

Le distribuzioni degli inquinanti non mostrano cicli settimanali evidenti tranne, forse, quelle dei monossidi di carbonio e di azoto rilevate nelle due stazioni di via Piave e via Da Verrazzano (vedi ad esempio le figg. 5.24 e 5.25 per il CO. I diagrammi dell'NO sono stati tralasciati perché simili a quelli del CO).

#### 5.4. La matrice di correlazione

L'ampiezza dell'archivio dei dati di cui si dispone permette di effettuare un'analisi di correlazione tra le variabili particolarmente interessante.

La matrice di correlazione di Pearson<sup>17</sup> calcolata sull'intero set di dati orari è riportata in tabella 5.10.

Per quanto riguarda gli inquinanti si osserva innanzitutto che i valori massimi di correlazione vengono raggiunti tra le medesime specie chimiche relative ai diversi siti ed in secondo luogo tra specie 'affini' (ad esempio NO ed NO<sub>x</sub>) registrate nella medesima stazione. Più in dettaglio si osserva:

- **CO** ed **NO** presentano entrambi correlazioni positive molto accentuate con gli NO<sub>x</sub>, e valori inferiori ma significativi con gli NMHC e gli NO<sub>2</sub>. La correlazione con

<sup>17</sup> Il coefficiente di correlazione di Pearson misura il grado di correlazione lineare tra due variabili  $X$  ed  $Y$  calcolando il rapporto tra la loro *covarianza* ed il prodotto delle rispettive *deviazioni standard*:

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}.$$

l'ozono è negativa e piuttosto evidente (fa eccezione il valore per l'NO di via Da Verrazzano molto basso e positivo). Per quanto riguarda il rapporto con i parametri meteorologici entrambi i gas presentano correlazioni negative di un certo rilievo con la velocità del vento e la temperatura, e correlazione positiva non molto accentuata con il gradiente di temperatura;

- gli **NO<sub>2</sub>** si distinguono dai due precedenti inquinanti per una correlazione leggermente inferiore con gli NMHC e con la temperatura. Risulta anomalo il comportamento dell'NO<sub>2</sub> di via Da Verrazzano che presenta una correlazione positiva piuttosto evidente con l'ozono registrato nella medesima stazione;
- l'**O<sub>3</sub>** è caratterizzato da correlazioni negative con tutti gli altri inquinanti e da correlazioni positive con la temperatura e la velocità del vento. La correlazione con la radiazione solare è anch'essa positiva e rilevante, mentre con il gradiente di temperatura assume valori negativi;
- le variabili relative al **traffico** risultano maggiormente correlate agli inquinanti misurati nelle due stazioni prossime alle sezioni di conteggio veicolare. Le correlazioni più elevate sono con CO ed NO<sub>2</sub>, leggermente inferiori con NO<sub>x</sub> ed NO ed ulteriormente minore, ma pur sempre significativa, la correlazione con O<sub>3</sub>. Per la stazione di Parco Bissuola le uniche correlazioni non appartenenti all'intorno dello 0 sono quelle con NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub>; queste ultime risultano maggiori anche in Piazzetta Matter dove però si leggono valori non nulli, sebbene minori, anche per NO<sub>x</sub> e CO.

Dalla matrice di correlazione è dunque evidente una singolarità di comportamento per l'ozono, mentre più simili appaiono CO, NO, NO<sub>x</sub> ed anche NO<sub>2</sub>.

Tra le variabili meteorologiche solo temperatura (T) e velocità del vento (VV) presentano importanti correlazioni con quasi tutti gli inquinanti. Altri parametri di volta in volta significativi sono la radiazione solare (Rad), la pressione atmosferica (Pres), l'umidità relativa (UR) ed il gradiente termico verticale ( $d(T_i-T_j)$ ), l'unico tra le misure di stabilità atmosferica a mostrare correlazioni non nulle. La variabile delle precipitazioni (Pluv) non presenta alcuna correlazione con gli inquinanti<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Le precipitazioni determinano infatti il lavaggio degli inquinanti atmosferici a prescindere dall'intensità con cui si manifestano. Questo comportamento binario della variabile 'precipitazione' in relazione agli inquinanti determina che non si evidenzia alcuna correlazione, nemmeno negativa, tra le due categorie di variabili.

Interessante, infine, è la correlazione dei dati di traffico con i soli inquinanti secondari delle due stazioni più distanti rispetto alle sezioni di conteggio veicolare: l'osservazione può essere interpretata come una conferma della scala spaziale maggiore che caratterizza i fenomeni di inquinamento secondario.

### 5.5. L'andamento delle serie storiche

Le figure 5.26-5.28 ritraggono l'andamento annuale di tre inquinanti scelti come esempio per illustrare la dimensione e le caratteristiche delle serie storiche in esame.

I valori dei tre inquinanti sono messi a confronto con i *livelli di attenzione* stabiliti dalla normativa vigente (i *livelli di allarme*, che corrispondono esattamente al doppio di quelli *di attenzione*, non sono riportati perché al di fuori dell'intervallo di variabilità dei dati).

Fig. 5.26. Andamento del monossido di carbonio in via Piave, anno 1995.

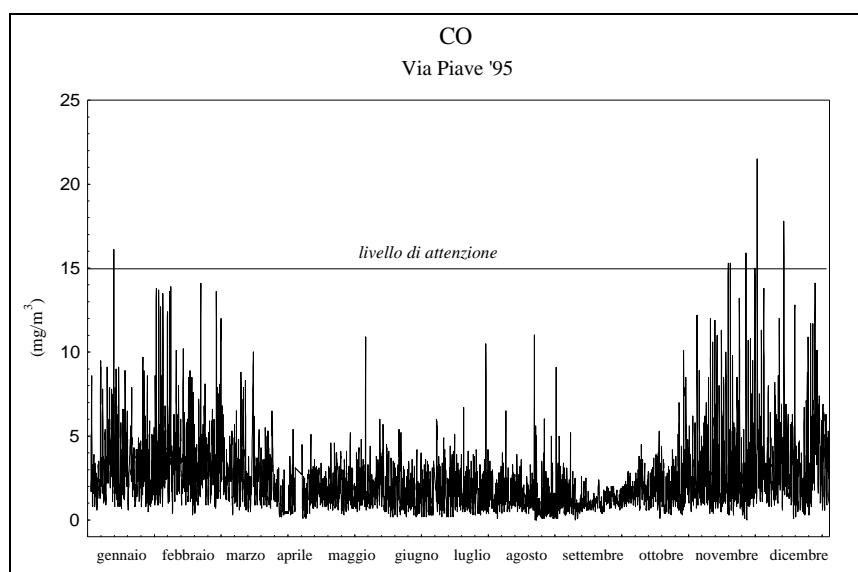


Fig. 5.27. Andamento dell'ozono in Parco Bissuola, anno 1995.

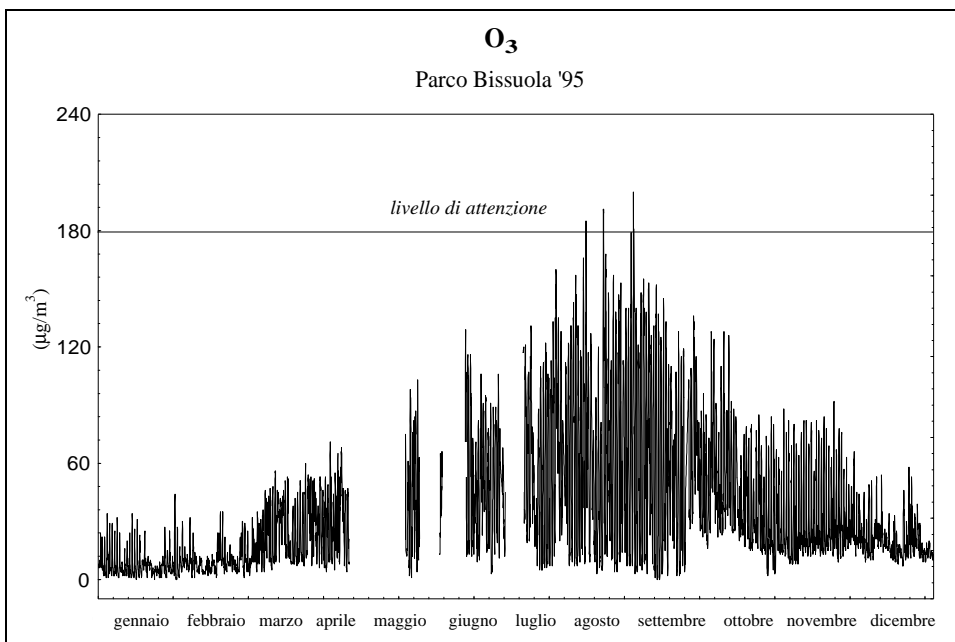
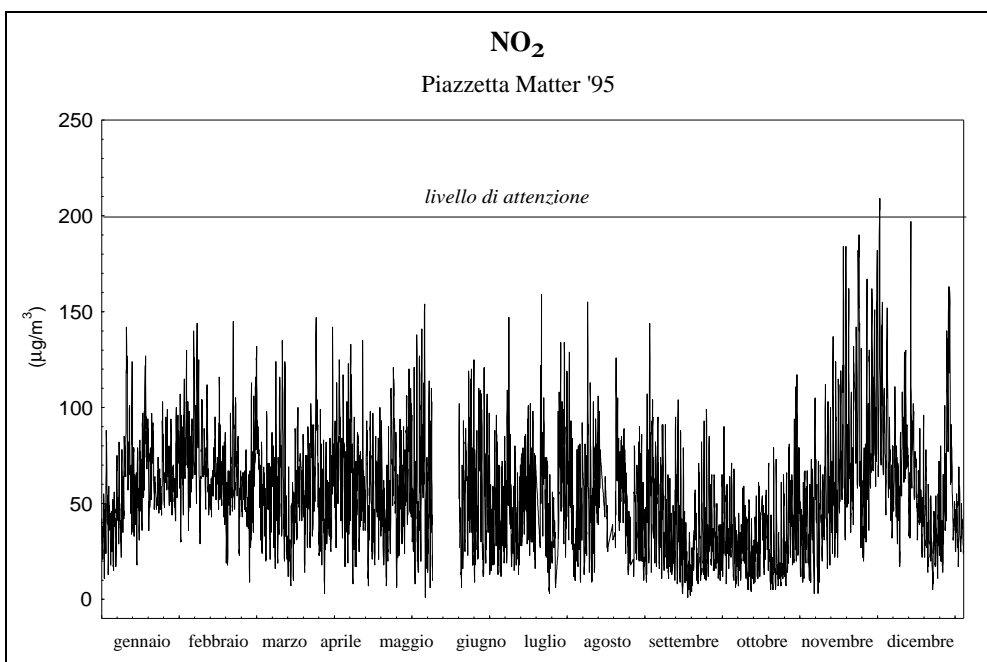


Fig. 5.28. *Andamento del biossido di azoto in Piazzetta Matter, anno 1995.*



In tutti i diagrammi proposti è possibile osservare una componente stagionale: il monossido di carbonio ed il biossido di azoto presentano valori più elevati nei mesi invernali, mentre l'ozono raggiunge concentrazioni maggiori in estate.

Un'analisi più puntuale sulla stagionalità degli inquinanti è presentata in tabella 5.11 attraverso il rapporto tra la concentrazione media invernale e quella estiva.

Tab. 5.11. *Rapporto tra le concentrazioni medie invernali ed estive.*

	<i>Via Piave</i>	<i>Via Da Verrazzano</i>	<i>P.tta Matter</i>	<i>Parco Bissuola</i>
<b>CO</b>	2.3	2.2	2.0	1.5
<b>O<sub>3</sub></b>	0.3	0.6	0.2	0.2
<b>NO<sub>2</sub></b>	1.3	1.2	1.5	1.1
<b>NO</b>	3.3	2.1	6.5	5.1
<b>NMHC</b>	---	---	1.3	1.2
<b>TH</b>	---	---	---	1.0

La tabella 5.11 consente di effettuare confronti con altri studi. In particolare, a Londra, in prossimità di una strada ad intensa circolazione sono stati calcolati i seguenti rapporti stagionali: 1.6 per CO, 0.5 per O<sub>3</sub>, 1.1 per NO<sub>2</sub>, 2.4 per NO e un rapporto variabile tra 1.8 e 1.9 per una serie differenziata di idrocarburi (Derwent *et al.*, 1995). I valori calcolati nelle stazioni di Mestre risultano leggermente maggiori (o minori nel caso dell'ozono), indicando dunque una componente stagionale più accentuata. Altrove (Conland *et al.*, 1994) per il biossido d'azoto viene individuato un comportamento stagionale diversificato a seconda delle caratteristiche rurali o urbane dell'area in cui si effettua il monitoraggio: valori maggiori in inverno, come si verifica in tutte e quattro i siti di misura di Mestre, sarebbero caratteristici di aree urbane. L'ipotesi è in parte confermata anche dai dati del biossido d'azoto rilevati per Mestre in cui si osserva una componente stagionale che si attenua nel passaggio dalle stazioni di città (via Piave e via Da Verrazzano) a quella situata nell'area verde del Parco.

## 5.6. L'analisi di Fourier

L'analisi di Fourier si basa sulla decomposizione (sotto opportune ipotesi) della serie originaria dei dati in una somma di funzioni periodiche di diversa frequenza:

$$Y_t = \sum_{k=0}^{[n/2]} (a_k \cos \mathbf{w}_k t + b_k \sin \mathbf{w}_k t), \quad \text{con } t = 1, 2, \dots, n$$