

Il monitoraggio ambientale di aerosol

L'aerosol atmosferico è un sistema complesso, caratterizzato da particelle di differenti dimensioni, soggette a processi dinamici. La normativa riferita al controllo della qualità dell'aria prevede il monitoraggio dell'aerosol di maggiori dimensioni (PM_{10} e $PM_{2.5}$). L'attività di Arpa Emilia-Romagna, con i progetti e gli studi condotti negli ultimi anni, ha evidenziato l'importanza di effettuare anche il controllo del particolato ultrafine.

22

Come è noto, l'aerosol atmosferico (definito anche: materiale particolato o PM) è l'insieme di particelle e goccioline aerodisperse presenti nell'aria. Può essere naturale o antropico, in entrambi i casi viene definito come:

- aerosol primario, emesso direttamente in atmosfera
- aerosol secondario, formato in atmosfera a partire da gas precursori che reagiscono chimicamente generando inizialmente particelle di dimensione di alcuni nanometri (nanoparticelle).

Le principali sorgenti antropiche di PM primario e secondario sono: il traffico veicolare, la produzione di energia, i processi dell'industria che avvengono ad alta temperatura, la combustione di biomasse e rifiuti, il riscaldamento, la cottura cibo e più in generale tutti i processi nei quali è presente una combustione.

La figura 1 rappresenta la classificazione delle particelle presenti nell'aerosol, suddivise per diametro. Le definizioni, riportate nella parte in alto della figura, mostrano come le particelle

ultrafini (d'ora in poi chiamate UFP), sono quelle il cui diametro arriva fino a $0,1\mu m$ (100 nm). Il termine "nanoparticelle" viene utilizzato da alcuni autori con lo stesso significato di UFP; altri invece lo adottano per definire le particelle il cui diametro è inferiore a 50 nm .

Le frazioni di diametro superiore, fino a $2,5\mu m$, sono definite come "fine", e tra i $2,5$ e i $10\mu m$ come "coarse".

È importante notare che, numericamente (si veda la metà superiore di figura 1), quasi tutte le UFP, si vengono a trovare negli intervalli riferiti alla nucleazione e ai nuclei di Aitken. Le nanoparticelle si formano infatti attraverso processi di nucleazione (da alcuni nm fino a $80-90\text{ nm}$) a partire da precursori gassosi emessi in atmosfera e, in seguito, crescono ulteriormente in dimensioni mediante coagulazione, condensazione e accumulazione. Tuttavia, è importante ricordare che, a oggi, la normativa riferita al controllo della qualità dell'aria, prevede il monitoraggio delle concentrazioni in massa solo di PM_{10} e $PM_{2.5}$.

L'attività di Arpa Emilia-Romagna si è quindi concentrata nella ricerca di PM_{10} e ultimamente anche di $PM_{2.5}$. Con il progetto POLVERE¹, ha poi esteso gli studi sull'aerosol fino alla dimensione di $0,49\mu m$.

Risultati ottenuti dall'attività di Arpa hanno evidenziato le difficoltà del rispetto normativo del valore medio annuale di PM_{10} (richiesto dal Dm 60/02) di $40\mu g/m^3$ e del numero di superamenti quotidiani che eccedono il massimo consentito di 35 giorni per anno, fino, per alcune città, ad arrivare a oltre 100 giornate con valore maggiore del limite (figura 2). Anche per $PM_{2.5}$ i valori sono ragguardevoli, soprattutto se confrontati con il limite di $25\mu g/m^3$ (media annuale) proposto dall'attuale bozza di normativa comunitaria su tale frazione (figura 3).

tutto se confrontati con il limite di $25\mu g/m^3$ (media annuale) proposto dall'attuale bozza di normativa comunitaria su tale frazione (figura 3).

Dal progetto POLVERE si sono poi dedotte interessanti informazioni relative al dimensionamento e alla composizione dell'aerosol presente nell'atmosfera di Bologna, tra le quali:

- oltre il 40 % della massa di particolato è inferiore a $0,49\mu m$ di diametro aerodinamico
- quasi tutti gli Ipa presenti nel particolato si trovano nella frazione inferiore a $1,5\mu m$
- relativamente agli anioni, i nitrati risultano dominanti nel

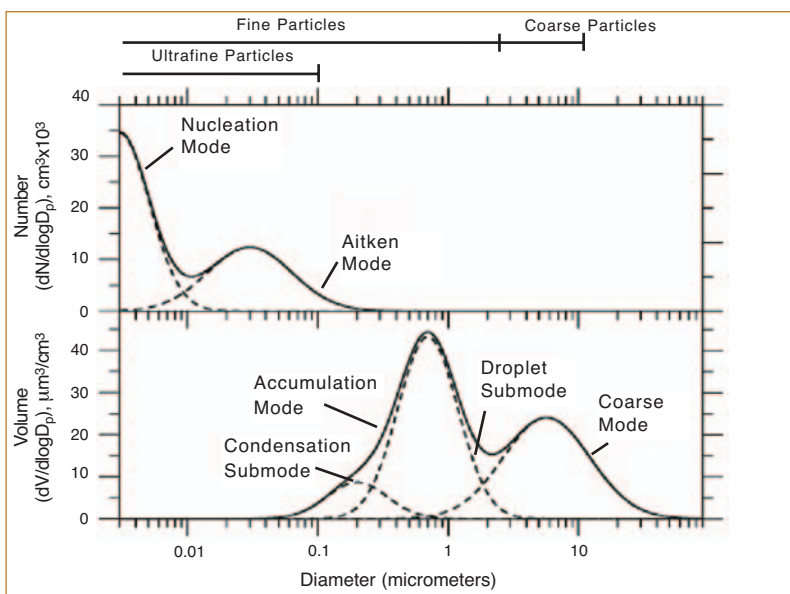


Fig. 1 Caratterizzazione dimensionale delle particelle

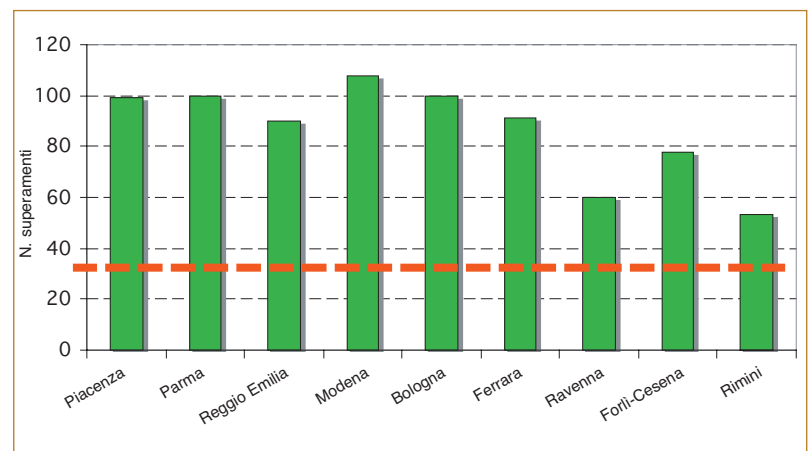


Fig. 2 Numero superamenti di PM_{10} nelle 9 città dell'Emilia-Romagna, anno 2005

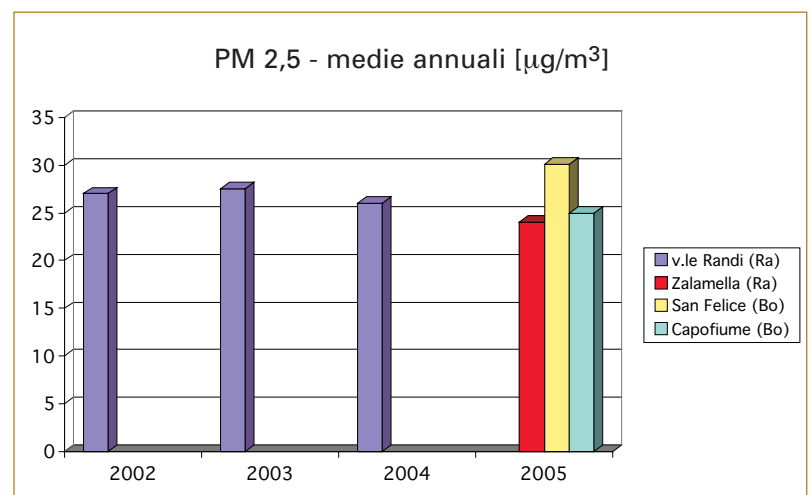


Fig. 3 Valori di $PM_{2.5}$ in tre postazioni urbane: San Felice (Bo), V.le Randi (Ra), Zalamella (Ra) e una postazione rurale: San Pietro Capofiume (Bo)

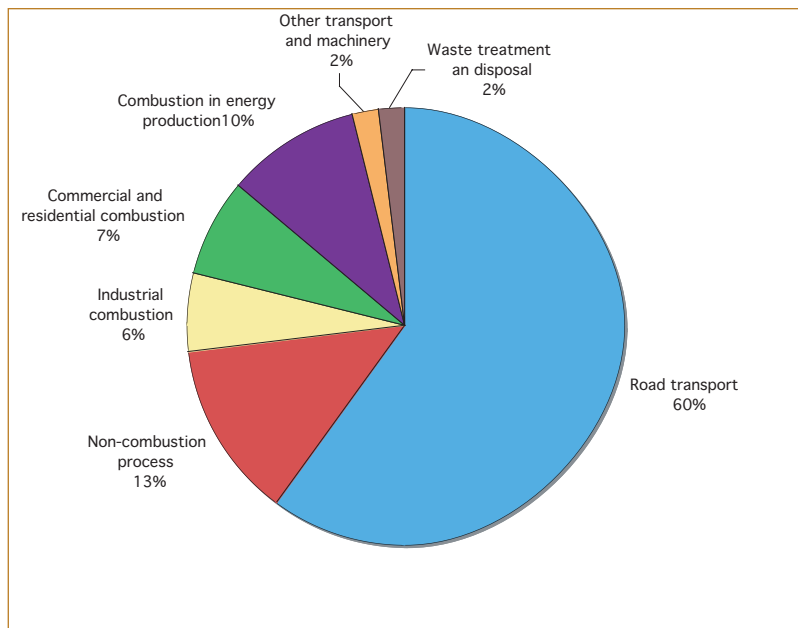


Fig. 4 Distribuzione delle fonti di emissione di particelle ultrafini (PM 0,1) in UK nel 1999

periodo invernale, mentre durante il periodo estivo le specie principali sono i solfati.

Dall'analisi della letteratura scientifica si evidenzia l'importanza d'implementare gli studi e il monitoraggio dell'aerosol più fine fino ad arrivare alle UFP. La pericolosità e l'impatto delle UFP sulla salute dei cittadini sembra infatti essere legata alla loro concentrazione numerica nell'aria e non, come accade per le particelle di diametro superiore, alla loro massa totale; stime rilevano che oltre l'80% del numero totale delle particelle presenti in atmosfera sono costituite da UFP^{2,3}.

Oltre alle specie chimiche che le compongono, che possono essere più o meno nocive, le dimensioni aerodinamiche di tali particelle sono la causa della elevata pericolosità per la salute; il particolato ultrafine infatti è in grado di penetrare lungo le vie respiratorie e di depositarsi negli alveoli polmonari, accedendo, quindi, al sangue e di conseguenza agli organi esterni anche all'apparato respiratorio.

Le particelle ultrafini possono inoltre influenzare il clima in dipendenza della loro concentrazione, composizione, morfologia, proprietà ottiche e altro. Sono in grado di ridurre la radiazione solare sulla superficie terrestre, raffreddando il suolo e possono agire da nuclei di condensazione portando alla formazione di nubi.

La ricerca bibliografica ha messo in evidenza come le nanoparticelle da nucleazione dominano la concentrazione numerica sia nelle sorgenti stazionarie che in quelle mobili; il trasporto su strada risulta essere il maggior emettitore di UFP e in particolare i motori diesel^{4,5}. Nelle figure 4 e 5 sono classificate le fonti di emissione di UFP rispettivamente di uno studio inglese⁶ e uno californiano⁷.

Come si può vedere, in entrambi i casi di studio, la maggiore emissione di UFP sembra provenire dal trasporto su strada.

È interessante notare come spesso si verifichi, per tutte le tipologie di emissione, una scomparsa di nanoparticelle quando sono presenti contemporaneamente alte concentrazioni di particelle di dimensioni più grandi. Le emissioni di UFP possono infatti incrementare dopo la rimozione delle frazioni maggiori, che solitamente servono quali superficie di condensazione.

I motori diesel, ad esempio, con gli ultimi standard di legge per la diminuzione delle emissioni, riducono le emissioni in massa totale delle particelle, ma ciò implica che la loro concentrazione numerica possa incrementare vista la minor disponibilità di superficie di condensazione⁴.

Recenti studi al Caldecott tunnel (California) hanno dimostrato che, mentre la massa di PM_{2,5}

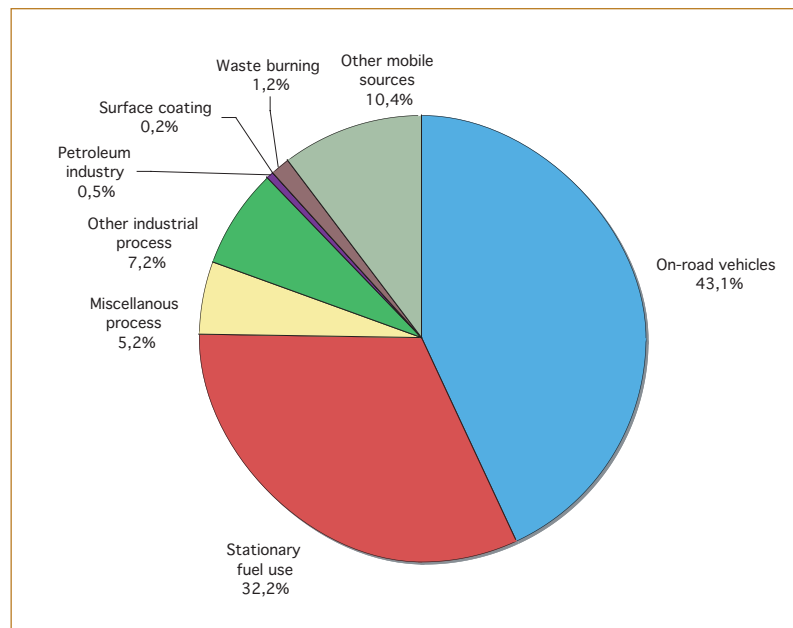


Fig. 5 Distribuzione delle fonti di emissione di particelle ultrafini (PM 0,1) nel bacino della costa sud della California. Emissioni totali stimate 13 ton/giorno

emessa da *Heavy Duty Vehicles* e *Light Duty Vehicles* è decresciuta di valori rispettivamente di: 60% (HDV) e 37% (LDV) nei 7 anni precedenti, il numero di particelle emesse è incrementato rispettivamente di un fattore 1,3 (HDV) e 5,4 (LDV)⁸.

Per questo motivo la concentrazione numerica delle polveri ultrafini e la massa di PM_{2,5} non sembrano essere necessariamente correlate: la massa di PM_{2,5} potrebbe non essere quindi un surrogato consistente per studiare gli effetti nocivi sulla salute dei cittadini⁴.

Attualmente lo studio e l'analisi delle UFP è realizzato per mezzo di alcune tecniche di misura. Il più semplice, il *contatore di particelle a condensazione*, è in grado di analizzare numericamente le par-

ticelle aumentando le loro dimensioni e fornendo indicazioni sul loro numero totale.

Maggiori informazioni possono venire dall'utilizzo di *classificatori elettrostatici* che sfruttano la mobilità elettrica delle particelle (una volta caricate) e le discriminano in funzione della dimensione.

Gli *analizzatori a mobilità differenziale*, infine, uniscono le capacità dei due strumenti sopra descritti, permettendo di distinguere le particelle in base al loro diametro aerodinamico e di definire la concentrazione numerica delle stesse nei singoli intervalli dimensionali.

Vanes Poluzzi
Isabella Ricciardelli
Claudio Maccone
Arpa Emilia-Romagna

BIBLIOGRAFIA

- 1 www.arpa.emr.it
- 2 Yifang Zhu et al., *Aerosol Science and Technology*, 38 (SI) : 5-13, 2004
- 3 Morawska, L et al., (1998). *Submicrometer and Supermicrometer Particles from Diesel Vehicle Emissions*, Environ. Sci. Technol. 32:2033-2042
- 4 Biswas P, Wu C. *Nanoparticle and the environment* ISSN 1047 - 3289 J. Air & Waste Manage. Assoc. 55:708-746
- 5 Kittleson, D.B. *Engines and nanoparticles: A review*; J. Aero. Sci. 1998, 29,575-588
- 6 Harrison R. M. et al., Phil. Trans. R. Soc. Lond. A (2000) 358, 2567 - 2580
- 7 Cass G. R. et al., Phil. Trans. R. Soc. Lond. A (2000) 358, 2581-2592
- 8 Geller, M.D., Sardar, S., Fine, P.M. and Siontas, C. *Measurements of Particle Number and Mass Concentrations and size distribution in a Tunnel Environment*. Geller M.D. et al., Environ. Sci. Technol. 2005, 39,8653-8663