

Sezione Regionale  
Modellistica, Climatologia e  
Meteorologia

Unità Operativa  
Tutela della Qualità dell'Aria  
Sezione  
*Monitoraggio della Qualità dell'Aria*

## RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITA' DELL'ARIA *(DATI DELL'ANNO 2003, Comuni Empoli e Montelupo)*

*Firenze, aprile 2004*

*(nome file: rapp\_qda EmpoliMontelupo 2003)*



## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. STRUMENTI E METODI.....</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1 STAZIONI FISSE E DISPONIBILITÀ DEI DATI. ....   | 3         |
| <b>2. RISULTATI E COMMENTO.....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1. VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO. ....   | 5         |
| 2.2. POLVERI (PM <sub>10</sub> E PM <sub>2.5</sub> ). ....                                  | 6         |
| 2.3. BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> ). ....   | 7         |
| 2.4. MONOSSIDO DI CARBONIO (CO). ....   | 7         |
| 2.5. BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) E OSSIDI DI AZOTO TOTALI (NO <sub>x</sub> ). .... | 7         |
| 2.6. OZONO (O <sub>3</sub> ). ....  | 8         |
| 2.7. BENZENE. ....  | 8         |
| 2.8. EPISODI ACUTI. ....  | 9         |
| <b>3. GLI ANDAMENTI TEMPORALI DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI.....</b>                         | <b>10</b> |
| 3.1. POLVERI (PM <sub>10</sub> ).....   | 11        |
| 3.2. BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> ). ....   | 12        |
| 3.3. BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ). ....   | 13        |
| 3.4. OSSIDI DI AZOTO TOTALI (NO <sub>x</sub> ). ....  | 14        |
| 3.5. MONOSSIDO DI CARBONIO (CO). ....   | 15        |
| 3.6. OZONO (O <sub>3</sub> ). ....  | 16        |
| <b>4. SINTESI E COMMENTO .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>5. LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE. ....</b>  | <b>23</b> |
| <b>6. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E FINALI.....</b>  | <b>27</b> |



## 1. Strumenti e metodi.

### 1.1 Stazioni fisse e disponibilità dei dati.

Nel territorio dei Comuni di Empoli e di Montelupo Fiorentino è presente una rete di monitoraggio della qualità dell'aria, di proprietà della Amministrazione Provinciale di Firenze e gestita da questo Dipartimento Provinciale ARPAT, costituita da n° 3 stazioni fisse per il rilevamento degli inquinanti. Nella tabella 1 è fornita una descrizione delle postazioni della rete in termini di localizzazione e classificazione.

La composizione della rete è sintetizzata in tabella 2, ove si evidenziano gli inquinanti monitorati in ciascuna stazione.

La rete comprende anche n. 1 stazione per il rilevamento di parametri meteorologici ubicata a Empoli, in località Riottoli (c/o acquedotto).

Nella figura 1 sono mostrate le localizzazioni delle stazioni di rilevamento degli inquinanti e dei parametri meteorologici.

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione ed inquinante, l'insieme dei dati raccolti viene considerato significativo quando il rendimento strumentale è almeno pari al 90%. Il rendimento strumentale è calcolato come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico.

In tabella 3 sono riportati i rendimenti annuali degli analizzatori ubicati nelle stazioni, da cui si evince che tutte le misure sono pienamente rispondenti al requisito, ad eccezione quelle di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2.5</sub> nella stazione Montelupo Pratelle. In tal caso, considerata la distribuzione omogenea dei dati validi acquisiti nell'arco dell'anno, riteniamo valide le medie annuali calcolate con la base dati disponibile.

In linea generale, per gli indicatori definiti come quantità di superamenti di determinate soglie (orarie, pluriorarie, giornaliere), l'incompletezza del periodo di rilevamento può determinare la sottostima che, in taluni casi, potrebbe essere rilevante. Per meglio approssimare il valore vero dell'indicatore si è valutata l'incidenza percentuale della quantità di superamenti rispetto al numero effettivo dei dati validi (quando la distribuzione dei dati validi è sufficientemente omogenea nell'arco dell'anno).

Tabella 1 = Stazioni fisse di misura nel territorio di Empoli e Montelupo, anno 2003.

| Comune<br>ubicazione        | Rif<br>fig. 1 | tipo zona                | tipo stazione        |                          | localizzazione<br>stazione |                             | quota<br>s.l.m.<br>(m) |
|-----------------------------|---------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                             |               | Decisione<br>2001/752/CE | DM<br>20/5/91<br>(1) | Decisione<br>2001/752/CE | distanza<br>strada<br>(m)  | distanza<br>semaforo<br>(m) |                        |
| Montelupo<br>Via Don Milani | 1             | Urbana                   | B                    | fondo                    | 30                         | n.p.                        | 35                     |
| Montelupo<br>Loc. Pratelle  | 2             | Rurale                   | Ind                  | industria                | n.p.                       | n.p.                        | 31                     |
| Empoli<br>Via Ridolfi       | 3             | Urbana                   | C                    | traffico                 | 3                          | n.p.                        | 28                     |

n.p. = non pertinente

(1) B=area residenziale; C=sito ad alto traffico; Ind =area industriale



Tabella 2 = Stazioni fisse e inquinanti monitorati.

| Stazione                   | CO | NO <sub>x</sub> | O <sub>3</sub> | SO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> (1) |
|----------------------------|----|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| Montelupo - Via Don Milani |    | X               | X              |                 | X                |                       |
| Montelupo - Pratelle       |    | X               | X              |                 | X                | X                     |
| Empoli - Via Ridolfi       | X  | X               |                | X               | X                |                       |

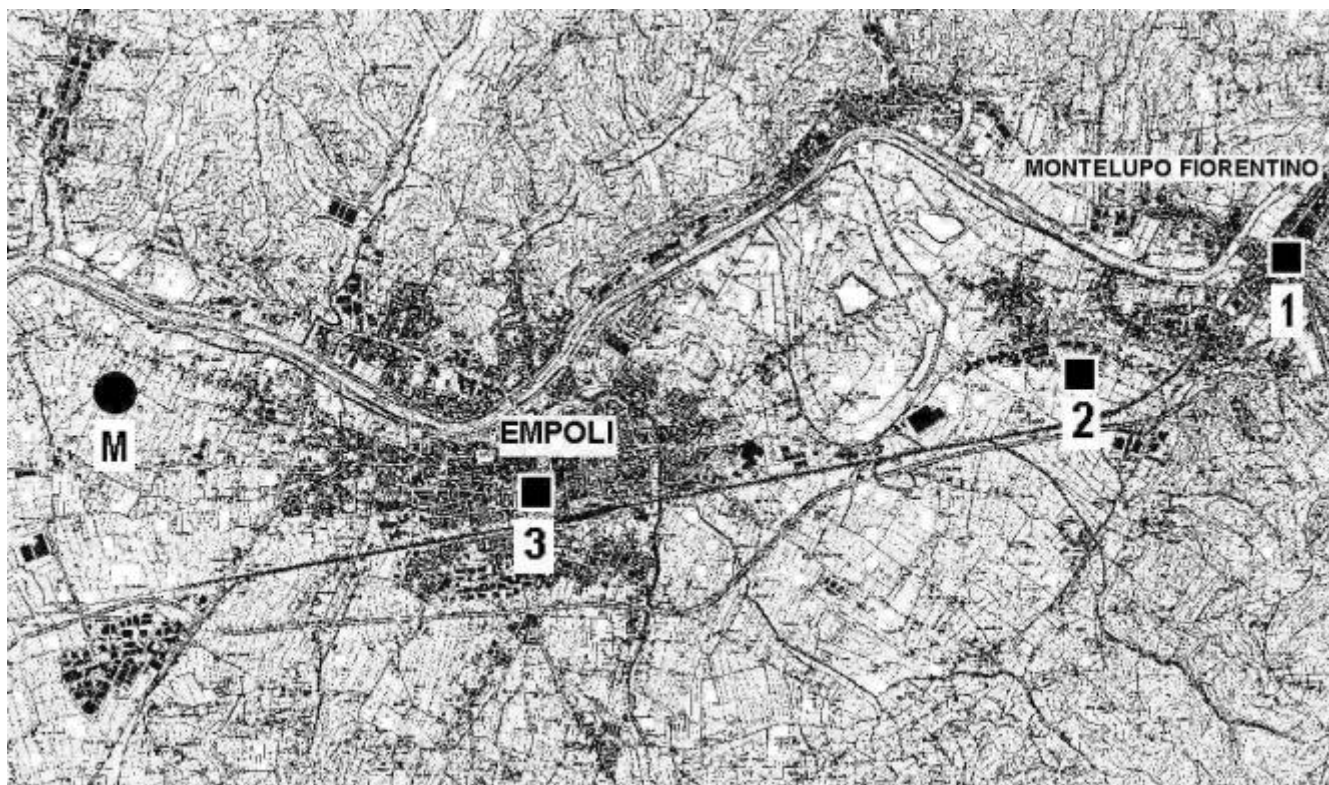
(1) misura attivata in via sperimentale, alternativamente con quella di PM<sub>10</sub>.

Tabella 3 = Rendimento % degli analizzatori delle postazioni fisse (anno 2003).

| Stazione                  | CO | NO <sub>x</sub> | O <sub>3</sub> | SO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> |
|---------------------------|----|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Montelupo- Via Don Milani |    | 100             | 99             |                 | 95               |
| Montelupo - Pratelle      |    | 96              | 95             |                 | 96(1)            |
| Empoli - Ridolfi          | 99 | 99              |                | 99              | 98               |

(1) compreso PM<sub>2.5</sub>

Figura 1 = Localizzazione delle stazioni fisse di misura.



LEGENDA:

 (M) Stazione Meteo

 (Num. 1-3) Stazioni "chimiche"



## 2. Risultati e commento.

### 2.1. Valori standard di riferimento.

Per ciascun inquinante vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori ed il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla recente normativa europea e recepiti con il D. M. Ambiente n° 60/02<sup>1</sup> o, per l'inquinante ozono, in corso di recepimento (Direttiva 2002/3/CE). Il rispetto dei limiti viene richiesto entro determinati termini temporali, riassunti in tabella 4.

Tabella 4 = scadenze temporali per l'applicazione dei limiti di cui al DM 60/02 e alla Direttiva 2002/3

|                                      |                        |                |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|
| per la protezione della salute umana |                        |                |
|                                      | Biossido di zolfo      | 1 gennaio 2005 |
|                                      | Biossido di azoto      | 1 gennaio 2010 |
|                                      | Polveri PM10           | 1 gennaio 2005 |
|                                      | Monossido di carbonio  | 1 gennaio 2005 |
|                                      | Ozono                  | 1 gennaio 2010 |
| per la protezione degli ecosistemi   |                        |                |
|                                      | Biossido di zolfo      | 19 luglio 2001 |
| per la protezione della vegetazione  |                        |                |
|                                      | Ossidi di azoto totali | 19 luglio 2001 |
|                                      | Ozono                  | 1 gennaio 2010 |

In realtà la normativa europea definisce per ciascun inquinante (salvo l'ozono) specifici margini di tolleranza che si riducono progressivamente entro le date sopra indicate, fino al conseguimento del pieno rispetto della norma. Tali margini di tolleranza hanno un significato meramente operativo mentre quello di tutela sanitaria/ambientale è associato unicamente ai valori fissati per le scadenze indicate. Peraltro, la progressiva riduzione dei margini di tolleranza riflette la riduzione attesa e generalizzata dei livelli di inquinamento, conseguente ai provvedimenti di vasta scala già in corso, sulla base di Direttive riguardanti, ad esempio, il miglioramento della qualità dei combustibili e dei carburanti, la riduzione dei limiti di omologazione per veicoli a motore e il contenimento delle emissioni industriali.

Nella presente relazione, in prima istanza, il confronto tra le concentrazioni rilevate e i limiti di legge viene effettuato relativamente a quelli "finali", prescindendo dai margini di tolleranza. Ciò consente di individuare con maggiore immediatezza le sostanze per le quali, anche in prospettiva, si rende necessaria l'adozione di adeguate politiche di risanamento, ma anche quelle per le quali risultano (in tutto o in parte) rispettati i limiti che entreranno pienamente in vigore solo nel 2005 o nel 2010.

In fase di discussione viene effettuato il confronto con i limiti maggiorati dei margini di tolleranza validi nel 2003 e nel 2004, scelta che consente di meglio evidenziare le priorità nelle azioni di risanamento a carico delle Amministrazioni locali, da adottare come integrazione ai provvedimenti di vasta scala ove questi non si rivelassero sufficienti a conseguire i risultati attesi.

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Decreto 2 aprile 2002, n. 60 (S.O.G.U. n. 77/L del 13 aprile 2002).



Gli indicatori fissati come soglia di allarme (di informazione, di attenzione), idonei al riconoscimento di episodi acuti, risultano pienamente in vigore.

## 2.2. Polveri (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>).

Tabella 5 = PM<sub>10</sub>.

|   | Limite di rif. | Empoli Ridolfi | Montelupo Milani | Montelupo Pratelle |
|---|----------------|----------------|------------------|--------------------|
| n° dati validi                                  |                | 359            | 346              | 205 (1)            |
| Media annuale<br>μg/m <sup>3</sup>              | 40             | 22             | 36               | 49                 |
| n° Valori giornalieri<br>> 50 μg/m <sup>3</sup> | 35             | 9              | 43               | 86                 |

(1) in alternanza con la misura di PM<sub>2.5</sub> (15 gg/mese)

Ambedue i limiti di riferimento sono fissati "per la protezione della salute umana".

Si osservi che nelle stazioni Empoli Ridolfi e Montelupo Milani i limiti di riferimento, espressi in termini di media annuale, appaiono rispettati mentre nella stazione Montelupo Pratelle risultano superati sia la media annuale che il numero di casi in cui si supera il valore limite dello standard giornaliero. Considerato che il numero di dati validi acquisiti nella stazione Pratelle è poco superiore alla metà del teorico (205 giorni su 365), si può ragionevolmente supporre che la quantità assoluta di superamenti sia molto più consistente di quella evidenziata in tabella. Anche nella stazione Montelupo Don Milani si osserva un modesto superamento dello standard definito come soglia giornaliera.

In ottemperanza alle indicazioni della normativa (DM 60/02), nella stazione Montelupo-Pratelle è stato attivato il monitoraggio della frazione di polveri con granulometria inferiore a 2.5 micron (PM<sub>2.5</sub>), in alternanza con quella di PM<sub>10</sub>. Per questo parametro non sono stabiliti valori limite di riferimento a livello europeo mentre l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (US-EPA) ha indicato il valore della media annuale pari a 15 μg/m<sup>3</sup>

Tabella 6 = PM<sub>2.5</sub>

|                                    | Limite di rif | Montelupo Pratelle |
|------------------------------------|---------------|--------------------|
| N° dati validi                     |               | 145 (1)            |
| Media annuale<br>μg/m <sup>3</sup> | 15            | 25                 |

(1) in alternanza con la misura di PM<sub>10</sub> (15 gg/mese)

Si osservi che questo inquinante supera il valore di riferimento indicato da US-EPA.

Considerato l'insieme dei valori di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2.5</sub> rilevati dall'aprile 2001, i valori medi sono risultati, rispettivamente, 44 μg/m<sup>3</sup> e 24 μg/m<sup>3</sup>. Risulta che la frazione PM<sub>2.5</sub> è pari al 55% della frazione PM<sub>10</sub>, in buon accordo con quanto riportato in letteratura.



### 2.3. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>).

Tabella 7 = SO<sub>2</sub>

|  |                   | Limite di rif. | Empoli Ridolfi |
|--|-------------------|----------------|----------------|
| dati orari validi                        | n°                |                | 8320           |
| medie orarie >350 µg/m <sup>3</sup>      | n°                | 24             | 0              |
| dati giornalieri validi                  | n°                |                | 360            |
| medie giornaliere >125 µg/m <sup>3</sup> | n°                | 3              | 0              |
| media annuale                            | µg/m <sup>3</sup> | 20             | 3              |
| media invernale (1/10/02-31/3/03)        | µg/m <sup>3</sup> | 20             | 3              |

I limiti stabiliti in termini di ricorrenze di superamento di soglie su media oraria e media giornaliera sono fissati "per la protezione della salute umana". Quelli in termini di media annuale e media invernale sono fissati "per la protezione degli ecosistemi".

Si osservi che tutti i limiti di riferimento sono ampiamente rispettati.

### 2.4. Monossido di carbonio (CO).

Tabella 8 = CO

|   |                   | Limite di rif. | Empoli Ridolfi |
|---|-------------------|----------------|----------------|
| dati validi                               | n°                |                | 8344           |
| Medie mobili di 8 h >10 mg/m <sup>3</sup> | n°                | 0              | 0              |
| Max media mobile di 8 h                   | mg/m <sup>3</sup> |                | 3,0            |

Il limite, stabilito come valore della media mobile di 8 ore da non superare, è fissato "per la protezione della salute umana".

Si osservi che lo standard appare rispettato con ampio margine, considerato il valore massimo raggiunto dall'indicatore.

### 2.5. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>).

Tabella 9 = NO<sub>2</sub>

|                                     |                   | Limite di rif. | Montelupo Don Milani | Montelupo Pratelle | Empoli Ridolfi |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|----------------------|--------------------|----------------|
| dati validi                         | n°                |                | 8372                 | 8100               | 8339           |
| Valori orari >200 µg/m <sup>3</sup> | n°                | 18             | 0                    | 0                  | 0              |
| media annuale                       | µg/m <sup>3</sup> | 40             | 29                   | 28                 | 65             |

Ambedue i limiti sono fissati "per la protezione della salute umana".

Si osservi che l'indicatore relativo alla media annuale è superato nella stazione di Empoli Ridolfi.



Tabella 10 = NO<sub>x</sub>

|  | Limite di rif. | Montelupo<br>Don Milani | Montelupo<br>Pratelle | Empoli<br>Ridolfi |
|--|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| dati validi n°                                       |                | 8372                    | 8100                  | 8339              |
| media annuale come NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> | 30             | 40                      | 48                    | 114               |

Il limite è fissato "per la protezione della vegetazione".

Si osservi che tale limite risulta superato in tutte le stazioni e in particolare nel sito Empoli Ridolfi.

## 2.6. Ozono (O<sub>3</sub>).

Tabella 11 = O<sub>3</sub>

|   | Limite di rif. | Montelupo<br>Don Milani | Montelupo<br>Pratelle |
|---|----------------|-------------------------|-----------------------|
| Dati validi n°  |                | 8278                    | 7974                  |
| giorni con media mobile 8 h >120 µg/m <sup>3</sup> n° | 25             | 22                      | 62                    |
| AOT40 dati validi n°                                  |                | 1056                    | 991                   |
| AOT40 µg/m <sup>3</sup> *h                            | 18000          | 18305                   | 30653                 |

I limiti sono definiti come "valore bersaglio" dalla Direttiva 2002/3/CE. Il limite espresso come quantità di giorni in cui si supera la soglia della media mobile di 8 ore pari a 120 µg/m<sup>3</sup>, è fissato "per la protezione della salute umana". Quello in termini di AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m<sup>3</sup>, ovvero 40 ppb, calcolata nel periodo 1 maggio - 31 luglio nella fascia oraria 8 - 20), è fissato "per la protezione della vegetazione".

Si osservi che i limiti sono ampiamente superati nella stazione Montelupo Pratelle e risultano intorno allo standard nella stazione Montelupo Don Milani.

## 2.7. Benzene.

Nell'area Empoli-Montelupo non sono state eseguite misure dirette dei livelli di benzene mediante sistemi fissi. E' possibile tuttavia stimare il valore medio annuale di questo inquinante in base alla correlazione con le concentrazioni ambientali di ossido di carbonio (CO), la cui misura è effettuata nella stazione di Empoli-Ridolfi. Tale correlazione è da considerarsi valida quando, come nel caso specifico, non siano presenti sorgenti diverse dalle emissioni da veicoli a motore.

Tabella 12 = BENZENE

| Stazione              | Media annuale µg/m <sup>3</sup> |
|-----------------------|---------------------------------|
| Limite di riferimento | 5,0                             |
| Empoli - Ridolfi      | 4,3 (*)                         |

(\*) stimato per correlazione con CO secondo l'equazione  $C_{\text{benz}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = F * C_{\text{co}} (\text{mg}/\text{m}^3)$  dove  $F = 5$

Il limite è fissato "per la protezione della salute umana".

Si osservi che il dato stimato ha un valore prossimo a quello del limite di riferimento.





## 2.8. Episodi acuti.

La nuova normativa più volte citata, oltre ai valori standard di riferimento già indicati, fissa dei limiti di concentrazione definiti come "soglia di allarme" per gli inquinanti in grado di determinare effetti acuti sulla popolazione.

Nella tabella 13 si riassumono i valori soglia e si indicano le ricorrenze di superamento riscontrate.

Tabella 13 = Soglie di allarme e casi rilevati (DM 60/02 e Direttiva 2002/3/CE).

| inquinante      | Indicatore di soglia di ALLARME                                    | Casi rilevati |
|-----------------|--|---------------|
| SO <sub>2</sub> | Concentrazione oraria > 500 µg/m <sup>3</sup> per 3 h consecutive. | Nessuno       |
| NO <sub>2</sub> | Concentrazione oraria > 400 µg/m <sup>3</sup> per 3 h consecutive. | Nessuno       |
| O <sub>3</sub>  | Concentrazione oraria >240 µg/m <sup>3</sup>                       | Nessuno       |

Per l'ozono è stata fissata anche una soglia "di informazione" corrispondente al valore della media oraria pari a 180 µg/m<sup>3</sup>. Il dettaglio dei superamenti riscontrati è mostrato in tabella 14.

Tabella 14 = Ozono: superamenti della soglia di informazione pari a 180 µg/m<sup>3</sup> (Direttiva 2002/3/CE).

|                                      | Montelupo Don Milani | Montelupo Pratelle |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| n° val orari > 180 µg/m <sup>3</sup> | 1                    | 16                 |

Nella tabella 15 si evidenziano i giorni in cui si è verificato lo stato di ATTENZIONE per O<sub>3</sub> ai sensi del D.M. Ambiente 25.11.1994.

Pur essendo tale norma abrogata dal DM 60/02, la direttiva 2002/3/CE introduce una "soglia di INFORMAZIONE" che mantiene lo stesso valore limite definito dal D.M. abrogato per la "soglia di ATTENZIONE".

Tabella 15 = O<sub>3</sub>: stati di ATTENZIONE (DM 25.11.1994).

| Inquinante     | N° giorni | data      | stazione           | Valore orario max µg/m <sup>3</sup> | N° ore >180 µg/m <sup>3</sup> |
|----------------|-----------|-----------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| O <sub>3</sub> | 10        | 9 giugno  | Montelupo Pratelle | 181                                 | 1                             |
|                |           | 10 giugno | Montelupo Pratelle | 188                                 | 1                             |
|                |           | 11 giugno | Montelupo Pratelle | 185                                 | 1                             |
|                |           | 12 giugno | Montelupo Pratelle | 225                                 | 4                             |
|                |           | 13 giugno | Montelupo Pratelle | 196                                 | 2                             |
|                |           | 14 giugno | Montelupo Pratelle | 200                                 | 4                             |
|                |           | 16 giugno | Montelupo Pratelle | 184                                 | 1                             |
|                |           | 27 giugno | Montelupo Milani   | 189                                 | 1                             |
|                |           | 7 agosto  | Montelupo Pratelle | 187                                 | 1                             |
|                |           | 10 agosto | Montelupo Pratelle | 186                                 | 1                             |

Le Deliberazioni GR Toscana n° 116/02 e n° 1133/02 che avevano introdotto, a partire dal 4 marzo 2002, gli stati di attenzione/allarme per il PM<sub>10</sub> sono state abrogate con decorrenza dal mese di



ottobre dell'anno 2003. Nella tabella 16 si riportano gli stati significativi riscontrati durante il periodo di validità di tali norme.

Tabella 16 = PM<sub>10</sub>: stati di ATTENZIONE/ALLARME.

| N° giorni<br>ATTENZIONE | N° giorni<br>ALLARME | data      | Stazione           | Concentrazione<br>media di 24 ore<br>µg/m <sup>3</sup> |
|-------------------------|----------------------|-----------|--------------------|--|
| 1                       | 0                    | 9 gennaio | Empoli Ridolfi     | 52   |
|                         |                      |           | Montelupo Milani   | 70   |
|                         |                      |           | Montelupo Pratelle | 130  |

Dall'elaborazione dei dati di PM<sub>10</sub> acquisiti fino alla fine del 2003, si è verificato che, se la delibera fosse rimasta in vigore, non si sarebbero riscontrati altri giorni di attenzione (in base ai criteri ed ai parametri in essa stabiliti).

### 3. Gli andamenti temporali degli inquinanti atmosferici.

Nel presente paragrafo si sintetizza l'andamento degli inquinanti atmosferici sull'intera area e si confrontano i livelli attuali con quelli storici rilevati mediante la rete di monitoraggio. Si tenga conto che non si dispone degli indicatori su base annuale per tutti gli inquinanti e per tutte le stazioni per motivi che possono essere riconducibili a:

- inopportunità di rilevamento di uno specifico inquinante in tipologie di sito non idonee (è il caso tipico dell'ozono di cui non è congruo il monitoraggio in siti prossimi alla sorgente traffico)
- progressiva attivazione di stazioni e di analizzatori nel corso degli anni
- mancanza di dati per fuori servizio delle stazioni o di analizzatori a causa di guasti o spostamenti o incidenti.

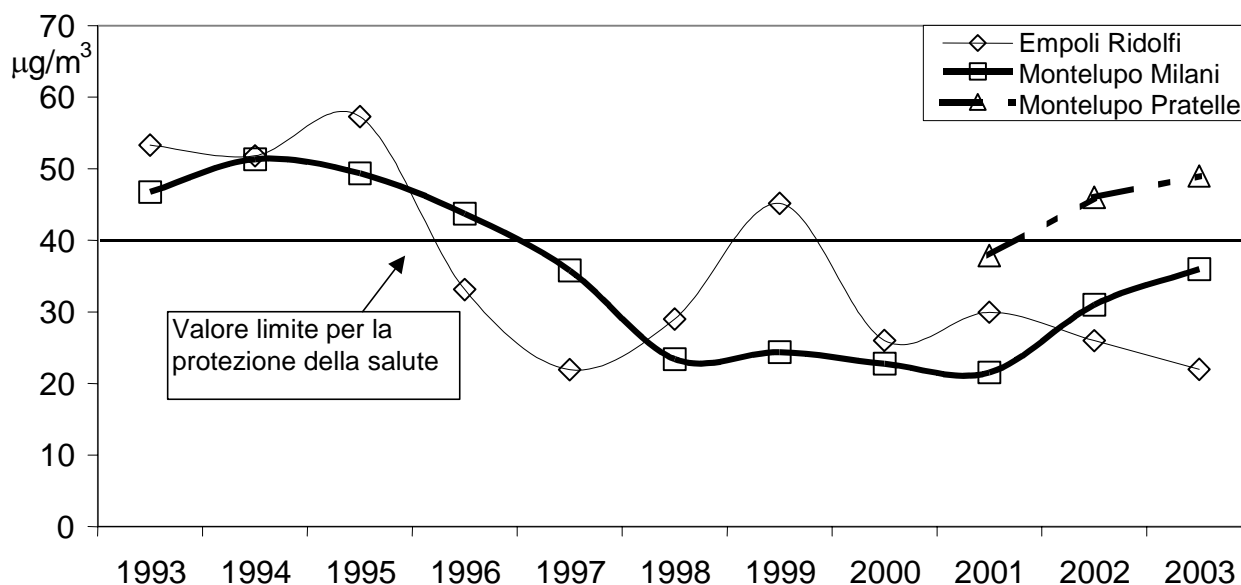
In ogni caso, l'indicatore annuale definito come concentrazione media viene mostrato solo se valido secondo i criteri definiti dalla normativa. L'indicatore definito come quantità di superamenti di soglia viene mostrato in termini di incidenza percentuale sui numero di dati disponibili.



### 3.1. Polveri (PM<sub>10</sub>).

Nella figura 2 si mostrano le concentrazioni medie annuali di PM<sub>10</sub> rilevate dal 1993 in ogni stazione.

Figura 2 = trend delle concentrazioni medie annuali di PM<sub>10</sub>.

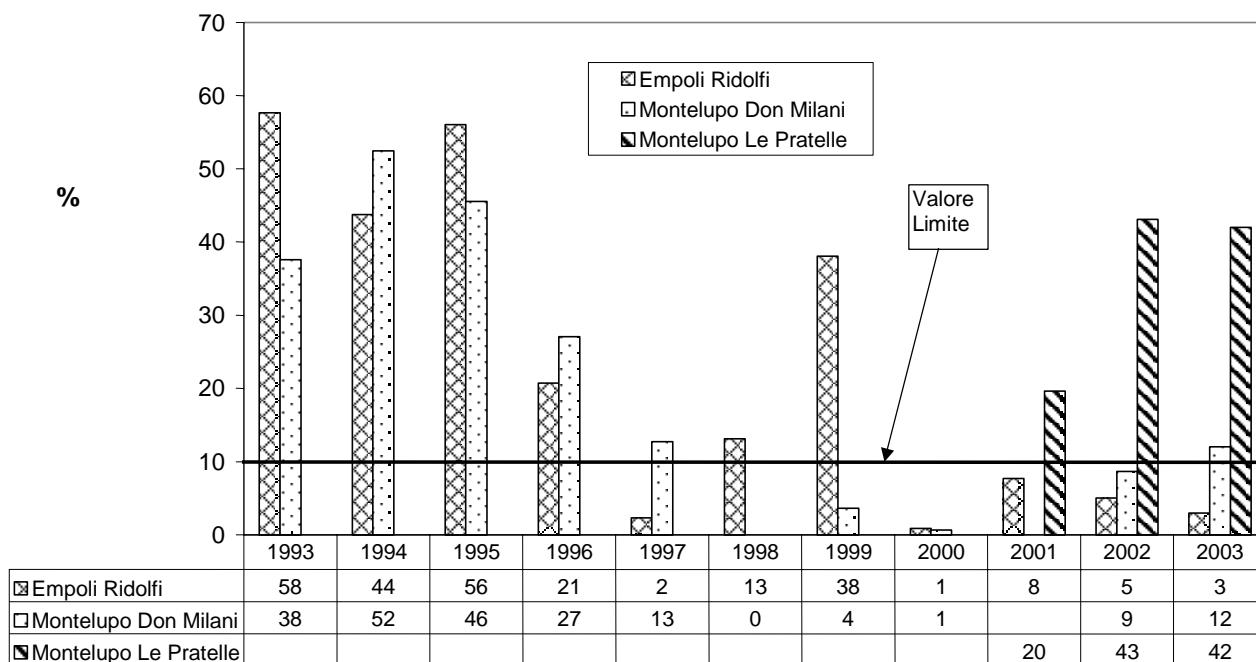


Si osserva la progressiva diminuzione registrata fino all'anno 1998. Dal 1998 al 2001 si è registrata una sostanziale stabilità dei valori, salvo il valore anomalo registrato ad Empoli Ridolfi nel 1999. Dal 2001 al 2003 si rileva l'incremento dei livelli di PM<sub>10</sub> nelle sue stazioni di Montelupo mentre in quella di Empoli si osserva la progressiva riduzione.

Nella figura 3 si mostra l'incidenza percentuale dei giorni con valore medio superiore 50 µg/m³ il cui limite di riferimento è pari a 10% (35 superamenti ammessi su 365 giorni). L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello delle medie annuali. Nella stazione Montelupo Pratelle si riscontra un notevole eccesso di ricorrenze di giorni con concentrazione superiore alla soglia fissata dalla norma.



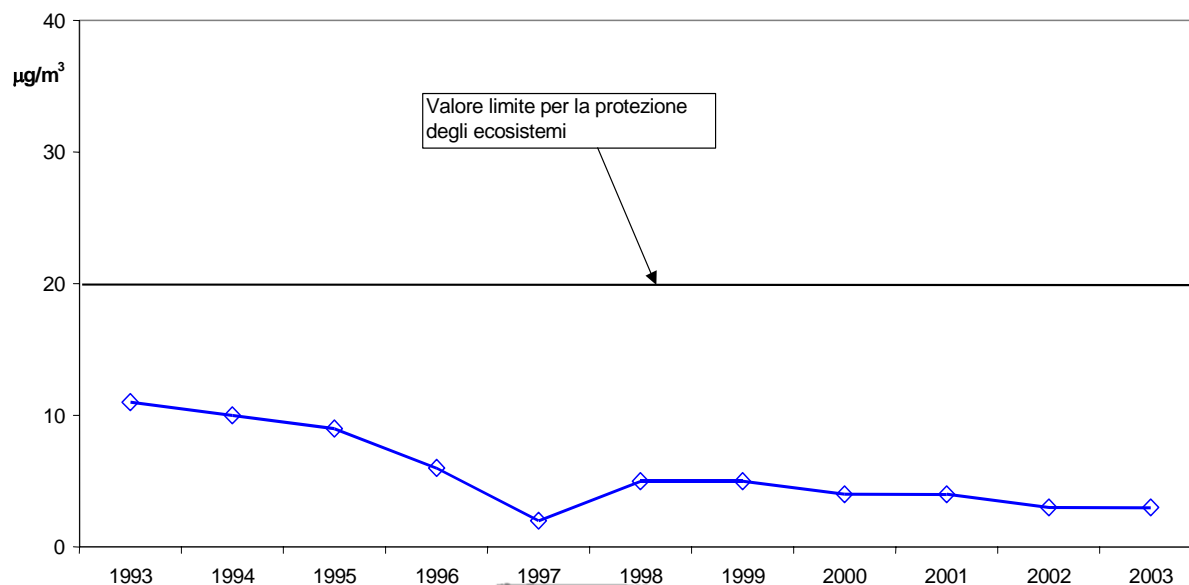
Figura 3 = trend della percentuale di numero di giorni all'anno con concentrazione di PM10 superiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



### 3.2. Biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ).

Nella figura 4 si mostrano le concentrazioni medie annuali di  $\text{SO}_2$  rilevate dal 1993.

Figura 4 = trend delle concentrazioni medie annuali di  $\text{SO}_2$  (stazione Empoli Ridolfi).

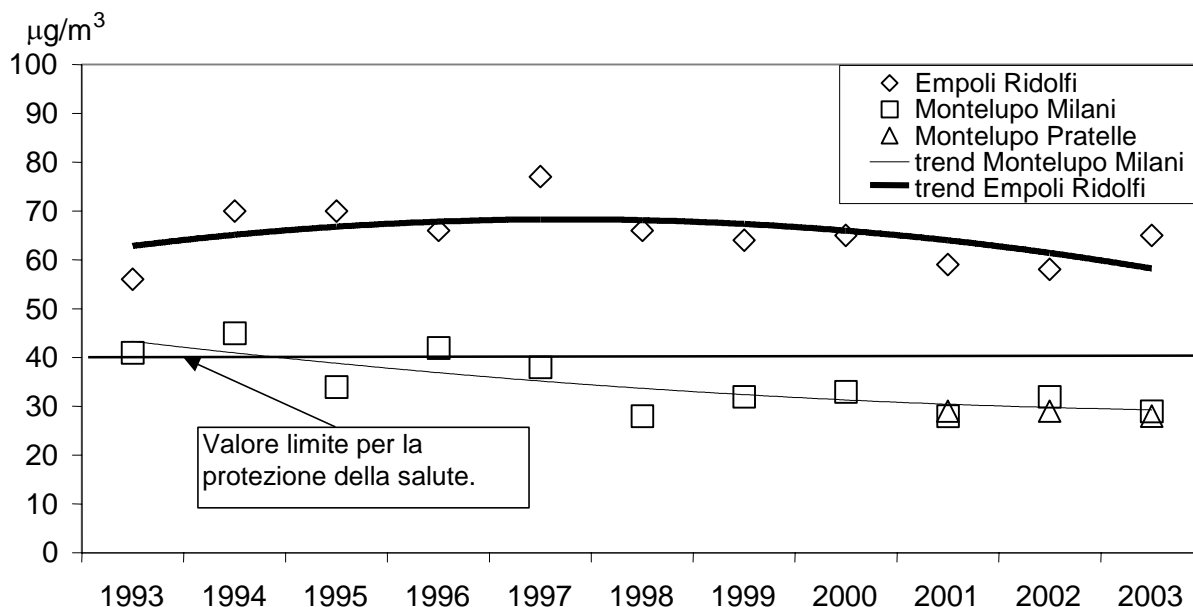


Si osserva la progressiva diminuzione registrata dal 1993 e la sostanziale stabilizzazione dal 1998. Il raffronto viene fatto con il limite più restrittivo previsto dalla norma (protezione degli ecosistemi) che appare sempre rispettato. Per tale motivo non si mostrano gli andamenti degli indicatori meno restrittivi (per la protezione della salute) che, a maggior ragione, risultano ampiamente rispettati.

### 3.3. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

Nella figura 5 si mostrano le concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> rilevate dal 1994.

Figura 5 = trend delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub>.

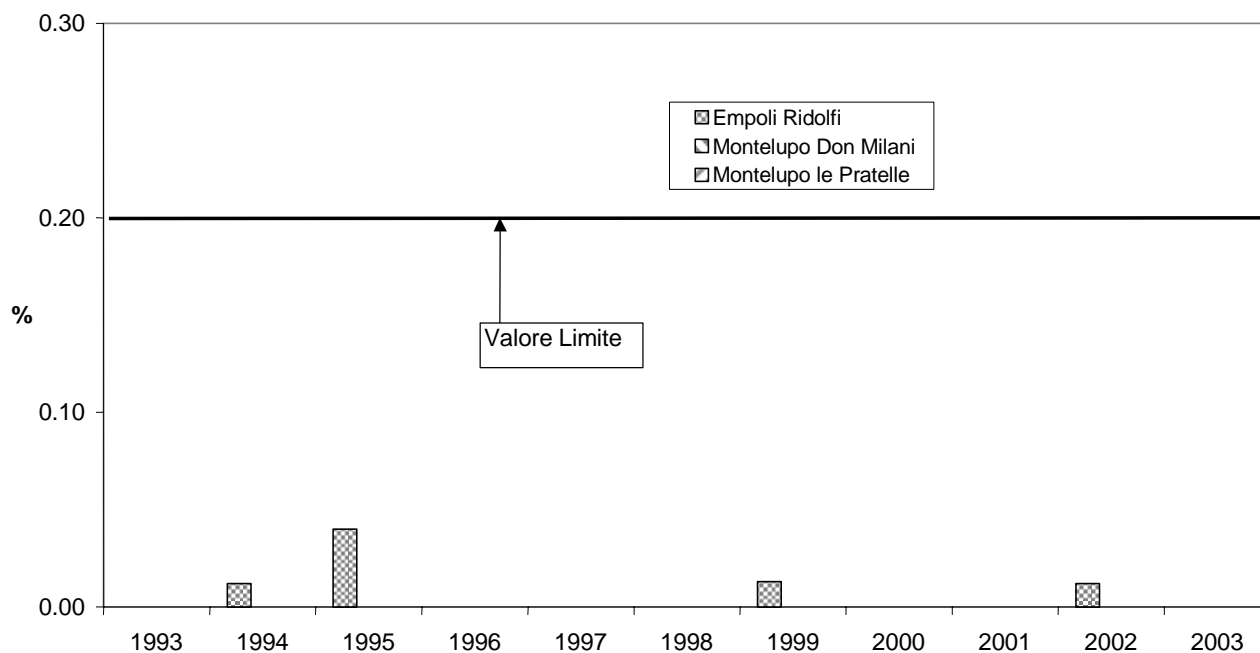


A livello di linea di tendenza, l'andamento del valore medio nella stazione Montelupo Don Milano mostra una diminuzione piuttosto modesta ma regolare, nel corso degli anni, che ha portato al rispettare il limite di riferimento fin dal 1997. Per gli anni dal 2001 al 2003 è disponibile anche il dato della stazione Montelupo Pratelle che appare analogo a quello della stazione Don Milano. Nella stazione Empoli Ridolfi, si è osservata la tendenza alla progressiva riduzione dal 1997 mentre l'anno 2003 ha evidenziato un brusco incremento. Si osservi che i valori assoluti rilevati nel sito di Empoli Ridolfi risultano circa doppi rispetto a quelli rilevati a Montelupo, e quindi ampiamente superiori al limite di riferimento. Si tenga conto che la stazione di Empoli è collocata in prossimità di consistenti flussi veicolari (stazione tipo C).

Nella figura 6 si mostra l'incidenza percentuale delle ore dell'anno con valore medio superiore 200 µg/m³ il cui limite di riferimento è pari a 0,2% (18 superamenti orari ammessi su 8760 ore). Nella stazione Empoli Ridolfi le ricorrenze di superamento del valore medio orario da alcuni anni non si verificano o risultano estremamente sporadiche. Nelle stazioni di Montelupo non si sono mai riscontrati superamenti.



Figura 6 = trend della percentuale di numero di ore all'anno con concentrazione di NO<sub>2</sub> superiore a 200 µg/m<sup>3</sup>.



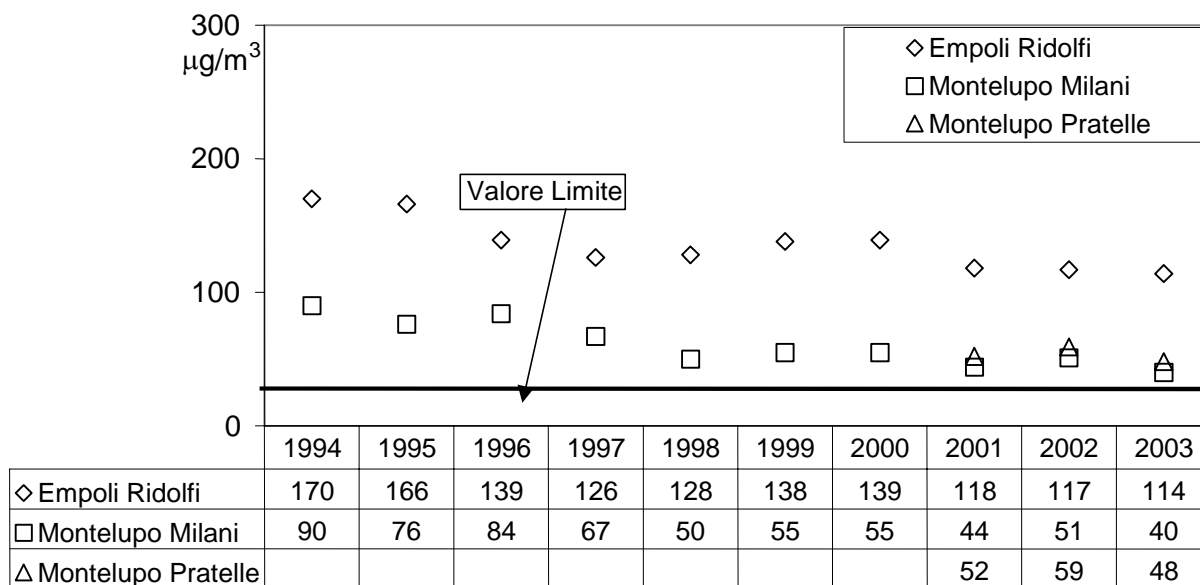
### 3.4. Ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>).

Nella figura 7 si mostrano le concentrazioni medie annuali di NO<sub>x</sub> rilevate dal 1994 e si confrontano con il valore limite di riferimento fissato per la protezione della vegetazione (più restrittivo rispetto a quello per la protezione della salute di cui al punto 3.3).

Si osservi che, nei siti di misura a distanza dalla sorgente traffico (Montelupo Don Milani e Pratelle), la progressiva riduzione ha portato le concentrazioni ambientali a stabilizzarsi a livello di poco superiore al valore di riferimento. Nel sito esposto alle emissioni veicolari (Empoli Ridolfi) la situazione appare stabilizzata al livello di 4 volte il valore dello standard.



Figura 7 = trend delle concentrazioni media annuali di NO<sub>x</sub> (valori espressi come NO<sub>2</sub>).



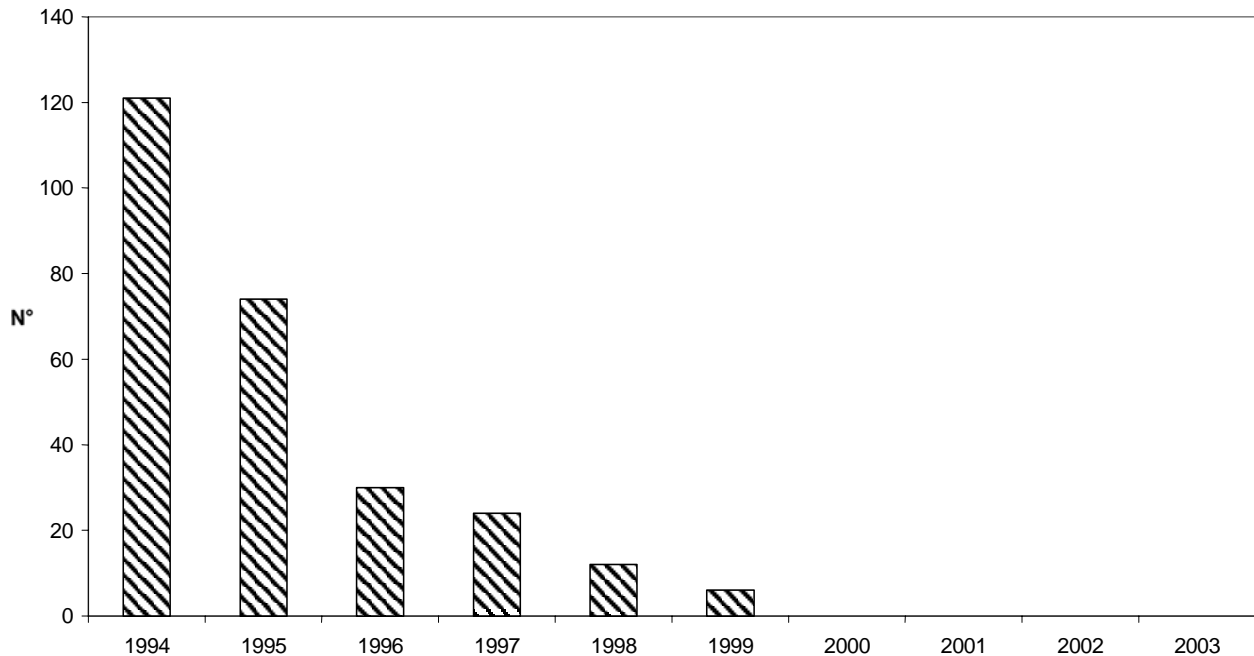
### 3.5. Monossido di carbonio (CO).

Nella figura 8 si mostra l'andamento della quantità di superamenti per la media di 8 ore consecutive. Poiché il limite di concentrazione previsto dalla normativa (pari a 10 mg/m<sup>3</sup>) non è mai stato superato, al fine di evidenziare il trend si è fatto riferimento al 50% di tale valore (pari a 5 mg/m<sup>3</sup>).

L'elaborazione viene presentata solo per la stazione di tipo C (Empoli Ridolfi), in quanto questo inquinante è prodotto quasi esclusivamente dalle emissioni allo scarico dei veicoli a motore ed è caratterizzato da un forte gradiente spaziale. Di conseguenza, nelle stazioni a distanza dai flussi veicolari le concentrazioni di CO risultano ampiamente inferiori rispetto a quelle misurabili a pochi metri dai flussi di traffico.



Figura 8 = trend del numero di medie mobili di 8 ore di CO superiori a  $5 \text{ mg/m}^3$  (pari al 50% del limite), rilevate in ciascun anno (stazione Empoli Ridolfi).



L'andamento storico mostra la consistente e progressiva riduzione dei livelli ambientali di questo inquinante.

### 3.6. Ozono ( $\text{O}_3$ ).

Nella figura 9 si mostra la quantità di superamenti dei limiti fissati per la media oraria  $180 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , definita soglia "di informazione", e  $240 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , definita soglia "di allarme".

Si osservi che non è possibile riconoscere un trend univoco e consolidato anche se, negli ultimi 2-3 anni, nella stazione Montelupo Don Milani il numero di superamenti della soglia di informazione ("di attenzione", secondo la definizione contenuta nel D.M. Ambiente 25.11.1994) appare consistentemente ridotto e non si sono verificati superamenti della soglia di allarme. Nella stazione Montelupo Pratelle, attivata dall'anno 2001, i superamenti appaiono più numerosi.

Nella figura 10 si mostra il numero di giorni in cui si è verificato il superamento del limite fissato per la media di 8 ore consecutive, pari a  $120 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , il cui valore è da confrontare con il valore di riferimento pari a 25 giorni all'anno. L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello relativo al superamento dalla soglia di informazione e salvo, casi particolari, si osserva il superamento o quantomeno il raggiungimento del valore di riferimento in ambedue le stazioni di misura.

Nella figura 11 si mostra l'andamento del parametro AOT40, definito valore bersaglio per la protezione della vegetazione, che è calcolato sommando le eccedenze orarie di  $80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (equivalente a 40 ppb) rilevate nella fascia oraria 8-20 del periodo dal 1 maggio al 31 luglio. Anche per questo indicatore si riscontra una situazione superiore al limite nella maggior parte degli anni.





Figura 9 = O<sub>3</sub>: trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di informazione, pari a 180 µg/m<sup>3</sup>, e alla soglia di allarme, pari a 240 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in ciascun anno.

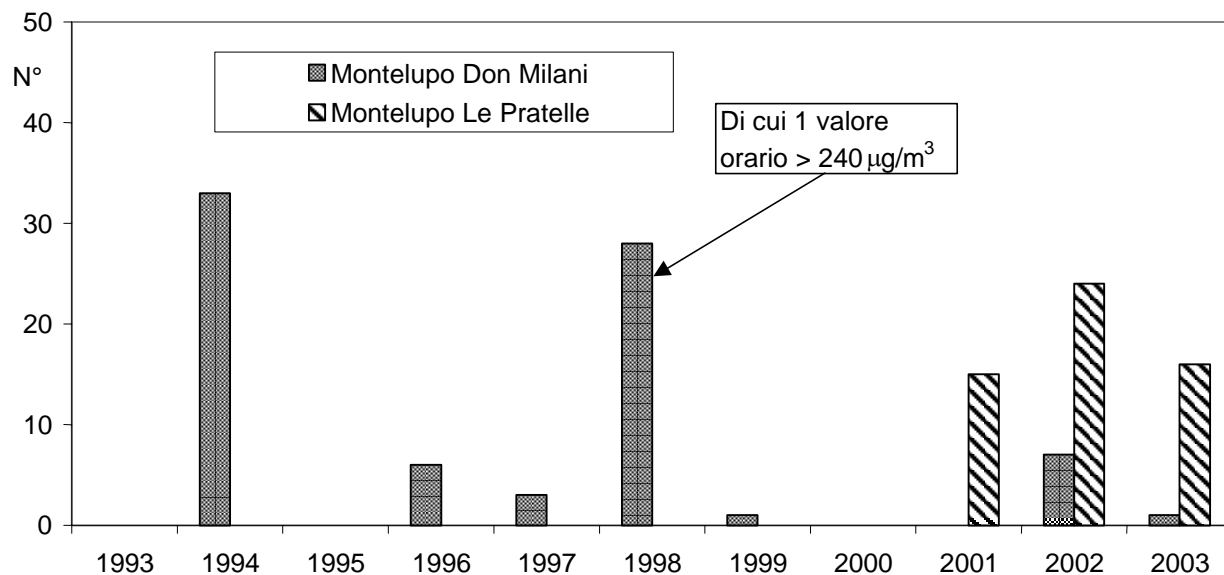


Figura 10 = O<sub>3</sub>: trend del numero di giorni con media mobile di 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in ciascun anno.

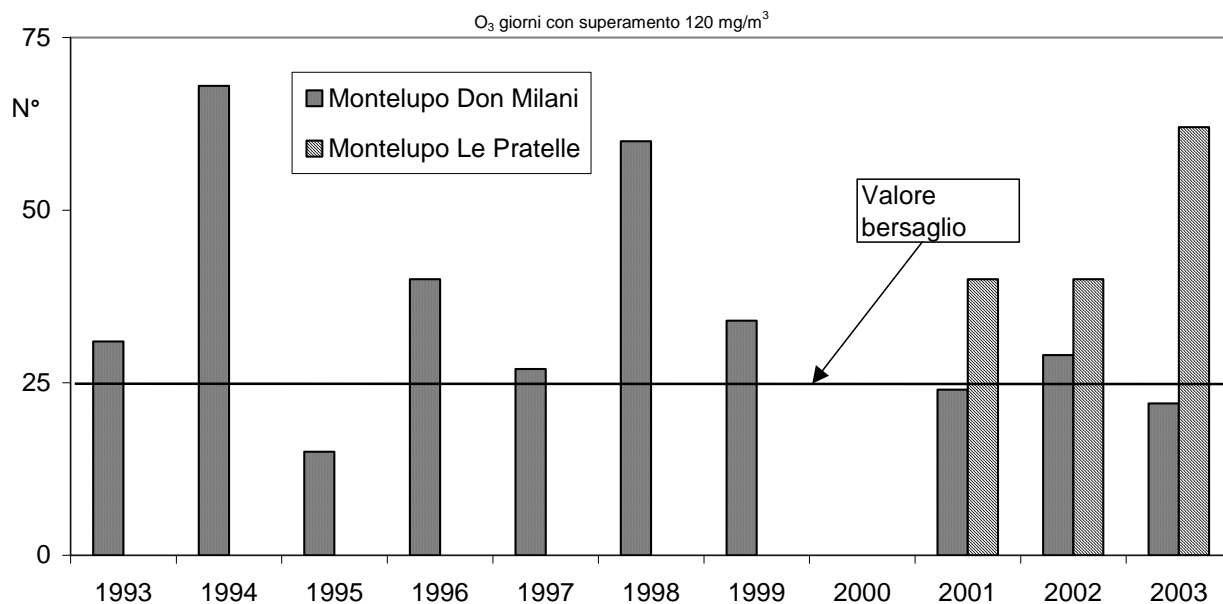
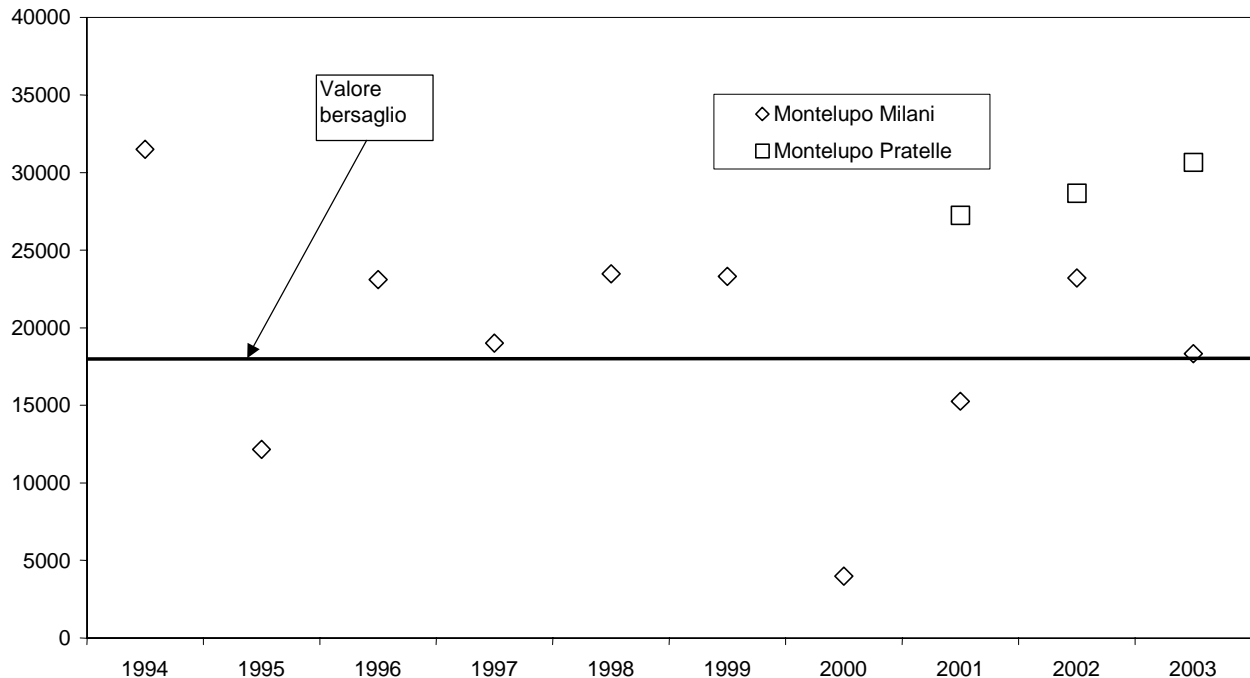


Figura 11 = O<sub>3</sub>: trend del parametro AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m<sup>3</sup>), rilevate in ciascun anno.



#### 4. Sintesi e commento

Considerati i dati rilevati nell'anno 2003, il trend storico e l'origine degli inquinanti, in tabella 17 si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria riscontrato nelle tre stazioni dell'area Empoli-Montelupo, che rappresentano distinte tipologie di sito, rispetto agli indicatori fissati per la protezione della salute umana, di cui sono riportati i valori "finali" e l'anno da cui questi decorrono (prescindendo quindi dal margine di tolleranza consentito dalle Direttive comunitarie). Nella medesima tabella si sintetizzano le principali sorgenti antropiche di ciascun inquinante (o dei precursori, nel caso degli inquinanti totalmente o parzialmente di origine secondaria). E' opportuno ricordare che per alcuni inquinanti non è trascurabile l'origine naturale (PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>), ancorché di incerta quantificazione, soprattutto per PM<sub>10</sub>.

I valori riportati in grassetto si riferiscono agli inquinanti di cui è stato riscontrato il superamento o il raggiungimento del valore limite "finale". E' evidente che negli altri casi i limiti risultano rispettati con largo anticipo rispetto alle date di vigenza indicate nelle Direttive comunitarie.

Per valutare le priorità d'intervento nell'ambito delle azioni di risanamento è senz'altro utile e necessario rivisitare i dati presentati in tabella 17, confrontati e proiettati rispetto ai valori limite "finali" ed a quelli maggiorati dei rispettivi margini di tolleranza previsti per l'anno 2003 e 2004. Per questi, e per i soli inquinanti i cui valori risultano superiori ai valori limite "finali", il raffronto è riportato nelle tabelle successive (le eccedenze rispetto al valore limite + margine di tolleranza relativo al 2003 sono riportate in grassetto).



PM<sub>10</sub> medie giornaliere, valori limite per la protezione della salute umana.

| Stazione<br>(tipo)                      | Valore<br>limite<br>(2005) | Valore<br>limite<br>+ margine<br>di<br>tolleranza<br>(2003) | Valore<br>limite<br>+ margine<br>di<br>tolleranza<br>(2004) | N°<br>superamenti<br>ammessi | Valori rilevati                       |   |   |
|---|----------------------------|---|---|------------------------------|---------------------------------------|---|---|
|   |                            |   |   |                              | N°<br>giorni<br>><br>valore<br>limite | N° giorni<br>> valore<br>limite<br>+ margine di<br>tolleranza<br>(2003) | N° giorni<br>> valore<br>limite<br>+ margine di<br>tolleranza<br>(2004) |
| Montelupo<br>Don Milani<br>(B)          | 50                         | 60  | 55  | <b>35</b>                    | 29                                    | 21  | 26  |
| Empoli<br>Ridolfi<br>(C)                |                            |   |   |                              | 9                                     | 3   | 7   |
| <b>Montelupo<br/>Pratelle<br/>(Ind)</b> |                            |   |   |                              | <b>86</b>                             | 52  | 71  |

PM<sub>10</sub> medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana.

| Stazione<br>(tipo)                      | Valore<br>limite<br>(2005) | Valore limite + margine<br>di tolleranza<br>(2003) | Valore limite + margine<br>di tolleranza<br>(2004) | Valori medi rilevati |
|---|----------------------------|--|--|----------------------|
| Montelupo<br>Don Milani<br>(B)          | 40                         | <b>43.2</b>  | 41.6   | 36                   |
| Empoli<br>Ridolfi<br>(C)                |                            |  |  | 22                   |
| <b>Montelupo<br/>Pratelle<br/>(Ind)</b> |                            |  |  | <b>49</b>            |

NO<sub>2</sub> medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana.

| Stazione<br>(tipo)                | Valore<br>limite<br>(2010) | Valore limite + margine<br>di tolleranza<br>(2003) | Valore limite + margine<br>di tolleranza<br>(2004) | Valori medi rilevati |
|-----------------------------------|----------------------------|--|--|----------------------|
| Montelupo<br>Don Milani<br>(B)    | 40                         | <b>54</b>  | 52   | 29                   |
| <b>Empoli<br/>Ridolfi<br/>(C)</b> |                            |  |  | <b>65</b>            |
| Montelupo<br>Pratelle<br>(Ind)    |                            |  |  | 28                   |

Con l'incremento dei valori di riferimento ottenuto aggiungendo il margine di tolleranza, si ottiene, ovviamente, la riduzione del numero di siti in cui formalmente si superano le soglie. Le difformità residue riguardano l'inquinante NO<sub>2</sub> nel sito prossimo ad elevati flussi di traffico (Empoli Ridolfi) e l'inquinante PM<sub>10</sub> nel sito ubicato in area industriale (Montelupo Pratelle).



Nel dettaglio dei singoli inquinanti e in riferimento alla tabella 17, possiamo sintetizzare la situazione corrente come segue.

Non destano preoccupazione il biossido di zolfo e il monossido di carbonio. Considerata la stretta correlazione esistente con quest'ultimo inquinante, anche il livello di benzene può essere considerato entro la norma.

Piuttosto critica appare la situazione per l'inquinante  $\text{NO}_2$  anche se presumibilmente circoscritta alle zone prospicienti le strade a traffico elevato. Di norma, nelle aree residenziali i livelli di  $\text{NO}_2$  risultano mediamente la metà di quelli rilevati in siti "traffico".

Per quanto riguarda  $\text{O}_3$ , tipico inquinante di area vasta, si rilevano eccedenze nella ricorrenza di giorni con superamento delle soglie. In questi ultimi anni si è resa evidente la tendenza al livellamento delle concentrazioni ambientali tanto che si sono verificate riduzioni in prossimità delle aree urbane di Firenze ma sono rimasti elevati i contributi dovuti al trasporto da lunga distanza. Occorre considerare anche l'eccezionalità dell'andamento meteorologico durante l'estate 2003 in cui si sono verificate elevatissime ricorrenze di alta temperatura e ciò ha favorito la formazione di questo inquinante.

Più critica appare la situazione per l'inquinante  $\text{PM}_{10}$  a Montelupo e soprattutto nel sito ubicato nell'area industriale Pratelle in cui si evidenziano superamenti sia su base annuale sia come frequenza di eccedenze giornaliere. Tuttavia occorre precisare che il valore di riferimento espresso in termini di superamenti del valore di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è più rigoroso e non coerente rispetto a quello espresso in termini di media annuale. Infatti, al valore della media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  corrisponde, in base alla nota distribuzione delle concentrazioni giornaliere rilevate in un anno (log normale), un numero di superamenti nell'intorno di 70 giorni all'anno. Viceversa, ad un numero di giorni con concentrazione superiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pari a 35, corrisponde una media annuale nell'intorno di  $30\text{-}33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Al fine di acquisire elementi di conoscenza sulle caratteristiche chimiche del particolato e, in base ad essa, valutare l'importanza relativa delle sorgenti, un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze e in particolare dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), coordinati dal Prof. Franco Lucarelli e dalla Dott.ssa Silvia Nava, ha effettuato uno studio i cui risultati sono stati presentati il 30 marzo nell'ambito della giornata di studio organizzata dalla Regione Toscana. Una relazione dettagliata su questo lavoro sarà presto disponibile. Si riportano qui sommariamente le conclusioni.

La frazione  $\text{PM}_{10}$  del particolato sospeso raccolto nella stazione Montelupo Pratelle appare costituita, mediamente su base annua, da ricadute dovute alle sorgenti industriali con un apporto di circa il 57%. Queste sorgenti industriali possono essere legate ad una miscelanea di cicli produttivi e quindi essere legate ad attività di tipo diverso; è in corso un lavoro di approfondimento su questo tema. Un contributo non trascurabile, pari a circa il 21%, risulta attribuibile alla risospensione e al trasporto di polveri "crostali" ovvero derivanti dal suolo. Un contributo inferiore, pari a circa l'11%, è attribuibile alla combustione nel settore industriale. Risulta quindi trascurabile (inferiore al 10%) il contributo della sorgente traffico.

Per quel che riguarda le concentrazioni dei metalli per cui sono o saranno previsti a breve limiti di legge, sono tutte ampiamente al di sotto di tali limiti con l'eccezione dell'arsenico (As), che presenta una concentrazione media nel corso del periodo di campionamento di circa  $10 \text{ ng}/\text{m}^3$  (da confrontarsi con il futuro limite di  $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ ). Da notare però che, a partire da fine novembre 2002, si è avuto un crollo di un fattore 10 nelle concentrazioni dell'As che fa prevedere che anche questo elemento nel futuro non dovrebbe più superare il valore limite.

Sono in corso ulteriori elaborazioni dei dati e valutazioni sulle emissioni nell'area indagata al fine di precisare meglio le matrici di origine del particolato e individuare con maggiore accuratezza le sorgenti su cui impostare eventuali azioni di mitigazione degli effetti ambientali.



**Tabella 17 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2003 nelle diverse tipologie di sito e principali sorgenti. Raffronto con indicatori per la protezione della salute umana.**

| Inquinante<br>(u.m.)                                   | Valore limite<br>o<br>di riferimento<br>(1)         | Stazione                      | Tipo<br>sito | Media<br>o<br>valore  | Stati di<br>Attenzione | Stati di<br>Allarme | Sorgenti antropiche<br>principali   |
|--|---|-------------------------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------------|---|
| <b>PM<sub>10</sub></b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | <b>40</b> come<br>media<br>annuale                  | Empoli Ridolfi                | C            | 22                    | <b>1</b><br>(**)       | 0                   | Veicoli diesel, ciclomotori e<br>motocicli (motori 2 tempi),<br>traffico, emissioni industriali,<br>attività antropica generica<br>(quota aggiuntiva di origine<br>secondaria, precursori NOx<br>e SO <sub>2</sub> )                                      |
|  |   | Montelupo Milani              | B            | 36                    |                        |                     |   |
|  |   | <b>Montelupo<br/>Pratelle</b> | <b>Ind</b>   | <b>49</b>             |                        |                     |   |
|  | 50 come<br>media 24 ore<br>(max <b>35</b> gg)       | Empoli Ridolfi                | C            | 9 sup                 |                        |                     |   |
|  |   | <b>Montelupo Milani</b>       | <b>B</b>     | <b>43 sup.</b>        |                        |                     |   |
|  |   | <b>Montelupo<br/>Pratelle</b> | <b>Ind</b>   | <b>86 sup<br/>(*)</b> |                        |                     |   |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )        | 350 come<br>media oraria<br>(max 24 ore)            | Empoli Ridolfi                | C            | 0 sup                 | 0                      | 0                   | Impianti termici industriali e<br>domestici alimentati con<br>combustibili solidi e liquidi<br>(carbone, olio e gasolio),<br>emissioni industriali<br>specifiche.   |
|  | 125 come<br>media 24 ore<br>(max 3 gg)              | Empoli Ridolfi                | C            | 0 sup                 |                        |                     |   |
| CO<br>( $\text{mg}/\text{m}^3$ )                       | 10 come<br>media di 8<br>ore da non<br>superare     | Empoli Ridolfi                | C            | 0 sup                 | 0                      | 0                   | Auto pre Direttiva 91/441<br>CEE (benzina e gas non<br>catalizzate), ciclomotori e<br>motocicli (motori 2 e 4<br>tempi).  |
| <b>NO<sub>2</sub></b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  | 200 come<br>media oraria<br>(max 18 ore)            | Empoli Ridolfi                | C            | 0 sup                 | 0<br>(***)             | 0<br>(***)          | Veicoli diesel (medi e<br>pesanti), auto pre Direttiva<br>91/441 CEE (benzina e gas<br>non catalizzate), impianti<br>termici industriali e<br>domestici<br>(prevalente origine<br>secondaria, precursore NO)  |
|  |   | Montelupo Milani              | B            | 0 sup                 |                        |                     |   |
|  |   | Montelupo Pratelle            | Ind          | 0 sup                 |                        |                     |   |
|  | <b>40</b> come<br>media<br>annuale                  | <b>Empoli Ridolfi</b>         | <b>C</b>     | <b>65</b>             |                        |                     |   |
|  |   | Montelupo Milani              | B            | 29                    |                        |                     |   |
|  |   | Montelupo Pratelle            | Ind          | 28                    |                        |                     |   |
| O <sub>3</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )         | 120 come<br>media di 8<br>ore<br>(max <b>25</b> gg) | Montelupo Milani              | B            | 22 sup                | <b>10</b><br>(****)    | 0<br>(****)         | Auto pre Direttiva 91/441<br>CEE (benzina e gas non<br>catalizzate), ciclomotori e<br>motocicli (motori 2 tempi),<br>veicoli diesel, lavorazioni<br>industriali e artigianali<br>(origine secondaria,<br>precursori NOx, HC, altre<br>sostanze organiche) |
|  |   | <b>Montelupo<br/>Pratelle</b> | <b>Ind</b>   | <b>62 sup</b>         |                        |                     |   |
| Benzene<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )                | 5 come media<br>annuale<br>[dal 2010]               | Empoli Ridolfi                | C            | 4,3                   | Non<br>Previsto        | Non<br>previsto     | Auto pre Direttiva 91/441<br>CEE (benzina non<br>catalizzate), ciclomotori e<br>motocicli (motori 2 tempi).   |

(1) DM 60/02 per PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, e NO<sub>2</sub>; Direttiva 2002/3/CE per O<sub>3</sub>.

(\*) su giorni 205

(\*\*) valutazione a posteriori secondo i criteri e i limiti di cui alla Deliberazione GR Toscana 116/02 applicati all'area Empoli-Montelupo

(\*\*\*) secondo i criteri e i limiti di cui al DM 25.11.1994.

(\*\*\*\*) secondo i criteri e i limiti di cui al DM 25.11.1994 e alla Direttiva 2002/3/CE (dove la soglia di attenzione equivale alla soglia di informazione, la soglia di allarme è fissata a 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in luogo di 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Accanto a tale attività di ricerca è in corso, grazie al finanziamento dei Comuni di Empoli e Montelupo Fiorentino nonché della Regione Toscana (Deliberazione del C.R. 30.1.2002, n. 24), un progetto di studio dell'impatto delle emissioni di polveri e benzene dal traffico veicolare lungo la FI-PI-LI e la Statale n. 67, condotto tramite l'utilizzo di modelli di dispersione. A tal fine sono state già realizzate un insieme di misure di traffico (flussi e velocità) e di concentrazioni di benzene lungo i due assi stradali citati, con l'obiettivo di ottenere un data set utile per calibrare i modelli di dispersione degli inquinanti, verificarne la risposta in diverse situazioni e ottimizzarne l'impiego. I modelli impiegati sono CALINE IV e CALPUFF, inseriti nella lista di codici di calcolo suggeriti dall'US-EPA, opportunamente adattati per le condizioni morfologiche della zona sotto studio (presenza di edifici e rilievi orografici).

Il confronto tra i dati di benzene rilevati in situ e quelli stimati con i due modelli citati consente di ottenere informazioni utili circa le prestazioni assolute e relative, nelle diverse situazioni modellate (strada statale in ambito urbano e strada di grande comunicazione), meglio comprendendo le condizioni d'uso ottimali (calibrazione e interconfronto).

Su tali basi sono in corso di elaborazione alcune simulazioni per stimare le concentrazioni di PM<sub>10</sub>, confrontarle con gli standard normativi vigenti e con le misure realizzate presso le stazioni di monitoraggio della rete di qualità dell'aria della Provincia di Firenze. I primi risultati sembrano confermare il contributo del traffico ai livelli complessivi di PM<sub>10</sub> nella zona.

Nella tabella 18 si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria rispetto agli indicatori fissati per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione.

I valori riportati in grassetto si riferiscono agli inquinanti di cui è stato riscontrato il superamento o il raggiungimento del valore limite.

In buona sostanza, si conferma la situazione illustrata per la tutela della salute, con difformità relative ai livelli di NO<sub>x</sub> e di O<sub>3</sub>.

Tabella 18 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2003 nelle diverse tipologie di sito. Raffronto con indicatori per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione.

| Inquinante<br>(u.m.)                                       | Valore limite o di riferimento<br>(1)              | stazione                    | Tipo<br>sito | Media o<br>valore |
|--|--|-----------------------------|--------------|-------------------|
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )                    | 20 come media annuale e<br>invernale<br>[dal 2001] | Empoli Ridolfi              | C            | 3                 |
| NO <sub>x</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> di NO <sub>2</sub> ) | 30 come media annuale<br>[dal 2001]                | <b>Empoli Ridolfi</b>       | <b>C</b>     | <b>114</b>        |
|  |  | <b>Montelupo Don Milani</b> | <b>B</b>     | <b>40</b>         |
|  |  | <b>Montelupo Pratelle</b>   | <b>Ind</b>   | <b>48</b>         |
| O <sub>3</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> *h)                   | 18.000 come AOT40<br>[dal 2010]                    | <b>Montelupo Don Milani</b> | <b>B</b>     | <b>18000</b>      |
|  |  | <b>Montelupo Pratelle</b>   | <b>Ind</b>   | <b>30000</b>      |

(1) DM 60/02 per SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>; Direttiva 2002/3/CE per O<sub>3</sub>.



## 5. Le condizioni meteorologiche.

Nelle successive Figure 12, 13 e 14 sono riportati in grafico gli andamenti temporali dei principali parametri meteorologici rilevati nella stazione di Empoli-Riottoli (posta ad ovest dell'abitato di Empoli). Nella Figura 12 sono indicati i valori medi giornalieri della pressione atmosferica ed i valori di precipitazione cumulata giornaliera; nella Figura 13 sono riportate le temperature medie, minime e massime giornaliere; nella Figura 14 sono indicati i valori medi giornalieri delle velocità del vento ed i valori massimi delle medie orarie giornaliere. Nella successiva Tabella 19 sono riportati i valori delle precipitazioni cumulate mensili (e annuali) sia dell'anno 2003 che degli anni precedenti.

Da segnalare che per problemi tecnici la stazione è risultata non funzionante praticamente per tutto il mese di giugno e fino al 10 luglio (e l'anemometro ha avuto un ulteriore prolungato periodo di fermo nel mese di dicembre).

Per quanto riguarda l'andamento generale delle condizioni meteorologiche, l'anno 2003 è stato caratterizzato dalla cosiddetta "onda di calore" estiva, ovvero da un periodo eccezionalmente lungo nel quale, quasi senza soluzione di continuità, le condizioni meteorologiche si sono mantenute estremamente stabili, con temperature elevate, prolungata assenza di precipitazioni e venti sostanzialmente deboli. Tale periodo iniziato alla fine del mese di maggio si è protratto fino a tutto il mese di agosto. L'assenza di dati nel periodo giugno-luglio riduce la possibilità di quantificare completamente le peculiarità del fenomeno nell'area specifica dell'empolese; da un punto di vista più qualitativo si può segnalare però che dal giorno 10 luglio al giorno 30 agosto la temperatura massima oraria giornaliera è risultata inferiore ai 30 °C in un solo giorno (nel complesso si sono avuti 57 giorni in cui tale parametro è risultato superiore ai 30 °C). Il massimo assoluto di temperatura media oraria ha raggiunto i 40.4 °C (il 5 agosto).

Da segnalare comunque (Figura 13) che la parte iniziale dell'anno (gennaio e soprattutto febbraio) era stata invece caratterizzata da temperature piuttosto basse, con numerosi episodi nei quali i valori delle medie orarie minime giornaliere risultavano inferiori a 0 °C. Nel complesso dell'anno i giorni con media minima giornaliera inferiore a 0 °C sono stati 44, il valore minimo nell'anno è risultato pari a -6.6 °C (il 25 febbraio).

Dai grafici di Figura 12 si osserva come nel periodo estivo monitorato si siano verificati soltanto due episodi di piovosità con intensità rilevante. La maggior parte delle precipitazioni sono risultate concentrate nel periodo autunnale, con un valore di picco giornaliero di 72.8 mm (l'1 novembre) mentre il valore di picco orario è stato di 30.6 mm (il 21 ottobre). Nel complesso dell'anno (Tabella 19) le precipitazioni si sono attestate all'interno dei limiti di oscillazione registrati dalla stazione nel suo tempo di vita (1994-2002).

Per quanto riguarda l'influenza delle condizioni meteorologiche sulle concentrazioni degli inquinanti rilevate durante l'anno 2003, si può senz'altro ritenere che le particolari ed estreme condizioni verificatesi durante il periodo estivo abbiano indubbiamente favorito l'innalzamento dei livelli medi di ozono e l'incremento delle frequenze di episodi con valori di picco superiori al livello di informazione. L'assenza invece di evidenti e prolungati periodi di alta stabilità durante i mesi invernali, non ha invece favorito l'insorgenza di episodi con elevate concentrazioni di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>.



Figura 11 = Pressione atmosferica media e precipitazioni totali giornaliere

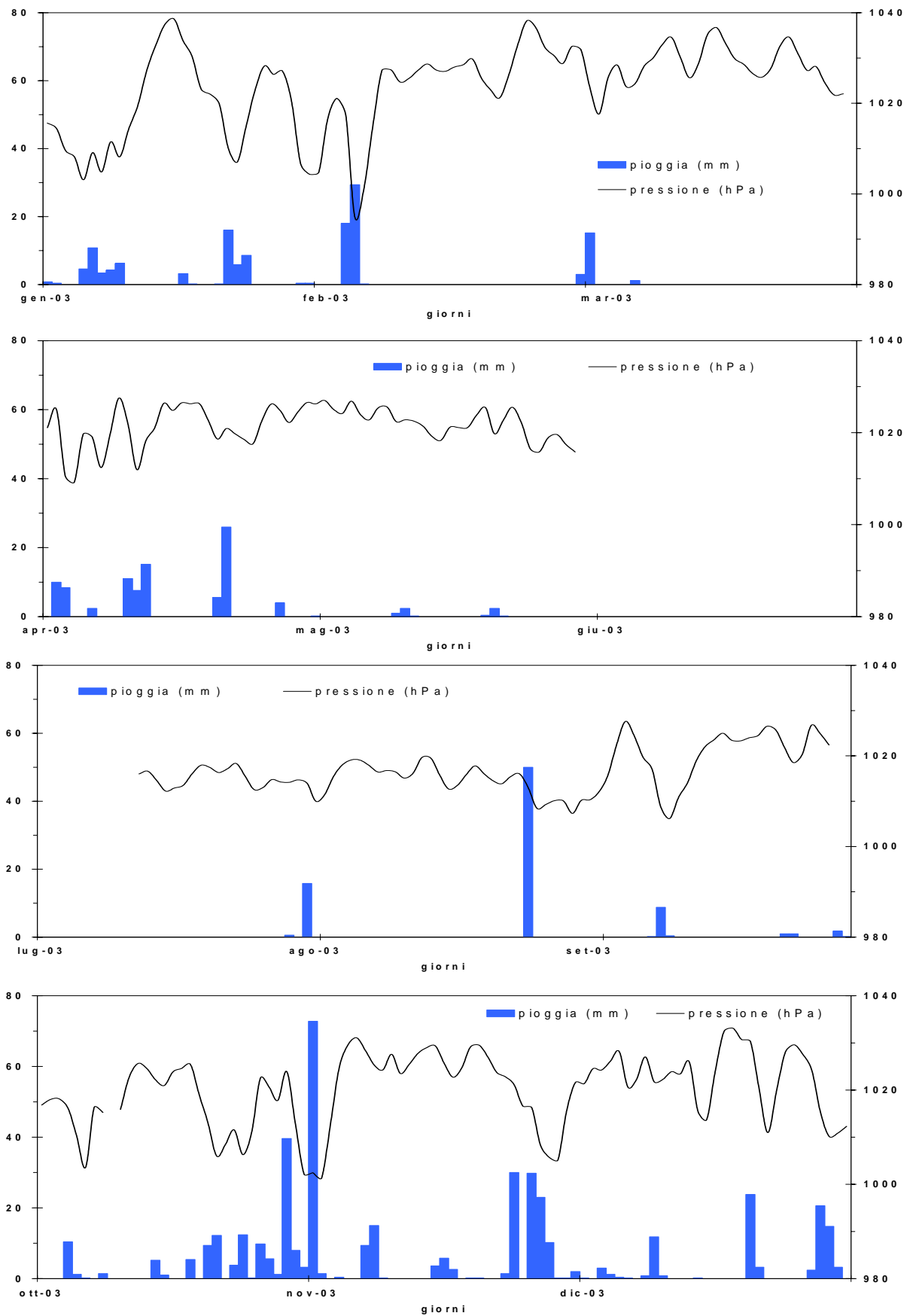




Figura 12 = Temperature Medie, Minime e Massime giornaliere

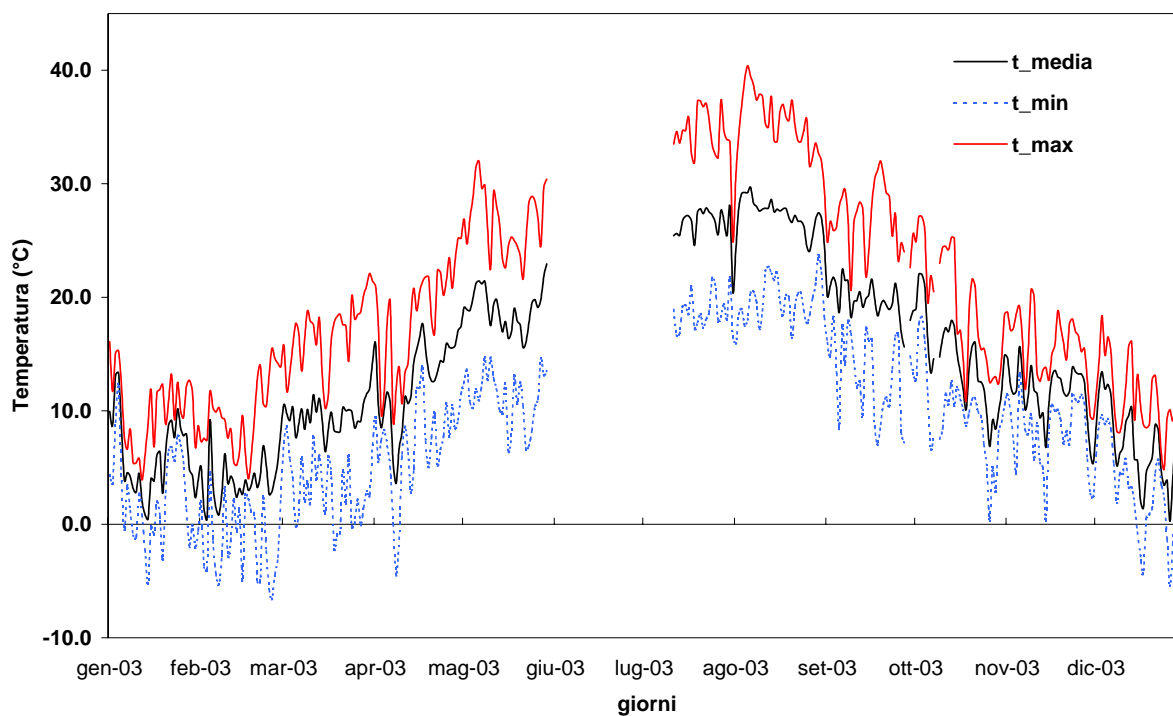


Figura 13 = Velocità del vento medie e massime orarie giornaliere

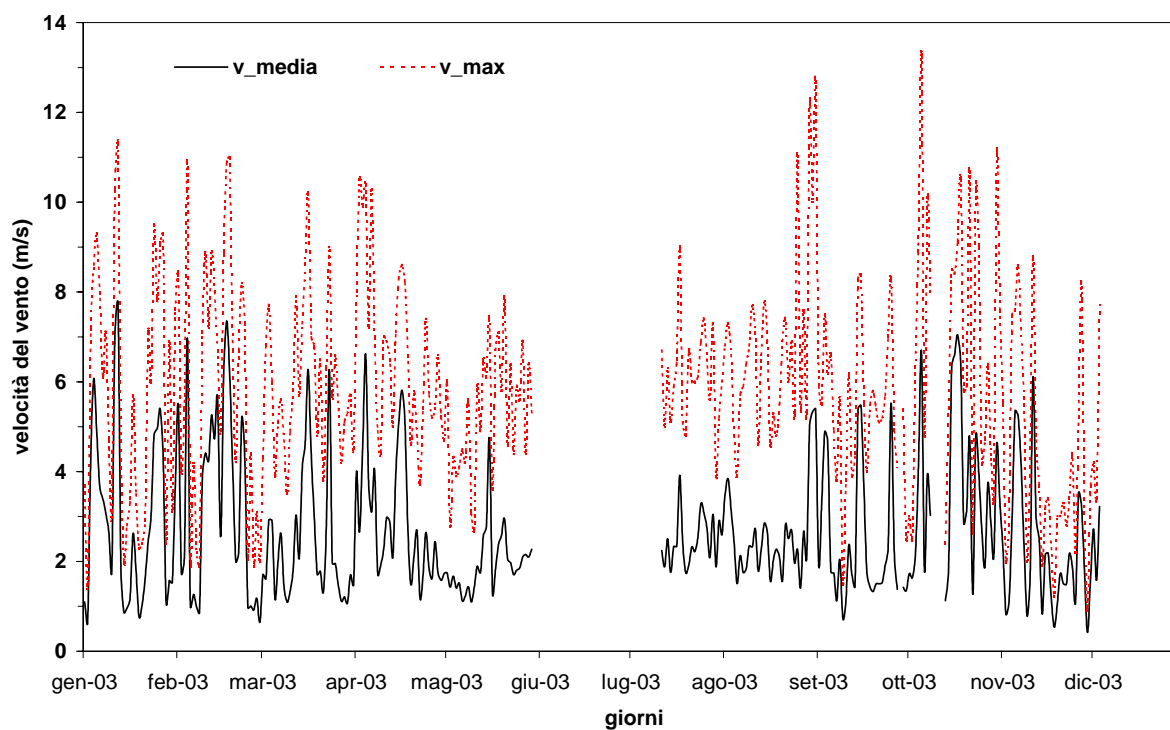


Tabella 19 = precipitazioni cumulate mensili ed annue.

| mese/anno        | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Gennaio</b>   | 34.0  | 44.2  | 80.0  | 91.4  | 41.6  | 79.0  | 0.0*  | 111.6 | 19.6  | 65.2  |
| <b>Febbraio</b>  | 12.8  | 105.8 | 100.4 | 39.4  | 49.2  | 45.4* | 0.0*  | 20.8  | 56.8  | 47.6  |
| <b>Marzo</b>     | 0.6   | 66.6  | 5.4   | 22.4  | 43.8  | 38.6* | 75.8  | 129.0 | 5.6   | 19.4  |
| <b>Aprile</b>    | 130.2 | 47.6  | 95.0  | 57.2  | 111.2 | 78.0  | 77.4  | 40.2  | 57.6  | 90.2  |
| <b>Maggio</b>    | 61.4  | 88.4  | 64.2  | 1.0*  | 74.6  | 96.4  | 13.2  | 67.2  | 120.8 | 6.8   |
| <b>Giugno</b>    | 48.8  | 40.8  | 18.0  | 26.4  | 22.8  | 85.0  | 53.8  | 50.2  | 24.8  | ND    |
| <b>Luglio</b>    | 18.2  | 4.2   | 17.0  | 31.8  | 33.4  | 19.2  | 66.6  | 31.4  | 25.8  | 16.4  |
| <b>Agosto</b>    | 7.4   | 50.0  | 62.8  | 16.0  | 3.0   | 35.8  | 47.2  | 2.6   | 1.6*  | 50.0  |
| <b>Settembre</b> | 179.6 | 59.0  | 154.6 | 59.6  | 143.0 | 29.8  | 61.2  | 101.8 | 70.8  | 13.4  |
| <b>Ottobre</b>   | 65.0  | 7.6   | 93.0  | 32.2  | 118.8 | 105.6 | 106.4 | 117.0 | 114.0 | 130.2 |
| <b>Novembre</b>  | 111.0 | 50.4  | 177.6 | 127.2 | 53.4  | 149.8 | 296.0 | 86.6  | 152.4 | 206.4 |
| <b>Dicembre</b>  | 28.2  | 100.6 | 93.4  | 88.2  | 48.4  | 136.4 | 118.0 | 61.4  | 126.6 | 88.6  |
| Totale annuo     | 697.2 | 665.2 | 961.4 | 592.8 | 743.2 | 899.0 | 915.6 | 819.8 | 776.4 | 734.2 |

\* mesi nei quali i dati sono da considerarsi parziali in quanto la strumentazione della stazione non è risultata in regolare funzionamento per oltre il 40% del tempo.



## 6. Considerazioni riassuntive e finali.

Gli inquinanti che mostrano livelli critici rispetto alle indicazioni normative, pur nella proiezione temporale prevista per il rispetto dei limiti, sono soprattutto le polveri PM<sub>10</sub>, il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>).

Il quadro descritto tiene conto anche dell'andamento meteorologico nell'anno 2003 che nel suo insieme, fatta salva l'eccezionalità del periodo estivo, si è presentato nei limiti della variabilità storica e, di conseguenza, con effetti sui livelli di inquinamento non particolarmente diversi dalla media. Ciò consolida la rappresentatività del monitoraggio e la validità del raffronto con gli standard normativi.

La criticità relativa al biossido di azoto è limitata ai siti prossimi ad elevate emissioni dovute a traffico intenso, come in talune situazioni di Empoli.

La criticità relativa all'ozono interessa tutte le aree urbane ed extraurbane e si presenta piuttosto omogenea al livello di area vasta, in quanto dovuta essenzialmente al trasporto da lunga distanza.

La criticità relativa alle polveri PM<sub>10</sub> nell'area industriale di Montelupo Pratelle è invece un problema locale la cui origine è già sufficientemente individuata nelle emissioni diffuse e convogliate dagli impianti produttivi della zona.

Pertanto, gli spazi di intervento per il contenimento delle emissioni finalizzato al rispetto dei limiti fissati dalla normativa a scadenza 2005 o 2010, riguardano principalmente le sorgenti di seguito descritte:

- **il traffico** (ovviamente dove l'intensità dello stesso e la densità del tessuto urbanistico raggiungono livelli elevati).

Particolare rilevanza avrebbe la riduzione di emissione da veicoli diesel (forti emettitori di polveri fini, di IPA, fra i quali benzo(a)pirene, e di ossidi di azoto) e da veicoli con motore a 2 tempi (forti emettitori di idrocarburi, benzene e polveri). Di conseguenza, sono auspicabili azioni di contenimento della diffusione dei veicoli diesel, soprattutto commerciali e pesanti, favorendo al massimo il passaggio a motorizzazioni caratterizzate da ridotte emissioni di ossidi di azoto e di particolato. Altrettanto auspicabili sono le misure idonee a favorire la completa eliminazione dei veicoli a 2 ruote equipaggiati con motore a 2 tempi tradizionale (anche se dotati di post combustore catalitico).

- **l'industria**

Importante sarebbe il contributo dato dalla riduzione delle emissioni industriali, in particolare di polveri, di NO<sub>x</sub> e di sostanze organiche volatili (SOV), precursori della formazione di O<sub>3</sub>. Si ravvisa inoltre la necessità di una attenta valutazione delle emissioni industriali anche in previsione della emanazione di una nuova direttiva che renderà cogenti i limiti per alcuni metalli fra cui l'arsenico.

Contributi positivi non trascurabili potrebbero essere ottenuti da misure, riguardanti altre importanti sorgenti di inquinamento, quali:

1. conversione a gas di centrali termiche alimentate a combustibili liquidi (gasolio e, soprattutto, olio combustibile)<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> In realtà si tratta di anticipare le scadenze già fissate dal DPCM 8 marzo 2002 che vieta l'uso di olio combustibile per impianti civili dal 1 settembre 2005.



2. incentivazione dell'uso di bruciatori di gas naturale a bassa emissione di ossidi di azoto;

La riduzione complessiva su vasta area delle emissioni di ossidi di azoto e di sostanze organiche volatili (idrocarburi, solventi) potrebbe avere positive ricadute anche per quanto riguarda la riduzione dei livelli di O<sub>3</sub> che si confermano decisamente superiori agli standard di riferimento fissati come valori "bersaglio" con scadenza temporale al 2010.

Si sottolinea, infine, che una particolare attenzione andrebbe posta a non peggiorare la qualità dell'aria ove questa sia nei limiti. Si tratta di una precisa disposizione contenuta nella normativa che, a ben guardare, costituisce un obiettivo non meno rilevante e impegnativo per tutte quelle aree nelle quali si prevede il consistente sviluppo infrastrutturale, residenziale e di attività produttive.

*Alla redazione del presente rapporto hanno contribuito:*

- Dott. Franco Giovannini
- Dott. Ing. Andrea Lupi
- Dott.ssa Valeria Tricarico

*L'attività di monitoraggio è svolta dai tecnici:*

- Vincenzo D'Aleo
- Marco Degl'Innocenti
- Paolo Miola
- Giampaolo Poggiali

Il Responsabile della Sezione Regionale di  
Modellistica, Climatologia e  
Meteorologia  
(Dott. Antongiulio Barbaro)

Il Responsabile della Sezione  
Monitoraggio della Qualità dell'Aria  
(Dott. Daniele Grechi)

