

# Determinazione della concentrazione numerica di particelle aerodisperse in un sito urbano da traffico della città di Torino

Francesco Lollobrigida, Milena Sacco, Marilena Maringo, Marco Pace, Francesco Romeo, Carlo Bussi, Giacomo Castrogiovanni  
Arpa Piemonte, Via Pio VII, 9 - 10135 Torino, f.lollobrigida@arpa.piemonte.it

## RIASSUNTO

*Nel periodo 1 novembre 2006 - 30 settembre 2007 presso la stazione di monitoraggio di Via della Consolata a Torino è stata determinata la concentrazione numerica di particelle mediante un Optical Particle Counter che opera su 31 classi dimensionali nell'intervallo 0.25 - 32  $\mu\text{m}$ . L'andamento della concentrazione numerica di particelle del giorno tipo evidenzia differenze significative tra particolato fine e grossolano e, a parità di classe dimensionale, tra mesi caldi e mesi freddi. Il numero di particelle grossolane appare regolato principalmente da fenomeni di risollevarimento, più significativi nei mesi estivi in relazione alla maggiore ventilazione e alla bassa umidità. La concentrazione numerica di particelle presenta una buona correlazione con la concentrazione in massa di PM10, mentre è scarsamente correlata con quella di monossido di carbonio e di benzene. L'insieme dei dati indica che, anche in un sito da traffico come quello considerato, nell'intervallo dimensionale oggetto delle misure vi è un contributo significativo di particelle di origine secondaria, in particolare per diametri compresi tra 1 e 2.5  $\mu\text{m}$ .*

## INTRODUZIONE

Il particolato atmosferico è uno degli inquinanti di maggiore criticità nelle aree europee più antropizzate. Uno dei parametri fondamentali che caratterizza tale inquinante in relazione all'impatto sulla salute è costituito dalla dimensione delle particelle aerodisperse, da cui dipende il livello di penetrazione delle particelle stesse all'interno dell'apparato respiratorio. Da questo punto di vista il particolato atmosferico viene tipicamente classificato in tre intervalli dimensionali:

- particolato grossolano, con diametro compreso tra 2.5 e 10  $\mu\text{m}$ , di origine primaria (erosione dei suoli, ceneri volatili da processi industriali, aerosol marino, emissioni biogeniche, ecc.);
- particolato fine, con diametro compreso tra 0.1 e 2.5  $\mu\text{m}$ , con origine primaria (combustione) e secondaria (fenomeni di coagulazione e condensazione);
- particolato ultrafine, con diametro inferiore a 0.1  $\mu\text{m}$ , di origine primaria (combustione) e secondaria (fenomeni di nucleazione).

Una delle principali conseguenze dei complessi meccanismi di formazione e rimozione del particolato che danno origine alla classificazione riportata è che la distribuzione delle particelle aerodisperse rispetto al diametro aerodinamico varia significativamente a seconda della grandezza presa in considerazione (Salma et al. 2002).

Le misure di particolato in aria ambiente sono riferite di norma alla concentrazione in massa in quanto si tratta dell'indicatore utilizzato dalla legislazione europea per la definizione dei valori limite di qualità dell'aria. Negli ultimi anni è però fortemente cresciuto a livello scientifico l'interesse per la misura della concentrazione numerica. Una serie di recenti studi ha infatti evidenziato che anche tale parametro può avere rilevanza in termini di impatto sulla salute, tanto che il Regolamento (CE) 715/2007 ha previsto che venga definito uno standard emissivo per i veicoli in termini di numero di particelle entro l'entrata in vigore della norma Euro VI.

Come esposto precedentemente, la distribuzione della concentrazione numerica non è di norma correlata con quella relativa alla massa e deve essere quindi determinata in modo indipendente. Sotto questo profilo lo studio descritto nel seguito, che ha preso in considerazione la zona centrale della città di Torino, ha avuto come obiettivi principali:

- la determinazione della concentrazione numerica e della distribuzione dimensionale delle particelle aerodisperse su un periodo temporale rappresentativo della variabilità meteorologica stagionale;
- l'analisi della correlazione della concentrazione numerica con i principali parametri meteorologici e con gli altri parametri di qualità dell'aria ambiente.

## MATERIALI E METODI

Lo strumento utilizzato per lo studio è l'Environmental Dust Monitor 107 prodotto dalla Grimm Aerosol Technik. Lo strumento in questione, che è del tipo Optical Particle Counter (OPC), misura la concentrazione numerica su 31 classi dimensionali nell'intervallo 0.25 - 32  $\mu\text{m}$ , e quindi nel campo delle particelle fini e grossolane. Per alcune elaborazioni si è fatto riferimento a quattro classi dimensionali (0,25-0,5  $\mu\text{m}$ ; 0,5-1,0  $\mu\text{m}$ ; 1,0-2,5  $\mu\text{m}$ ; 2,5-8,5  $\mu\text{m}$ ) ottenute accorpando i dati relativi a più classi fornite dallo strumento. Tale ripartizione ha permesso, come esposto nel paragrafo successivo, di meglio evidenziare alcune caratteristiche del materiale particellare al variare della sua dimensione, in particolare per quanto riguarda gli andamenti stagionali del giorno tipo e la correlazione con l'intensità del vento.

Lo strumento di misura è stato posizionato presso la stazione di monitoraggio di Via della Consolata, collocata nella zona centrale della città di Torino, all'interno della ZTL ambientale. Il sito di misura è caratterizzato da flussi di traffico dell'ordine di 12.000 veicoli/giorno e, sulla base delle Direttive Europee in materia e della normativa che regola lo scambio di informazioni a livello europeo (Guidance on the annexes to decision 97/101/EC on exchange of information as revised by decision 2001/752/EC), è classificato come urbano da traffico .

Le misure sono state effettuate dal 1 novembre 2006 al 30 settembre 2007, per un totale di 334 giorni. Nello stesso periodo sono stati monitorati i principali parametri meteorologici e le concentrazioni in aria ambiente di PM10, monossido di carbonio, benzene e biossido di zolfo.

Le caratteristiche del sito ne fanno uno dei più critici della provincia di Torino per quanto riguarda il PM10. Nel periodo in cui è stato effettuato lo studio si sono verificati 130 superamenti del valore limite giornaliero ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), di cui il 90% nel periodo novembre-marzo, come è tipico del bacino padano in relazione alla elevata frequenza di condizioni di stabilità atmosferica.

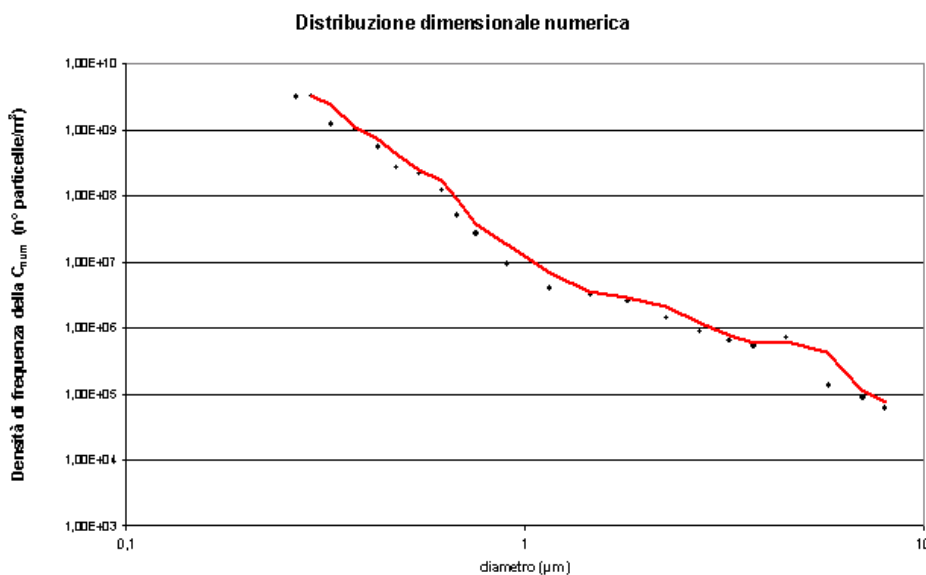
## RISULTATI

La concentrazione numerica media relativa all'intero periodo di campionamento è di  $4,9 \cdot 10^8$  particelle/ $\text{m}^3$ , valore che risulta confrontabile, tenuto conto dell'intervallo dimensionale di misura, con quelli rilevati in siti con caratteristiche analoghe nelle città di Milano (Beccaceci et al., 2007) e Roma (Marconi et al., 2007). L'insieme dei dati presenta un evidente andamento di tipo stagionale, con i massimi nella stagione fredda e i minimi in quella calda, come conseguenza, nel corso di quest'ultima, di una maggiore dinamicità atmosferica e del mancato contributo degli impianti di riscaldamento domestico.

La distribuzione del numero di particelle in funzione della loro dimensione (fig.1) evidenzia un massimo assoluto in corrispondenza della classe dimensionale 0,25-0,28  $\mu\text{m}$ , che rappresenta il limite inferiore dell'intervallo di misura dello strumento. In particolare, più del 99% delle particelle risulta avere un diametro compreso tra 0,25 e 1  $\mu\text{m}$ , sia in riferimento all'intero periodo di campionamento che su base mensile; il numero di particelle con dimensioni al di sopra di 8,5  $\mu\text{m}$  risulta sempre del tutto trascurabile, per cui tale valore è stato assunto come limite superiore in tutte le elaborazioni.

Per quanto riguarda l'andamento stagionale del giorno tipo, per tutte le quattro classi dimensionali accorpate le concentrazioni medie risultano più elevate nei mesi freddi, in accordo con la prevalenza in tale periodo di condizioni di stabilità atmosferica, ad eccezione delle particelle con diametro superiore a 2,5  $\mu\text{m}$  (fig.2). Tale apparente anomalia è spiegabile sulla base dell'effetto dei fenomeni di risospensione indotti dal vento che interessano di prevalenza le particelle di maggiori dimensioni.(fig. 3)

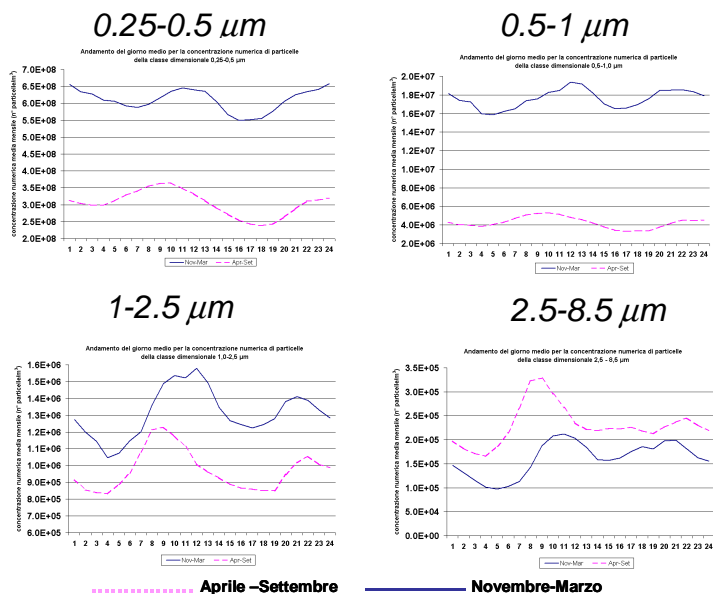
Figura 1 – Distribuzione dimensionale numerica



La distribuzione dimensionale è rappresentata come densità di frequenza della concentrazione numerica ( $\Delta C_{num}/\Delta \log(d)$ ). La linea che interpola i dati sperimentali è stata ottenuta come media mobile con periodo 2; entrambi gli assi del diagramma presentano scala logaritmica.

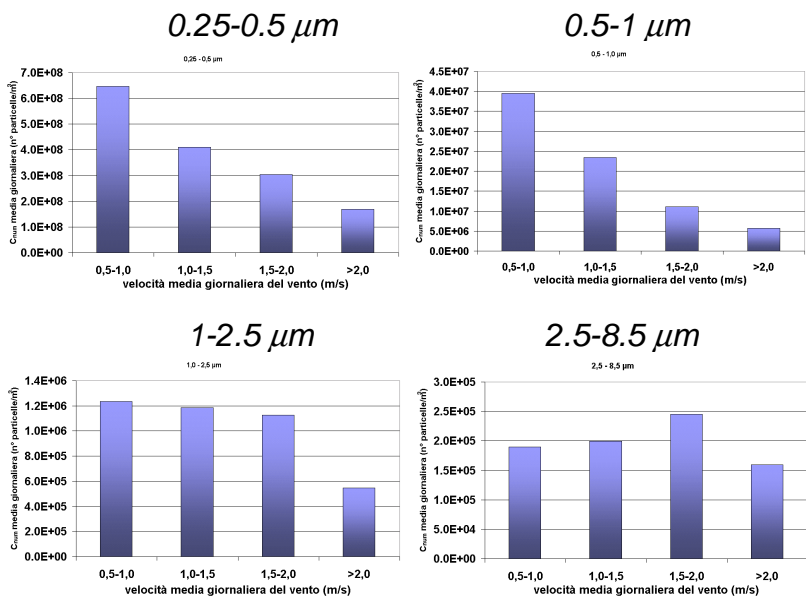
A differenza delle altre classi dimensionali, nel caso delle particelle con diametro superiore a 2,5  $\mu\text{m}$ , per velocità del vento medie giornaliere inferiori a 2 m/s (che corrispondono, nel sito considerato, a più del 90% delle giornate di un anno e che sono più frequenti nel periodo aprile-settembre che in quello novembre-marzo) la concentrazione aumenta con l'intensità del vento a causa del prevalere della erosione/risospensione sulla diluizione.

Figura 2 – Giorno tipo della concentrazione numerica



Andamento del giorno tipo della concentrazione numerica di particelle di ciascuna delle quattro classi dimensionali accorpate nel periodo novembre 2006 – marzo 2007 ( linea blu a tratto intero ) e aprile 2007 – settembre 2007 (linea viola tratteggiata ).

Figura 3 –Concentrazione numerica in funzione della velocità del vento



Concentrazione numerica in funzione delle classi di velocità del vento. Per ognuna delle quattro classi dimensionali accorpate il valore corrispondente a un determinato intervallo di velocità del vento è stato ottenuto come media delle concentrazioni rilevate nelle giornate in cui l'intensità del vento ricade nell'intervallo considerato

Per particelle submicrometriche prevale nettamente l'effetto di diluizione, mentre per le particelle di dimensioni intermedie (classe accorpata 1 -2,5 µm) diluizione e risospensione hanno un effetto comparabile. Solo venti estremamente intensi (vale a dire con intensità maggiore di 2 m/s come media giornaliera), statisticamente poco frequenti nel sito considerato, producono una riduzione generalizzata della concentrazione numerica di tutte le classi.

Tale interpretazione è confermata dall'analisi di dettaglio della serie temporale di dati, che mostra un aumento anche di un ordine di grandezza del rapporto tra le concentrazioni delle classi dimensionali 2,5-8,5 µm e 0,25-0,5 µm in corrispondenza di giornate con venti di intensità medio-alta.

La correlazione tra le concentrazioni numeriche e gli altri parametri di qualità dell'aria fornisce una serie di informazioni utili a completare il quadro sull'origine delle particelle delle quattro classi accorpate (tab 1)

Tabella 1 – Coefficienti di correlazione delle medie giornaliere – intero periodo di monitoraggio

Inquinante	< 0.5 µm	0.5- 1 µm	1 - 2.5 µm	2.5 -8.5 µm	Totale
PM10	0.81	0.86	0.54	0.02	0.84
CO	0.62	0.50	0.17	-0.10	0.62
Benzene	0.55	0.53	0.08	-0.27	0.56

Si osserva che la debole correlazione della concentrazione numerica totale di particelle con gli inquinanti di origine primaria è attribuibile esclusivamente alle particelle submicrometriche; le particelle con dimensioni superiori a 2.5 µm non mostrano alcuna correlazione né con gli inquinanti primari né con la concentrazione di particolato in massa, a ulteriore conferma di un'origine da erosione/risospensione. Le particelle di dimensioni intermedie (1 - 2.5 µm) non mostrano alcuna correlazione con gli inquinanti primari e una debole correlazione con la concentrazione in massa.

## CONCLUSIONI

La concentrazione numerica media di particelle aerodisperse rilevata nel sito di Via della Consolata risulta confrontabile, tenuto conto dell'intervallo dimensionale di misura, con i valori misurati in altre città italiane, e mostra un andamento stagionale analogo a quello della concentrazione in massa, con massimi invernali e minimi estivi. L'insieme dei dati disponibili fornisce una serie di indicazioni sull'origine delle varie classi di particelle, riassumibili come segue:

- le particelle con dimensioni tra 0.25 e 1 µm hanno origine sia da emissioni primarie che da processi secondari, con un contributo presumibilmente maggiore di questi ultimi;
- le particelle con dimensioni tra 1 e 2.5 µm hanno origine principalmente da processi secondari; vi è inoltre un contributo non trascurabile legato alla risospensione delle particelle depositate al suolo;
- le particelle con dimensioni maggiori di 2.5 µm hanno prevalentemente origine da fenomeni di risospensione.

La componente secondaria, anche in un sito da traffico come quello esaminato, risulta nel complesso assai significativa, a conferma della necessità che le azioni di risanamento non siano episodiche ma strutturali nello spazio e nel tempo, in modo da contrastare i processi di formazione secondaria del particolato atmosferico alle stesse scale a cui si verificano.

## Bibliografia

- Beccaceci, S., Gianelle, V., Mognaschi, G., e Vecchi, *A study on atmospheric aerosol particles size distribution in several sites in Lombardia Region by an Optical Particle Counter*, 2008, in Chemical Engineering Transaction – Proceedings of Advanced Atmospheric Aerosol Symposium, curatore E. Ranzi, 10, 197-202, AIDIC, Milano.
- Marconi, A., Cattani, G., Cusano, M., Ferdinandi, M., Inglessis, M., Viviano, G., e Settimo, G., *Two-years of fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy*, 2007, Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 70, 213-221.
- Salma I., Dal Maso, M., Kulmala, M., e Záray, G, *Modal characteristics of particulate matter in urban atmospheric aerosols*, 2002, Microchemical Journal, 73, 19-26.