

# COME CAMBIA IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

DAGLI ANNI 60 A OGGI SONO CAMBIATE LE MISURE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI IN ITALIA. LE CONOSCENZE RELATIVE AGLI IMPATTI SULLA SALUTE HANNO PORTATO L'ATTENZIONE SULLE PARTICELLE PIÙ PICCOLE E SUI FENOMENI FISICO-CHIMICI DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO. IL CONTRIBUTO DEL PROGETTO SUPERSITO.

Nel secolo breve, agli albori delle misure di inquinanti atmosferici nelle città italiane, cioè negli anni 60-70, le attenzioni erano totalmente dedicate alle misure del particolato totale sospeso (Pts), vale a dire la totalità delle particelle presenti in atmosfera, senza alcuna selezione delle frazioni dimensionali. L'interesse si è spostato soltanto nell'ultima decade, sollecitato dalle crescenti valutazioni epidemiologiche di impatti sulla salute, verso la frazione inferiore ai 10  $\mu\text{m}$  di diametro aerodinamico ( $\text{PM}_{10}$ ), al punto che il monitoraggio di questa tipologia di aerosol è stato inserito esplicitamente nelle normative europee (direttiva 96/62/CE). Il nuovo millennio è poi iniziato con la consapevolezza che, oltre a quanto visto precedentemente, era necessario monitorare anche aerosol di dimensioni minori. Già negli anni precedenti, infatti, la letteratura scientifica aveva dimostrato ampio interesse – dai diversi punti di vista – su come gli inquinanti si distribuissero nelle varie frazioni dimensionali. Inoltre, le sempre maggiori conoscenze relative all'esposizione al

materiale particolato da tempo avevano confermato la tesi che la penetrazione delle particelle atmosferiche nel corpo umano dalle vie respiratorie fino ai polmoni era tanto maggiore quanto minori erano le loro dimensioni (Chow, 1995). Per tali motivi si è aggiunto, nelle normative in uscita nei primi anni dopo il 2000, oltre agli inquinanti già considerati nella legislazione europea degli anni precedenti, anche il particolato inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$  di diametro aerodinamico ( $\text{PM}_{2,5}$ ) (direttiva 2008/50/CE). Oltre a queste ultime, nello stesso periodo e sebbene non fossero state inserite espressamente nel diritto della qualità dell'aria, si sono iniziate a considerare e studiare anche le particelle di dimensioni ulteriormente più piccole, quelle che sono in grado di penetrare profondamente fino agli alveoli: le  $\text{PM}_1$ , le  $\text{PM}$  inferiori a 100 nm ( $\text{PM}_{0,1}$ ), fino ad arrivare alle particelle di dimensione nanometrica, di poco maggiori alle dimensioni delle molecole dei gas/vapori da cui possono derivare per trasformazione di fase. Con tale condizione, proveniente dunque sia dalle nuove richieste dei regolamenti

comunitari sia dagli articoli assiduamente pubblicati dalla letteratura scientifica internazionale, diversi sono stati gli studi che si sono intrapresi nei vari enti e istituzioni italiane al fine di migliorare la scarsa conoscenza di tali tematiche nel nostro paese.

Comprendere e approfondire gli aspetti ambientali, fisici, chimici, biotossicologici, epidemiologici, sanitari sono stati, e sono ancora oggi, i forti motori di progettualità che hanno spinto in questa direzione tante organizzazioni: accademiche, di ricerca, addette al controllo e al monitoraggio ambientale e sanitario, associazionistiche di diversa natura, a lavorare con lo scopo di acquisire informazioni utili e renderle pubbliche, per supportare gli amministratori dei territori e i cittadini nelle scelte di governo e di comportamento su tali temi (Fuzzi et al., 2015).

Parlare tuttavia, in modo non differenziato, di materiale particolato ai sensi della legislazione e di particelle nanometriche inferiori a 100 nm è certamente un azzardo, viste le grandi



FOTO: NICOLA - FLECKR, CC

differenze che ci sono nelle due tipologie di aerosol considerate.

È necessario dunque precisare che, quando si parla di  $PM_{2,5}$  ai sensi delle richieste normative, si parla solitamente della sua concentrazione in massa per unità di volume di aria e l'unità di misura normalmente utilizzata è:  $\mu g/m^3$ .

Per quanto riguarda invece le particelle molto piccole, fino alla dimensione di 100 nm e, in alcuni casi più generali fino all'aerosol sub-micrometrico ( $PM_1$ ), ciò che si usa misurare è il numero di particelle per volume di aria e non più la massa. Nei più piccoli range dimensionali, infatti, la concentrazione in massa diventa trascurabile mentre diventa rilevante la concentrazione in termini di numero (Seinfeld and Pandis, 2006). Dunque per queste ultime l'unità di misura normalmente utilizzata è:  $npc/m^3$ . L'aerosol atmosferico inferiore a 1  $\mu m$  di diametro si ripartisce generalmente in tre intervalli dimensionali (distribuzione trimodale) che vengono definiti come: range di nucleazione (~3-25 nm), range dei nuclei di Aitken (~25-90 nm), range di accumulazione (~90-1000 nm). In questi intervalli accadono i principali fenomeni fisico-chimici responsabili di quasi tutti i processi di formazione e trasformazione del particolato atmosferico in atmosfera.

Nell'intervallo di nucleazione le particelle si sono solitamente appena formate, a causa della reazione gas-particella che prevede la transizione di fase proprio attorno a 1-2 nm. Nell'intervallo dei nuclei di Aitken le particelle possono subire fenomeni di crescita e di trasformazione o di aggregazione con particelle pre-esistenti. Nel range sopra i 90 nm le particelle subiscono ulteriori fenomeni di crescita, di condensazione e di coagulazione raggiungendo dimensioni tali che diventa importante il loro contributo in termine di concentrazione in massa (Kulmala et al., 2008, Seinfeld and Pandis, 2006). Tutti e tre i range dimensionali discussi possono essere popolati anche da particolato – definito “primario” – emesso direttamente dalle varie sorgenti (Morawska et al., 2008).

Al fine di aumentare la conoscenza di tali fenomeni e per comprendere al meglio le connessioni con l'impatto sulla salute, un progetto importante, definito Supersito, è stato sviluppato e realizzato con l'approvazione e il finanziamento della Regione Emilia-Romagna e dell'Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia (Arpae).

Tale progetto ha visto il campionamento

di particolato atmosferico organizzato su quattro stazioni di monitoraggio: area urbana di Bologna, area rurale di San Pietro Capofume (BO), area urbana di Parma, area urbana di Rimini. I dati ottenuti sono poi stati integrati con quelli provenienti dall'esistente stazione remota di monte Cimone, nel punto più alto dell'Appennino settentrionale. L'obiettivo generale del progetto è stato proprio quello di migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali e sanitari del particolato fine e ultrafine, nelle sue componenti primarie e/o secondarie, presente in atmosfera. A tal fine si sono effettuati approfondimenti relativi alla formazione



FOTO: ARCH. ARPAE EMILIA-ROMAGNA

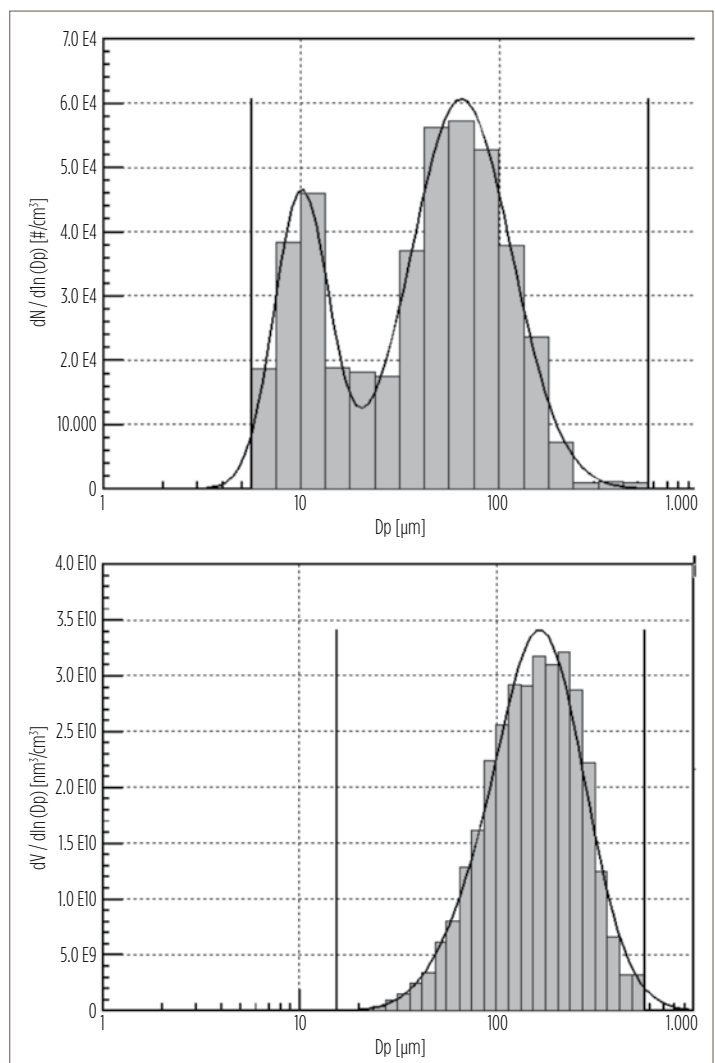


FIG. 1  
DISTRIBUZIONI  
DIMENSIONALI

Esempi di distribuzioni dimensionali di particelle. In alto, rispetto al numero; in basso rispetto al volume.

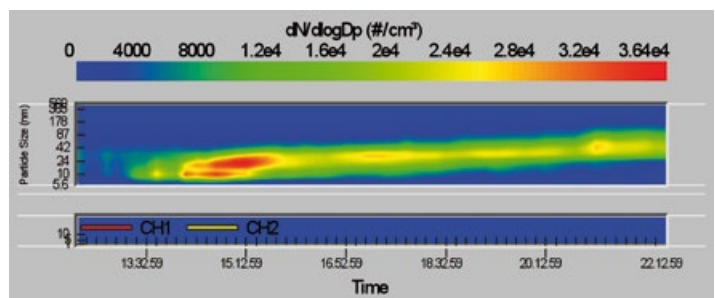


FIG. 2  
NUCLEAZIONE

Esempio di distribuzione dimensionale di particelle osservata durante un evento di nucleazione in una zona remota.



e la composizione degli inquinanti secondari, all'identificazione dei legami tra la composizione del particolato presente in aria e le fonti di emissione (Pietrogrande et al., 2014a; Pietrogrande et al. 2014b; Pietrogrande et al., 2015; Pietrogrande et al., 2016; Sandrini et al., 2016; Ricciardelli et al., 2017). Si sono realizzate valutazioni degli effetti tossicologici dei campioni di particolato raccolto al fine di incrementare le conoscenze degli aspetti infiammatori e di un complessivo *risk assessment*, e valutazioni – attraverso studi epidemiologici – degli effetti a breve e lungo termine dell'esposizione a inquinamento atmosferico della popolazione (Bocchi et al., 2016). Infine, importanti informazioni sono emerse circa le distribuzioni spaziali e i rapporti *indoor/outdoor* (Zauli Sajani et al., 2015; Zauli Sajani et al., 2016).

Da tale studio, così come da altri ormai pubblicati, emerge chiaramente l'importanza di identificare e quantificare il contributo delle diverse fonti di emissione – traffico veicolare, combustione della legna, attività in agricoltura, attività industriali, trasporti da lunghe distanze – per attribuire alle diverse sorgenti la responsabilità della formazione dell'aerosol atmosferico, responsabilità che potrebbe diversificarsi da zona a zona. Fondamentale risulta anche la comprensione delle variabili fisiche dell'atmosfera – non disgiunte ovviamente a quelle chimiche e meteorologiche – per delineare al meglio il loro ruolo nel contributo alla formazione degli inquinanti secondari. Molti di tali processi non sono comunque, ancora oggi, completamente compresi. Ad esempio, non è affatto chiaro quali siano le variabili che portano all'origine dei numerosi fenomeni di nucleazione che vengono osservati nella pianura Padana orientale.

Ulteriori ricerche, quali gli studi sull'impatto sanitario delle particelle suddivise per intervalli, sono certamente necessarie, vista la loro attuale scarsa numerosità nella letteratura internazionale. Per lo stesso motivo, anche il tema del legame tra esposizione personale e la presenza di aerosol in *outdoor* e/o nelle varie tipologie di *indoor*, è un altro dei temi che sicuramente dovrà essere oggetto di approfondimenti.

**Vanes Poluzzi, Isabella Ricciardelli**

Arpa Emilia-Romagna



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bocchi C., Bazzini C., Fontana F., Pinto G., Martino A., Cassoni F., 2016, "Characterization of urban aerosol: seasonal variation of mutagenicity and genotoxicity of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub> and semi-volatile organic compounds", *Mutation Research*, 809, 16-23.
- Chow J., 1995, "Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles", *Air and waste management associations*, 45, 320-382.
- Fuzzi S., Baltensperger U., Carslaw K., Decesari S., Denier van der Gon H., Facchini M. C., Fowler D., Koren I., Langford B., Lohmann U., Nemitz E., Pandis S., Riipinen I., Rudich Y., Schaap M., Slowik, J., Spracklen D. V., Vignati E., Wild M., Williams M., Gilardoni S., 2015, "Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 8217-8299.
- Kulmala M., Kerminen V.-M., 2008, "On the formation and growth of atmospheric nanoparticles", *Atmospheric Research*, 90, 132-150.
- Morawska L., Ristovski Z., Jayaratne E.R., Keogh D.U., Ling X., 2008, "Ambient nano and ultrafine particles from motor vehicle emissions: Characteristics, ambient processing and implications on human exposure", *Atmospheric Environment*, 42, 8113-8138.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Visentin M., Ferrari S., Poluzzi V., 2014, "Polar organic marker compounds in atmospheric aerosol in the Po Valley during the Supersito campaigns - Part 1: Low molecular weight carboxylic acids in cold seasons", *Atmospheric Environment*, 86, 164-175.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Visentin M., Ferrari S., Casali P., 2015, "Polar organic marker compounds in atmospheric aerosol in the Po Valley during the Supersito campaigns - Part 2: Seasonal variations of sugars", *Atmospheric Environment*, 97, 215-225.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Ferrari S., Kaipainen J., Ricciardelli I., Riekkola M.L., Trentini A., Marco V., 2015, "Characterization of atmospheric aerosols in the Po valley during the supersito campaigns - Part 3: Contribution of wood combustion to wintertime atmospheric aerosols in Emilia Romagna region (Northern Italy)", *Atmospheric Environment*, 122, 291-305.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Ferrari S., Ricciardelli I., Scotto F., Trentini A., Visentin M., 2016, "Characteristics and major sources of carbonaceous aerosols in PM<sub>2.5</sub> in Emilia-Romagna Region (Northern Italy) from four-year observations", *Science of the Total Environment*, 553, 172-183.
- Ricciardelli I., Bacco D., Rinaldi M., Bonafé G., Scotto F., Trentini A., Bertacci G., Ugolini P., Zigola C., Rovere F., Maccone C., Pironi, C., Poluzzi V., "A three-year investigation of daily PM<sub>2.5</sub> main chemical components in four sites: the routine measurement program of the Supersito Project (Po Valley, Italy)", *Atmospheric Environment*, 152 (2017), 418-430.
- Sandrini S., van Pinxteren D., Giulianelli L., Herrmann H., Poulain L., Facchini M.C., Gilardoni S., Rinaldi M., Paglione M., Turpin B. J., Pollini F., Zanca N., Decesari S., 2016, "Size-resolved aerosol composition at an urban and a rural site in the Po Valley in summertime: implications for secondary aerosol formation", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 10879-10897.
- Seinfeld J.H., Pandis S.N., 2006, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, 2006.
- Zauli Sajani S., Ricciardelli I., Trentini A., Bacco D., Maccone C., Castellazzi S., Lauriola P., Poluzzi V., Harrison R.M., 2015, "Spatial and indoor/outdoor gradients in urban concentrations of ultrafine particles and PM<sub>2.5</sub> mass and chemical components", *Atmospheric Environment*, 103, 307-320.
- Zauli Sajani S., Trentini A., Rovelli S., Ricciardelli I., Marchesi S., Maccone C., Bacco D., Ferrari S., Scotto F., Zigola C., Cattaneo A., Cavallo D.M., Lauriola P., Poluzzi V., Harrison R.M., 2016, "Is particulate air pollution at the front door a good proxy of residential exposure?", *Environmental Pollution*, 2013, 347-358.