

Generalmente, nella fase di trasmissione all'elaboratore centrale viene eseguito manualmente un controllo preliminare dei dati su base empirica; ciò nonostante, accade di frequente che i dati archiviati contengano valori anomali.

La presenza di errori e dati mancanti costituisce un problema, in quanto può alterare le analisi statistiche introducendo componenti sistematiche d'errore.

Le concentrazioni di O<sub>3</sub> in quota sono state rilevate mediante campagne di voli programmati ai fini di valutare l'estensione orizzontale in quota e la stratificazione verticale di tale gas. La qualità di tali dati risulta limitata dalla loro scarsità, conseguenza dell'elevato costo dei voli e del fatto che non sempre i voli in programma possono essere eseguiti o semplicemente portati a termine a causa delle condizioni meteorologiche.

I dati di traffico si distinguono per la completezza della serie storica. La loro utilità per il presente lavoro è, tuttavia, limitata, in quanto trattasi dei valori relativi al periodo estivo di un anno successivo a quello d'interesse. Inoltre, i dati a disposizione riportano i conteggi di flussi di autoveicoli in un solo punto dell'intero territorio provinciale. Su di essi, tuttavia, si possono effettuare analisi statistiche che ne caratterizzino i comportamenti (periodicità, ciclicità, fluttuazioni, ecc...) e confrontarne i risultati con quelli relativi ad uguali analisi statistiche su inquinanti primari di origine autoveicolare.

### **3.2. Statistiche descrittive**

Le statistiche descrittive costituiscono un passaggio obbligato per stabilire alcune proprietà della distribuzione temporale dei dati a disposizione.

Nelle tabelle 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8 sono riportati: il numero di osservazioni valide, la media, la mediana, il valore minimo, il valore massimo, la deviazione standard dalla media, la *skewness*, e la *kurtosis*<sup>4</sup>, calcolati sui parametri chimici e meteorologici suddivisi per stazione di provenienza.

---

<sup>4</sup> La mediana (o cinquantesimo percentile) è definita come il valore che separa la distribuzione dei valori a metà, cioè il 50% dei valori risiede a sinistra della mediana e l'altro 50% dei valori risiede alla sua destra.

La *Skewness* è una misura della simmetria della distribuzione dei dati. Più questo valore si avvicina a zero, più la distribuzione risulta simmetrica. La *Kurtosis* è una misura della concentrazione o dispersione dei dati attorno al valore centrale. Se tale valore si avvicina allo zero, allora la struttura dei dati si avvicina alla distribuzione *normale*; inoltre, se la *kurtosis* è >3 allora la distribuzione dei dati è molto concentrata attorno al valore centrale, se è <3, viceversa.

**Tabella 3.4.** *Statistiche descrittive delle variabili monitorate a Bassano del Grappa, giugno-settembre '96.*

<b>Variabile</b>	<b>Oss. Valide</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Skew.</b>	<b>Kurt.</b>
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2309	19,2	15,4	1,1	120,7	13,7	1,7	4,2
<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2317	91,3	83,0	0,2	260,1	51,8	0,6	-0,2
<b>DV (Settore)</b>	2300	168,9	168,5	0,0	360,0	144,3	0,2	-1,6
<b>VV (m/s)</b>	2326	1,7	1,6	0,0	6,5	2,3	33,6	1433,9
<b>RST (W/m<sup>2</sup>)</b>	2036	175,1	40,9	0,7	951,4	244,4	1,4	0,7
<b>T (°C)</b>	2323	21,7	21,4	10,3	35,9	5,2	1,7	21,4
<b>UR (%)</b>	2325	71,0	71,9	31,7	100,0	14,8	-0,2	-0,6

**Tabella 3.5.** *Statistiche descrittive delle variabili rilevate a Montecchio Maggiore, giugno-settembre '96.*

<b>Variabile</b>	<b>Oss. Valide</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Skew.</b>	<b>Kurt.</b>
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2829	32,2	28,2	0	156,4	20,4	1,3	2,8
<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2861	70,0	61,2	0,0	227	46,3	0,7	-0,3
<b>DV (Settore)</b>	678	129,3	62	1	360	126,4	0,6	-1,1
<b>VV (m/s)</b>	2872	1,7	1,5	0	6,8	2,2	32,1	1443
<b>RST (W/m<sup>2</sup>)</b>	2870	209,3	57,1	0	943,5	267,6	1	-0,3
<b>T (°C)</b>	2870	19,8	19,4	5,7	34,8	5,4	1,3	15,8
<b>UR (%)</b>	2034	73,2	75,7	23,3	98,2	17,5	-0,4	-0,7

**Tabella 3.6.** *Statistiche descrittive delle variabili misurate a Schio, giugno-settembre '96.*

<b>Variabile</b>	<b>Oss. Valide</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Skew.</b>	<b>Kurt.</b>
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1766	20,5	18,0	0,0	104,4	12,7	1,2	2,3
<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2871	92,6	87,2	0,0	262,7	48,9	0,5	0,1
<b>DV (Settore)</b>	2187	187,0	235,0	0,0	360,0	92,3	-0,7	-0,9
<b>VV (m/s)</b>	1776	1,0	0,9	0,0	8,2	2,5	36,7	1471,3
<b>RST (W/m<sup>2</sup>)</b>	2881	200,5	44,3	0,0	961,3	267,2	1,1	-0,1
<b>T (°C)</b>	2881	20,4	20,2	9,2	34,0	4,7	1,9	27,1
<b>UR (%)</b>	N.P	--	--	--	--	--	--	--

**Tabella 3.7.** *Statistiche descrittive delle variabili misurate a Valdagno, giugno-settembre '96.*

<b>Variabile</b>	<b>Oss. Valide</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Skew.</b>	<b>Kurt.</b>
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2049	20,4	18,3	0,0	100,0	12,4	0,9	1,2
<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2483	73,0	65,3	0,0	249,5	51,4	0,7	0,1
<b>DV (Settore)</b>	2585	242,0	314,0	0,0	360,0	118,8	-0,8	-0,8
<b>VV (m/s)</b>	2636	1,2	1,1	0,0	6,2	2,0	42,7	2059,5
<b>RST (W/m<sup>2</sup>)</b>	1363	151,7	18,9	0,9	811,7	214,4	1,3	0,6
<b>T (°C)</b>	2409	20,0	19,5	6,6	35,2	5,5	1,5	17,8
<b>UR (%)</b>	2628	87,2	92,2	50,7	99,5	13,4	-0,8	-0,6

**Tabella 3.8.** *Statistiche descrittive delle variabili monitorate a Vicenza Ovest, giugno-settembre '96.*

<b>Variabile</b>	<b>Oss. Valide</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Skew.</b>	<b>Kurt.</b>
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2807	45,4	44,8	0,0	137,8	21,4	0,3	-0,3
<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2441	68,8	55,3	0,0	262,4	53,6	0,8	-0,3
<b>DV (Settore)</b>	2738	149,8	177,0	0,0	360,0	81,7	0,0	-0,1
<b>VV (m/s)</b>	2861	1,0	0,9	0,0	4,7	2,0	44,1	2208,7
<b>RST (W/m<sup>2</sup>)</b>	2861	222,8	61,4	0,8	954,0	278,4	1,0	-0,4
<b>T (°C)</b>	2861	21,2	21,0	8,1	100,0	5,2	1,3	17,7
<b>UR (%)</b>	N.P	--	--	--	--	--	--	--

La qualità dell'aria si caratterizza innanzitutto per la variabilità del numero degli elementi che la descrivono: il numero delle osservazioni valide varia, oltre che tra stazioni diverse, anche tra parametri diversi all'interno di una stessa stazione di rilevamento.

I valori delle concentrazioni medie di O<sub>3</sub> riportati nelle tabelle 3.4÷3.8 non presentano una elevata variabilità tra sito e sito (68.8÷92.6 µg/m<sup>3</sup>) senza mai avvicinarsi al *livello di attenzione* stabilito dal DM 25/11/94 (180 µg/m<sup>3</sup>). I valori più alti delle concentrazioni medie di O<sub>3</sub> si sono avuti a Schio e a Bassano del Grappa, il valore più basso a Vicenza Ovest.

Le medie delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> sono comprese in un intervallo più ampio di quello delle medie delle concentrazioni di O<sub>3</sub>, ma gli estremi (19.22÷45.43 µg/m<sup>3</sup>) normalizzati rispetto al *livello di attenzione* stabilito dal DM 25/11/94 per l'NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) risultano più vicini tra loro dei corrispondenti estremi di O<sub>3</sub>. La media di NO<sub>2</sub> più alta è stata rilevata a Vicenza Ovest, mentre la più bassa si è avuta a Bassano del Grappa.

Per quanto riguarda gli *eventi acuti*, ovvero il superamento dei limiti di legge per le concentrazioni di NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub>, i quali determinano situazioni di attenzione e di allarme (DM 25/11/94), una prima indicazione sul loro verificarsi può essere dedotta dal valore massimo di ogni serie temporale. In particolare si osserva che:

- le concentrazioni di NO<sub>2</sub> non superano mai il *livello di attenzione*;
- le concentrazioni di O<sub>3</sub> eccedono il *livello di attenzione* in tutte le stazioni di rilevamento.

Il confronto dei valori di Skewness e Kurtosis mette in evidenza comportamenti anomali di alcune variabili:

- il biossido di azoto ha valori di Kurtosis inferiori al valore *critico*, 3, e Skewness vicina allo zero nelle stazioni di Montecchio Maggiore, Schio, Valdagno e Vicenza Ovest. Nella stazione di Bassano del Grappa la Kurtosis, con un valore di 4.23, supera appena il valore critico e la Skewness non è eccessivamente elevata;
- la Kurtosis dell'ozono non eccede il valore *critico* in nessuna stazione di rilevamento, quindi le serie storiche di tale inquinante assumono tutte distribuzioni dei valori non anomale.

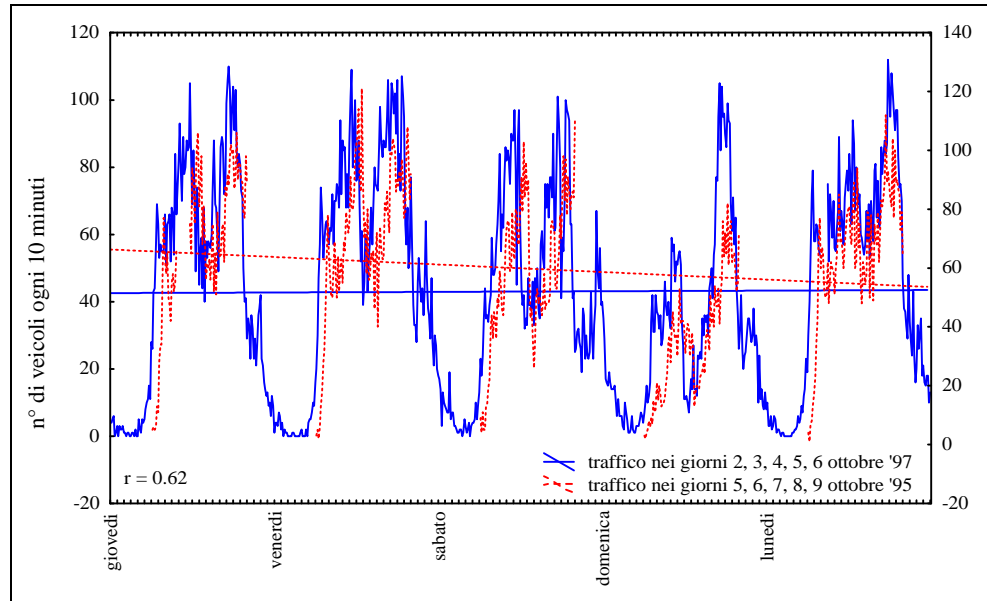
L'analisi dei dati meteorologici può dare un supporto interpretativo all'informazione fornita dalle statistiche descrittive calcolate sui dati chimici.

Si fa notare, innanzitutto, come il valore massimo della velocità del vento rilevata in ciascun sito sia inferiore a 8.2 m/s, velocità classificata dalla scala Beaufort come caratteristica di un vento moderato. Le medie vanno da 1 a 1.7 m/s, velocità del vento tipica di leggeri venti di brezza. L'area interessata dal presente studio è, quindi, caratterizzata dalla presenza di venti piuttosto deboli a regime di brezza. Tale condizione è favorevole alla dispersione degli inquinanti all'interno del bacino aerologico, ma non alla loro rimozione da esso. Valori di velocità del vento quasi nulli, come indicato dai valori minimi riportati dalle tabelle 3.4÷3.8, possono produrre condizioni di ristagno, che però devono essere supportate da informazioni meteorologiche supplementari quali il gradiente verticale della velocità del vento e della temperatura.

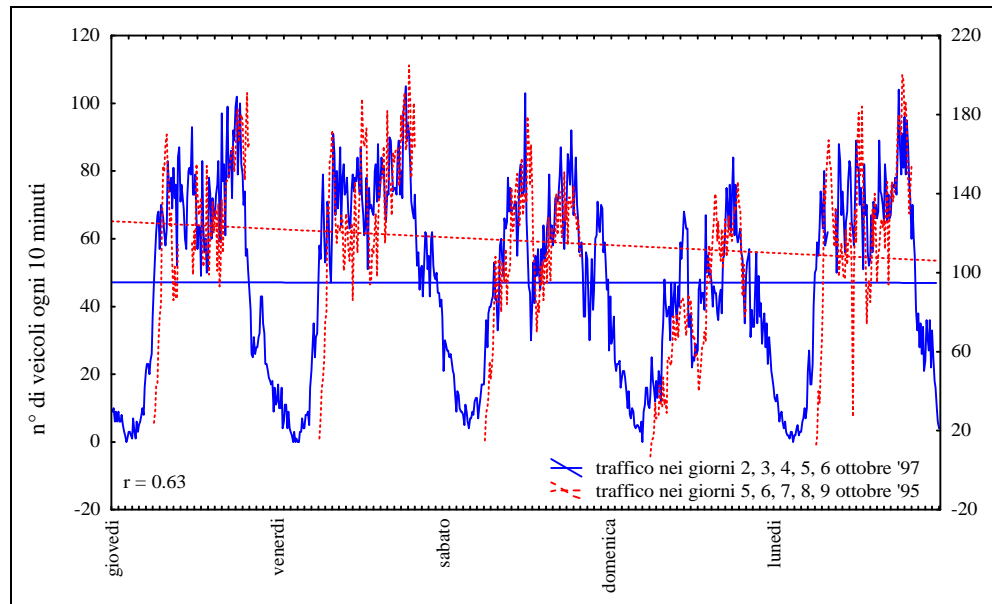
Per quanto riguarda le misure di O<sub>3</sub> in quota, non è possibile effettuare considerazioni statistiche a causa del modesto numero dei dati disponibili.

I dati di traffico derivano da conteggi effettuati con periodo temporale di 10 minuti. Per poterli confrontare con i dati di qualità dell'aria, i conteggi del traffico sono stati aggregati in modo da ottenere dati orari. Le relative statistiche generali sono riportate in tab. 3.9. Si ritiene opportuno ricordare che i conteggi sono relativi al periodo estivo 1997, ma possono essere utilizzati come indicatori del comportamento del traffico estivo in generale. Tale considerazione deriva dal fatto che nella zona non sono intervenuti eventi capaci di modificare sensibilmente le necessità di trasporto. Le variazioni annue dell'andamento del traffico sono dunque appena percepibili, come dimostrato dai confronti riportati in fig. 3.1 e 3.2. Il confronto riguarda gli andamenti del traffico negli stessi giorni della settimana (giovedì, venerdì, sabato, domenica, lunedì) della prima settimana di ottobre di due anni diversi (il 1995 e il 1997). Inoltre i confronti riportati riguardano solo due direzioni (Pasubio-Diaz e Pasubio-Trento), ma l'andamento si conserva per tutti i casi considerati.

**Fig. 3.1.** Confronto degli andamenti del traffico tra ottobre '95 ed ottobre '97 a Villaggio del Sole (VI), direzione Trento-Pasubio.



**Fig. 3.2.** Confronto degli andamenti del traffico nel '95 e nel '97 a Villaggio del Sole (VI), direzione Sole-Pasubio.

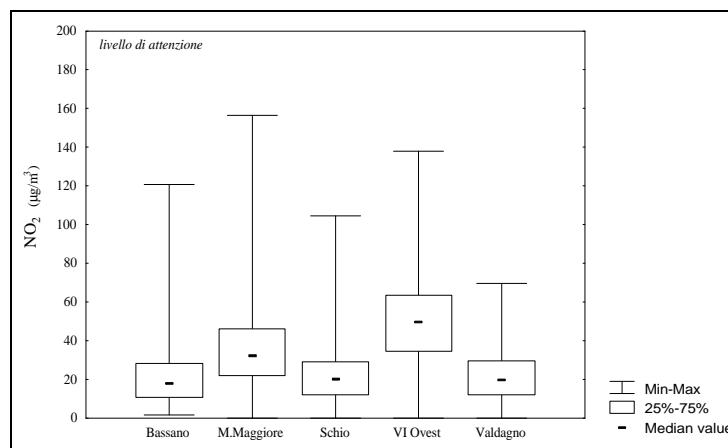


**Tabella 3.9.** Statistiche descrittive dei flussi di traffico (n° veicoli/h), giugno-settembre '97. I dati si riferiscono tutti a 2928 osservazioni.

<b>Direzione</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Skew.</b>	<b>Kurt.</b>
<b>Sole-Diaz</b>	466	453	0	1160	315	0,1	-1,2
<b>Sole-Pas.</b>	251	250	0	603	156	0,0	-1,2
<b>Diaz-Sole</b>	434	458	0	1160	271	-0,1	-1,2
<b>Trento-S.</b>	90	101	0	258	56	-0,2	-1,2
<b>Tr.-Pas.</b>	222	203	0	645	167	0,3	-1,1
<b>Pas.-Sole</b>	184	170	0	598	134	0,6	0,0
<b>Pas.-Tr.</b>	219	232	0	709	135	0,1	-0,8
<b>Pas.-Diaz</b>	86	95	0	296	50	-0,1	-0,6

Una visione complessiva della struttura dei dati di NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub> è riportata nelle fig. 3.3 e 3.4. mediante i diagrammi *Box-Whisker*<sup>5</sup>. Tali diagrammi permettono confronti diretti ed immediati in ordine alla struttura degli insiemi di numeri a disposizione.

**Fig. 3.3.** Diagrammi *Box-Whisker* dei valori medi orari di NO<sub>2</sub> misurati nelle stazioni di Bassano, Montecchio M., Schio, Vicenza Ovest e Valdagno.

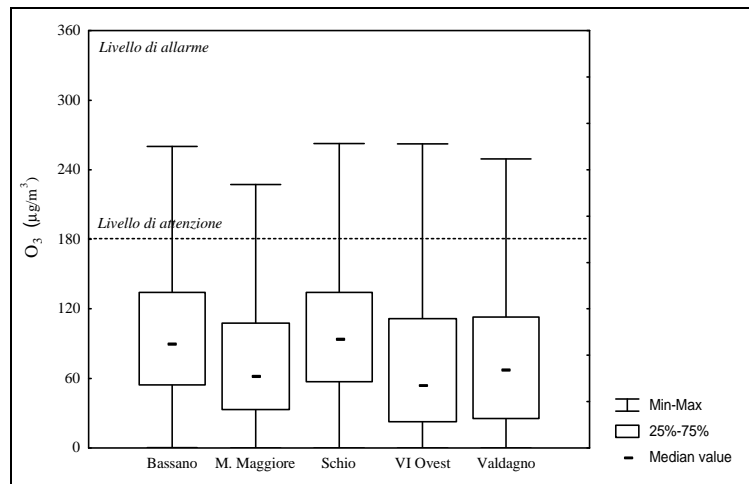


<sup>5</sup> I diagrammi *Box-Whisker* sono generalmente costituiti da tre componenti:

- una linea od un punto che indica la tendenza centrale della distribuzione (in genere la mediana);
- una scatola (*box*) che raffigura la variabilità attorno a questa tendenza centrale ed ha come limiti inferiore e superiore, generalmente, il 1° ed il 3° quartile;
- le code (*whiskers*) che si prolungano dalla scatola ed individuano il *range* della variabile (il minimo ed il massimo, l'intervallo di confidenza, o altre misure di variabilità).

In alcuni *Box-Whiskers* sono rappresentati anche gli *outliers*, cioè i valori che non rientrano in nessuna delle categorie precedentemente menzionate.

**Fig. 3.4.** Diagrammi Box-Whisker dei valori medi orari di  $O_3$  misurati nelle stazioni di Bassano, Montecchio M., Schio, Vicenza Ovest e Valdagno.



Il biossido di azoto ha un andamento piuttosto simile nelle distribuzioni dei valori, nelle stazioni di Bassano del Grappa, Schio e Valdagno mentre Vicenza e Montecchio Maggiore si discostano dai primi e tra loro. L'ozono, invece, mostra un andamento spaziale piuttosto omogeneo e, anche considerando i valori massimi, non permette alcuna differenziazione tra le stazioni. Questa considerazione lascia pensare che le cinque stazioni nelle quali è stato rilevato l'ozono si prestino bene alle previsioni di  $O_3$  su scala non locale.

I diagrammi di *Box-Whisker* per l'ozono mostrano anche che in tutte le stazioni di rilevamento è stato superato il *livello di attenzione* stabilito dalla legge.

### 3.3. Analisi dei dati stratificati per ore del giorno e per giorni della settimana

In questo tipo di analisi le ore del giorno ed i giorni della settimana diventano i punti di riferimento e permettono di vedere quale forma assuma la distribuzione delle diverse variabili in corrispondenza a ciascuna ora del giorno o a ciascun giorno della settimana e verificare l'esistenza nelle serie di particolari andamenti legati a queste stratificazioni temporali.

L'esistenza di ciclicità giornaliere può essere ricondotta a due fattori distinti: da una parte a cause antropiche che determinano il ripetersi di situazioni analoghe d'inquinamento in corrispondenza di determinati orari giornalieri, come il traffico, dall'altra all'influenza di variabili meteorologiche dotate di periodicità giornaliera o infragiornaliera. Il primo fattore