

## La protezione dell'edificio dall'inquinamento esterno

*Le nostre abitazioni ci proteggono dall'inquinamento outdoor? Come cambia nelle diverse stagioni la relazione tra le concentrazioni degli inquinanti al di qua e al di là delle finestre? Lo studio effettuato da Arpae evidenzia un effetto protettivo con significative differenze tra estate e inverno.*

Gli ultimi decenni hanno visto accumularsi prove sulla nocività degli inquinanti atmosferici. Tali prove derivano principalmente dagli studi che mettono in relazione le concentrazioni degli inquinanti misurati dalle centraline fisse con i dati sugli effetti sanitari. Ma quanto il dato misurato dalle centraline è rappresentativo dell'esposizione della popolazione? È infatti ben noto che nei paesi occidentali la popolazione trascorre più del 90% del tempo all'interno degli ambienti confinati (ambienti *indoor*) e questo aspetto è plausibile che renda l'esposizione delle persone sostanzialmente diversa, sia in senso qualitativo che quantitativo, rispetto alle misure effettuate tramite le centraline di monitoraggio.

Arpae, all'interno delle attività del progetto Supersito, ha voluto indagare proprio quanto la qualità dell'aria *indoor* delle nostre abitazioni fosse diversa dalla qualità dell'aria *outdoor*. Sono state quindi pianificate e condotte diverse campagne di misura volte, per esempio, a confrontare le concentrazioni *indoor* in aree trafficate e residenziali [1] o sul fronte e sul retro di edifici posti in prossimità di strade ad elevato traffico [2].

Una campagna di misure specifica, dei cui risultati si parlerà in questo articolo, è stata dedicata all'analisi delle differenze tra concentrazioni *indoor* e *outdoor* in estate e in inverno [3]. Un aspetto importante da evidenziare è che tutti gli ambienti *indoor* oggetto delle campagne di misura erano privi di sorgenti. L'obiettivo delle misure era infatti una valutazione dell'esposizione della popolazione in ambiente *indoor* all'inquinamento di origine *outdoor* e non una indagine sugli inquinanti e le sorgenti tipiche dell'ambiente *indoor*. È utile aggiungere che alla base dello studio c'è non solo l'interesse generale su quanto nelle diverse stagioni gli edifici proteggano dall'inquinamento di origine *outdoor*, ma anche da una motivazione legata ai risultati degli studi sugli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico. Vi sono infatti numerose evidenze di letteratura di una maggiore tossicità del particolato nel periodo estivo rispetto a quello invernale (differenze di effetto molto marcate che per la mortalità generale arrivano a 8-10 volte).

L'indagine intendeva quindi anche analizzare le cause di queste differenze di effetto e in particolare verificare se queste fossero dovute a differenze nella relazione tra concentrazioni *outdoor* e *indoor* o a differenze stagionali nelle caratteristiche fisico-chimiche del particolato (o a un insieme delle due cause).

Lo studio sulla variabilità stagionale della relazione *indoor/outdoor* è stato condotto in un appartamento posto al 3° piano di un

edificio di nuova costruzione (e non ancora abitato) posto nell'area urbana di Modena (figura 1). Le campagne di misura sono state due, della durata di 15 giorni ciascuna e condotte nel 2014, una nel periodo estivo e una in quello invernale.

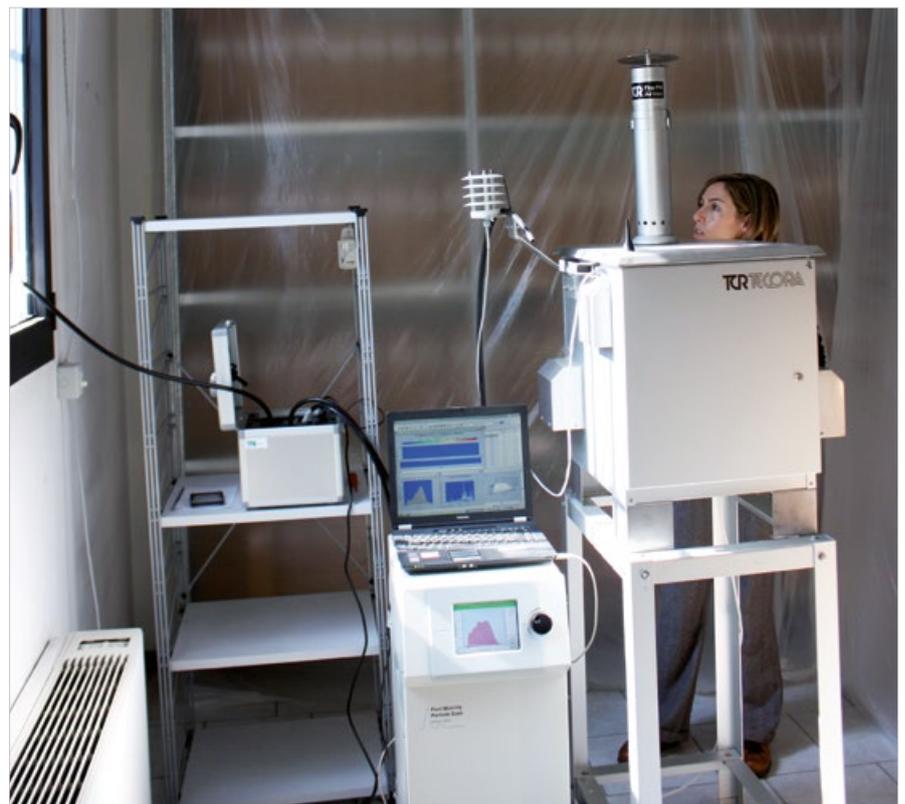
Coerentemente con l'impostazione generale del progetto Supersito, l'attenzione si è concentrata sulla misura della massa e della composizione chimica del PM<sub>2,5</sub>, oltre che della distribuzione dimensionale del particolato sotto i 560 nm. La caratterizzazione chimica è stata effettuata rispetto al Carbonio organico ed elementare e a un ampio spettro di ioni e di metalli.

Per quanto riguarda il tasso di ricambio dell'aria dell'appartamento, parametro fondamentale nel determinare la



FIG. 1  
INDOOR/OUTDOOR

Veduta esterna del sito di misura utilizzato a luglio 2014 (l'appartamento utilizzato per le misure è evidenziato in giallo).



relazione tra inquinamento *indoor* e *outdoor*, si è scelto di adottare un protocollo di apertura e chiusura delle finestre che simulasse il comportamento tipico della popolazione nel periodo estivo. A questo scopo sono stati utilizzati i dati di una indagine condotta nel capoluogo lombardo sulla popolazione anziana. Gli anziani infatti non solo sono i soggetti per i quali l'esposizione residenziale riveste il ruolo maggiore rispetto all'esposizione complessiva, ma sono anche i più suscettibili agli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico.

I risultati delle campagne di misura hanno evidenziato una marcata variabilità stagionale della relazione tra concentrazioni *indoor* e *outdoor* del particolato e quindi tra esposizione della popolazione (che, ricordiamo, avviene prevalentemente in ambiente *indoor*) e il dato misurato dalle centraline fisse. La *figura 2* mostra gli andamenti dei dati medi giornalieri delle concentrazioni *indoor* e *outdoor* del  $PM_{2.5}$  nelle due campagne di misura. Si evidenzia un rapporto I/O molto più alto nel periodo caldo rispetto a quello freddo (0.91 vs 0.51) e quindi un marcato effetto protettivo dell'involucro dell'edificio nel periodo invernale. La causa di queste differenze di concentrazione *indoor* e *outdoor* di  $PM_{2.5}$  è da ricercare nella variabilità stagionale del tasso di ricambio dell'aria e nelle differenze di condizioni di temperatura e umidità tra esterno e interno.

Conseguenza di questi risultati è il fatto che a parità di concentrazioni misurate dalle stazioni di monitoraggio corrisponde una dose assorbita in ambienti *indoor* circa doppia durante la stagione calda rispetto alla stagione fredda. Da qui una probabile causa delle differenze di effetti sulla salute riscontrate nelle diverse stagioni. Occorre tuttavia evidenziare che questo aspetto non rende interamente conto delle differenze stagionali di effetto riscontrate negli studi epidemiologici. È quindi probabile che una parte non trascurabile della variabilità stagionale dei rischi associati all'esposizione al particolato sia dovuta a differenze nelle caratteristiche fisico-chimiche del particolato. Lo studio qui presentato non fornisce da questo punto di vista risposte conclusive, ma solo alcune ipotesi da approfondire con ulteriori indagini. Una prima ipotesi riguarda il fatto che l'esposizione in ambiente *indoor* a particelle appartenenti alle frazioni dimensionali più piccole (<50 nm) è risultata maggiore nel periodo estivo

rispetto a quello invernale. Un secondo elemento di riflessione riguarda la composizione chimica (*figura 3*). A questo proposito una importante differenza stagionale riguarda i solfati e i nitrati e in particolare la predominanza, in ambiente *outdoor*, dei primi nel periodo caldo e dei secondi in quello freddo. Ancora più marcate appaiono sotto questo aspetto le differenze stagionali nella composizione chimica del particolato *indoor*, dove il contributo dei solfati e dei nitrati è risultato nel periodo caldo pari rispettivamente al 29% e al 7%, e nel periodo freddo pari all'8% e al 36%. Si evidenzia in particolare una drastica diminuzione delle concentrazioni di nitrati nel passaggio dall'*outdoor* all'*indoor* nel periodo invernale. Tale

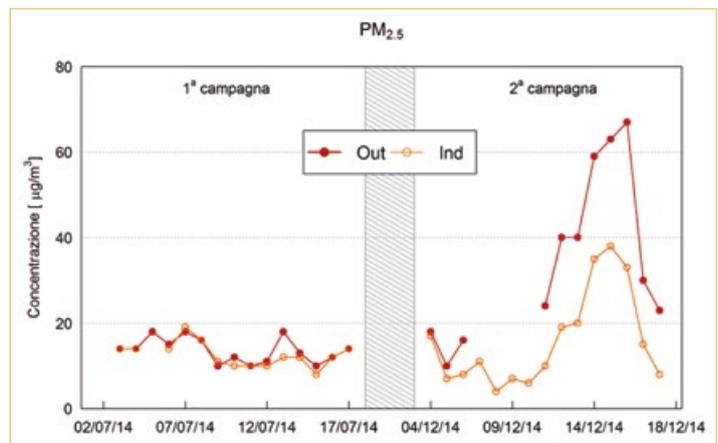
fenomeno è dovuto principalmente all'evaporazione del nitrato di ammonio (una delle componenti principali del particolato nel periodo freddo) una volta a contatto con le maggiori temperature presenti in ambiente *indoor*.

In conclusione, lo studio ha permesso di approfondire le differenze stagionali tra le concentrazioni *indoor* e *outdoor* del particolato, evidenziando comportamenti peculiari rispetto alle diverse frazioni dimensionali e componenti chimiche.

**Stefano Zauli Sajani, Stefano Marchesi, Annamaria Colacci, Vanes Poluzzi**  
Arpa Emilia-Romagna

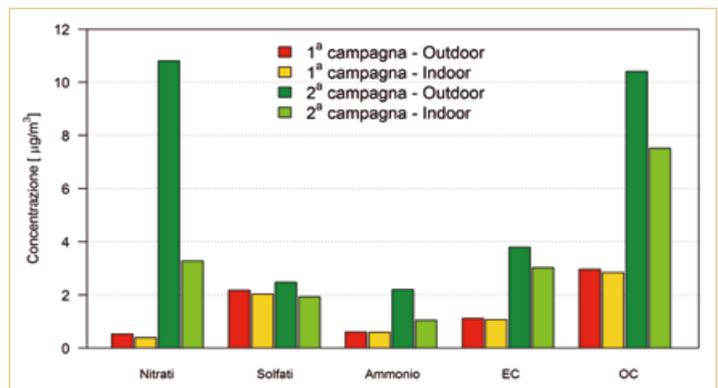
**FIG. 2**  
ESTATE/INVERNO

Andamento delle concentrazioni medie giornaliere indoor e outdoor di  $PM_{2.5}$  nel periodo estivo (1ª campagna) e invernale (2ª campagna).



**FIG. 3**  
COMPOSIZIONE  
CHIMICA  $PM_{2.5}$

Livelli medi indoor e outdoor di alcune delle principali componenti chimiche del  $PM_{2.5}$  nel periodo estivo (1ª campagna) e invernale (2ª campagna).



### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Zauli Sajani S., Ricciardelli I., Trentini A., Bacco D., Maccone C., Castellazzi S., Lauriola P., Poluzzi V., Harrison R.M., "Spatial and indoor/outdoor gradients in urban concentrations of ultrafine particles and  $PM_{2.5}$  mass and chemical components", *Atmospheric Environment*, 2015, 103:307-320.
2. 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., "Is particulate air pollution at the front door a good proxy of residential exposure?", *Environmental Pollution*, 2016, 213:347-358.
3. Zauli Sajani S., Rovelli S., Trentini A., Bacco D., Marchesi S., Scotto F., Zigola C., Lauriola P., Cavallo D.M., Poluzzi V., Cattaneo A., Hänninen O., "Higher health effects of ambient particles during the warm season: The role of infiltration factors", *Science of the Total Environment*, 2018; 28:627:67-77.