

LE SPECIE CHIMICHE NEL PARTICOLATO IN ATMOSFERA

I REPORT PUBBLICATI SEMESTRALMENTE DA ARPAE RIASSUMONO BREVEMENTE MISURE NON CONVENZIONALI E FORNISCONO INDICAZIONI SULLA COMPOSIZIONE DEL $PM_{2,5}$, IN PARTICOLARE DEI SUOI PRINCIPALI COSTITUENTI. LE ANALISI DEI CAMPIONAMENTI EFFETTUATI DURANTE IL PERIODO DEL LOCKDOWN SONO ATTUALMENTE IN ELABORAZIONE.

Il particolato atmosferico che costituisce il PM_{10} e il $PM_{2,5}$ è ampiamente studiato ed è campionato quotidianamente in tutto il mondo. La relativa semplicità con cui le concentrazioni di polveri in atmosfera possono essere misurate dagli strumenti di campionamento consente una misura affidabile nei luoghi a maggior densità abitativa, a livello globale. Ma queste polveri, da cosa sono costituite? Quale è la loro composizione chimica? Questa composizione chimica varia nel tempo e nello spazio? Influisce sulla pericolosità per salute e ambiente? La conoscenza del comportamento dei composti chimici può aiutare a identificare la sorgente che li ha generati (traffico, industria, risolleamento crostale, trasformazione in atmosfera ecc.)?

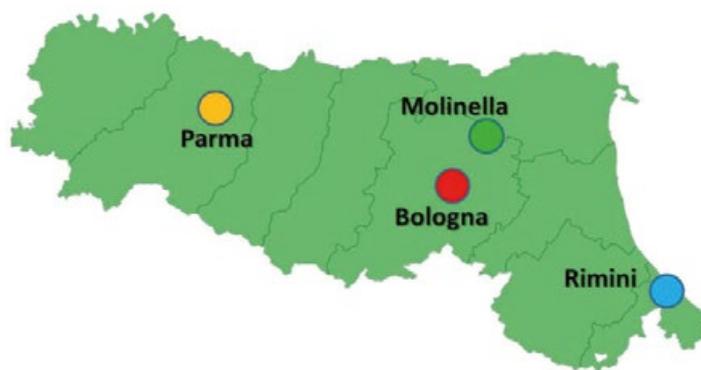
La conoscenza delle proprietà degli inquinanti atmosferici e dei loro impatti sull'ambiente e sulla salute è uno dei compiti fondamentali dell'Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia dell'Emilia-Romagna (Arpae). Negli ultimi anni, nella regione Emilia-Romagna è aumentato l'interesse a studiare nel dettaglio la frazione delle polveri in aria le cui particelle hanno diametro inferiore a $2,5 \mu m$ ($PM_{2,5}$), con l'obiettivo di capire cosa compone quello che viene definito genericamente "particolato fine", di cui normalmente viene espressa giornalmente la concentrazione in massa.

Arpae, pertanto, a partire dal 2017 ha cominciato a pubblicare sul proprio sito web, semestralmente, il report denominato "Le specie chimiche nel particolato ($PM_{2,5}$) in atmosfera". Il documento riassume sinteticamente le misure non convenzionali, che non sono cioè strettamente richieste dalla normativa in vigore, ma che indicano da cosa è composto il particolato che conosciamo comunemente come $PM_{2,5}$. La pubblicazione del report è frutto della collaborazione di molti colleghi Arpae, un sistema di persone afferenti



FIG. 1
STAZIONI
DI MONITORAGGIO

Posizionamento delle quattro stazioni di monitoraggio nel territorio della regione Emilia-Romagna.



a diverse discipline, che comprende gli addetti alle operazioni in campo, i tecnici che esaminano la composizione degli inquinanti in laboratorio, colleghi che elaborano i dati provenienti dalle analisi e che redigono e pubblicano i report finali. Entrando nel merito, nel report vengono presentate le concentrazioni dei principali costituenti del $PM_{2,5}$, vale a dire: carbonio organico ed elementale, ammonio, nitrato e solfato. Viene inoltre rappresentata anche la concentrazione del levoglucosano, una specie che pur non avendo una grande importanza in termini di massa, è però molto interessante per

essere un tracciante della combustione della legna, consentendo quindi di caratterizzare questa specifica sorgente inquinante.

I dati utilizzati nelle analisi provengono da quattro stazioni di monitoraggio gestite da Arpae, posizionate in quattro località della regione (figura 1) che vogliono rappresentare le diverse tipicità territoriali: Bologna (via Gobetti) come fondo urbano rappresentativa dell'area centrale di Bologna, Parma (stazione di Cittadella) rappresentativa dell'area occidentale della regione e Rimini (stazione di Marecchia)

rappresentativa dell'area orientale/costiera. A queste tre si aggiunge Molinella (BO), indicativa del fondo rurale.

Le specie chimiche studiate

In breve, le sostanze che vengono presentate nei report sono:

- **carbonio organico (OC)**: con questo termine si intende la quantità di carbonio presente nel PM che concorre a formare le sostanze organiche. È l'insieme di composti primari, emessi direttamente sia da sorgenti antropiche che naturali, e di sostanze secondarie, cioè formatesi in atmosfera

- **carbonio elementale (EC)**: può essere definito come una sostanza contenente solo atomi di carbonio, non legati ad altri elementi (*soot*, fuliggine). È essenzialmente un inquinante primario, emesso cioè direttamente dalla sorgente tal quale, come conseguenza di una combustione incompleta

- **ammonio (NH₄⁺)**: è un inquinante secondario, che si genera quindi in atmosfera a seguito della trasformazione chimica di un inquinante primario gassoso, l'ammoniaca (NH₃), che deriva in massima parte dalle attività agricole e zootecniche

- **solfato (SO₄²⁻)**: generalmente diffuso omogeneamente nello spazio e nelle stagioni, è principalmente di provenienza extra-regionale. Questo inquinante può avere origine sia naturale che antropica. Tra le fonti naturali vi sono le eruzioni vulcaniche e il mare, mentre l'origine antropica deriva dalla combustione negli impianti domestici, nelle centrali termoelettriche o dal traffico veicolare

- **nitrato (NO₃⁻)**: è un inquinante secondario, prodotto in atmosfera dalla trasformazione degli ossidi di azoto (NO, NO₂, altro) che vengono emessi da sorgenti antropiche soprattutto legate a processi di combustione (ad esempio traffico, combustione di legna, riscaldamento domestico, industria). È tra i più importanti componenti secondari che caratterizzano il PM_{2,5} in inverno

- **levoglucosano**: deriva dalla combustione incompleta della cellulosa che costituisce la legna. L'interesse nei suoi confronti deriva dal fatto che viene emesso praticamente solo dalla combustione di questo elemento e dei suoi derivati, ne costituisce pertanto un tracciante esclusivo (detto anche *marker*). La combustione di legna produce inquinanti diversi, sia sotto forma di gas che di particolato, il levoglucosano è solo una delle sostanze emesse dalla legna: misurare questa specie non è quindi

FIG. 2
BOLOGNA GOBETTI

Andamento delle specie chimiche che compongono il PM_{2,5} nella stazione Bologna Gobetti, ottobre 2018-marzo 2019.

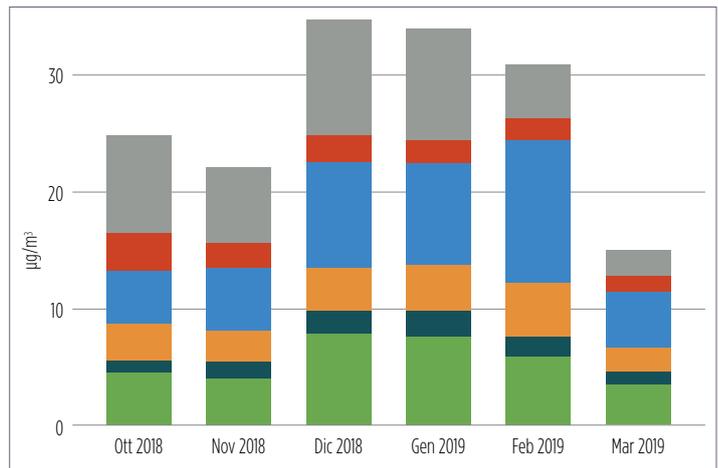
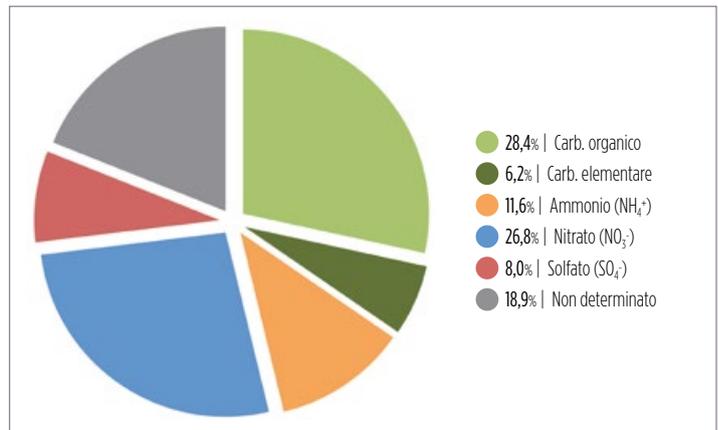


FIG. 3
RIMINI MARECCHIA

Percentuale delle specie che compongono il PM_{2,5} nella stazione Rimini Marecchia, ottobre 2018-marzo 2019.



sufficiente per quantificare il completo apporto che la sorgente di combustione di biomassa dà alla massa del particolato, ma permette di riconoscerne l'andamento nel tempo e nello spazio.

I risultati delle analisi

A scopo esemplificativo, sono riportati alcuni dei grafici relativi agli inquinanti misurati nelle quattro stazioni di monitoraggio: questi grafici derivano dal report del semestre invernale del periodo compreso fra il 1° ottobre 2018 e il 31 marzo 2019. Per approfondire si consiglia una lettura diretta del report pubblicato sul sito web di Arpa (bit.ly/ariaspecieinverno2019).

In *figura 2* sono visualizzati gli andamenti delle specie chimiche in analisi sul PM_{2,5} nella stazione di Bologna-via Gobetti. In ordinata si può osservare la concentrazione di PM_{2,5} e delle sue componenti. Spicca il nitrato nei mesi centrali, in quanto è un composto di origine secondaria con una forte stagionalità: la sua concentrazione è comunemente più alta nei periodi più rigidi, soprattutto se accompagnati da condizioni atmosferiche stagnanti. Nella *figura 3* sono invece riportate le

percentuali di inquinanti rilevati nel PM_{2,5} nella stazione di Rimini Marecchia. Oltre al nitrato, di cui si è detto poco sopra, anche la frazione organica ha un peso molto rilevante. Questa componente è un insieme di specie molto diverse che possono essere primarie o secondarie, antropogeniche o biogeniche.

La *figura 4* mostra l'andamento del carbonio elementale nella stazione di Parma Cittadella. Essendo il carbonio elementale, come detto, principalmente legato a processi di combustione, le concentrazioni sono massime quando le sorgenti di questo tipo crescono di importanza: in particolare in inverno la sorgente più importante è legata al riscaldamento domestico, che fa uso di combustibili fossili o biomasse. In quest'ultimo caso, sul particolato si può individuare la presenza del levoglucosano, che come si è detto viene prodotto esclusivamente dalla combustione di legna e derivati.

In *figura 5* si può notare come anche in un sito distante dai centri abitati, quale è la campagna di Molinella (BO), la sua concentrazione cresca durante il periodo più freddo.

Le alte temperature registrate a ottobre 2018, fino a 30 °C, hanno inciso sulla composizione del particolato in atmosfera

(PM_{2,5}), che infatti presenta una concentrazione di levoglucosano, carbonio elementale e ione nitrato molto bassa e di ione solfato molto alta. Questo è in linea con quanto registrato nei mesi estivi, anche in conseguenza del fatto che le tipiche fonti invernali erano ancora spente, come il riscaldamento: il levoglucosano infatti è uno dei principali *marker* della combustione da legna, che aumenta ovviamente con il freddo. Nei mesi centrali del semestre, che hanno presentato invece temperature più basse, il PM e alcune delle principali specie chimiche in esso presenti, come la frazione carboniosa e ione nitrato, hanno mostrato concentrazioni maggiori, in linea con il periodo più rigido.

Conclusioni

La redazione negli ultimi quattro anni dei report semestrali inerenti lo studio delle specie chimiche che caratterizzano il PM_{2,5} ha consentito in Arpa e nella regione Emilia-Romagna un aumento della conoscenza specifica della composizione del particolato, che integra la già nota concentrazione totale in aria. Per un maggiore approfondimento si rimanda alla lettura dei report sul sito web di Arpa (www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=4169&idlivello=2148). La composizione delle polveri può essere studiata anche in funzione delle condizioni meteorologiche che, come è noto, incidono in modo significativo sulla qualità dell'aria. Nel complesso questi approfondimenti possono fornire informazioni sia su come le attività umane influenzano la composizione chimica del particolato, sia su come cambia nel tempo il PM_{2,5}, di cui solitamente vengono considerate le

FIG. 4
PARMA CITTADELLA

Carbonio elementare nella stazione di Parma Cittadella, ottobre 2018-marzo 2019.

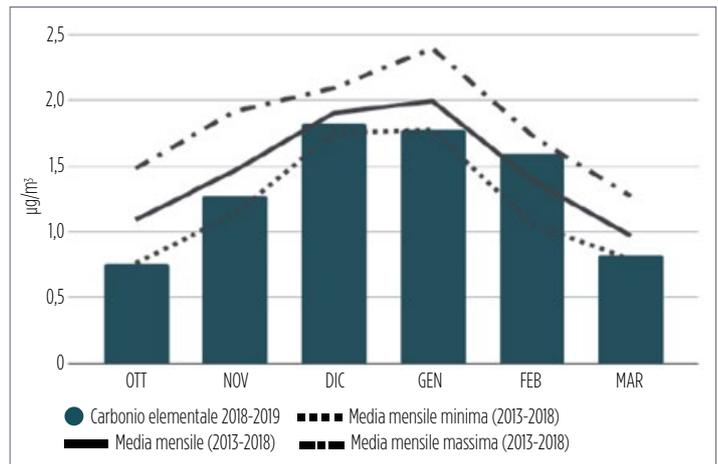
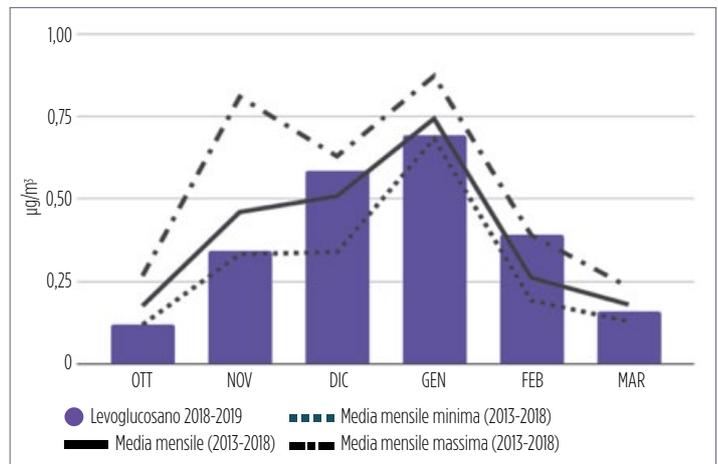


FIG. 5
MOLINELLA (BO)

Levoglucosano nella stazione di Molinella, ottobre 2018-marzo 2019.



variazioni in termini quantitativi e non anche qualitativi.

In conclusione si può aggiungere che nel periodo di *lockdown* dovuto al Covid-19, dopo una breve pausa dovuta alla riorganizzazione del personale, i campionamenti sono proseguiti grazie alla collaborazione di operatori di Arpa e del Cnr-Isac, e anzi è stato incrementato il numero di filtri su cui eseguire le analisi. La volontà è stata quella di condurre

approfondimenti aggiuntivi che possano, si spera, supportare la comunità scientifica regionale e nazionale a una maggiore comprensione della diffusione del virus. I dati e le analisi del periodo del *lockdown* sono attualmente in elaborazione e saranno oggetto di articoli prossimamente.

Vanes Poluzzi, Dimitri Bacco, Silvia Ferrari, Claudio Maccone, Fabiana Scotti, Arianna Trentini

Arpa Emilia-Romagna

