire spesso il punto di maggiore criticità nella gestione territoriale della qualità dell'aria.

Le ragioni di tali criticità vanno ricercate principalmente nella congestione del traffico veicolare, a cui si deve la produzione e l'emissione nell'aria urbana di ingenti quantità di inquinanti ad accertata azione tossica o cancerogena quali il benzene, gli IPA e le polveri (specie  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ ).



