

STIMA DELL'ESPOSIZIONE IN AMBIENTE INDOOR

LE CAMPAGNE DI MISURA PER IL CONFRONTO TRA AMBIENTI INDOOR E OUTDOOR MOSTRANO ALCUNE DIFFERENZE NELLE CONCENTRAZIONI DI PM_{2,5} E PARTICELLE ULTRAFINI E NELLA COMPOSIZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO, OLTRE ALLE DIFFERENZE SIGNIFICATIVE TRA LE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI MISURATE IN DIVERSE ZONE DELLO STESSO EDIFICIO.

L'obiettivo principale delle attività della linea progettuale 5 del progetto Supersito è la caratterizzazione della variabilità dell'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in ambito urbano con una attenzione specifica all'ambiente *indoor*. La prospettiva non è quindi una indagine sugli inquinanti e le sorgenti tipiche dell'ambiente *indoor*, ma una valutazione dell'esposizione della popolazione in ambiente *indoor* agli inquinanti tipici dell'ambiente *outdoor*. L'attenzione prioritaria, coerentemente con gli obiettivi generali del progetto, viene dedicata al particolato e alla sua composizione chimica.

Partendo dal presupposto che la variabilità dell'esposizione in ambito urbano è in larga misura indotta dalla variabilità spaziale delle emissioni veicolari, si è deciso di impostare le campagne di misura nell'ottica della valutazione dei seguenti aspetti:

- differenze di esposizione tra chi risiede in zone trafficate e chi risiede in zone residenziali
- differenze di esposizione tra chi risiede nello stesso edificio sul fronte strada e chi sul retro
- differenze di esposizione tra chi risiede ai diversi piani dello stesso edificio.

Il criterio utilizzato nella scelta degli ambienti *indoor* soggetti a monitoraggio è quello della massima comparabilità delle caratteristiche (analoga volumetria, analoghi materiali da costruzione ecc). Questa impostazione mira a ridurre al minimo l'influenza delle caratteristiche degli ambienti *indoor* selezionati, allo scopo di indagare in maniera specifica l'impatto delle concentrazioni *outdoor* su quelle *indoor*. Il presupposto logico è che le sorgenti *indoor* agiscano sulla variabilità interpersonale dell'esposizione come un rumore, di notevole entità, ma scorrelato dalla variabilità spaziale *outdoor*. Il progetto prevede campagne di misura contestuali *indoor* e *outdoor* della

concentrazione in massa del PM_{2,5}, della sua composizione chimica, e della distribuzione dimensionale del particolato nel range 5.6-560 nm. La caratterizzazione chimica del particolato è effettuata rispetto al carbonio organico ed elementare e a un ampio spettro di ioni e di metalli. In alcune campagne è anche prevista la misura integrativa di alcuni inquinanti utilizzati in letteratura come traccianti dell'inquinamento da traffico (monossido di carbonio e biossido di azoto). La misura di tali inquinanti e dei tassi di ricambio dell'aria è resa possibile dalla collaborazione dell'Università dell'Insubria, Dipartimento di Scienza e alta tecnologia.

I siti individuati per la prima annualità di misure *indoor/outdoor* sono stati un sito in una zona residenziale (Istituto S. Anna) e

uno in una zona ad alto traffico (Sala Blu, Arpa Emilia-Romagna) di Bologna. Sono state effettuate tre campagne di misura nei seguenti periodi: 22 febbraio-7 marzo 2012, 16-30 aprile 2012, 28 maggio-11 giugno 2012. Gli ambienti *indoor* oggetto di campionamento sono stati mantenuti il più possibile isolati dagli altri ambienti dell'edificio. Il tasso di ricambio dell'aria, regolabile manualmente tramite un sistema di ventilazione forzata, è stato impostato a un valore pari a circa 0.5 h⁻¹, un valore tipico degli ambienti abitativi (seppur molto variabile a seconda degli specifici ambienti *indoor*, delle aree geografiche e delle stagioni).

La figura 1 (riquadro superiore) mostra le concentrazioni medie *indoor* e *outdoor* nei due siti di campionamento durante le tre campagne. È stata evidenziata

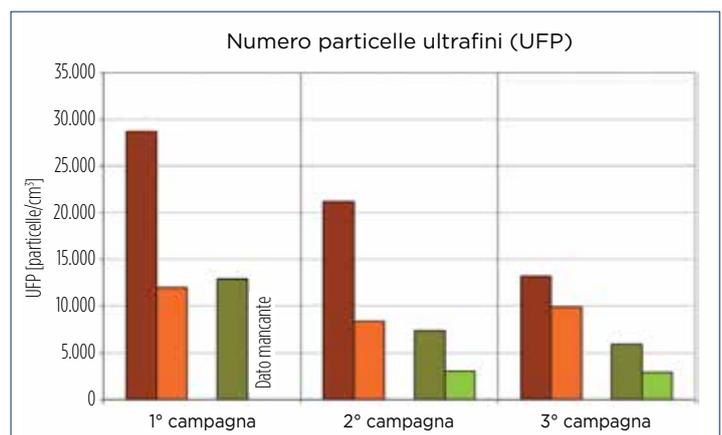
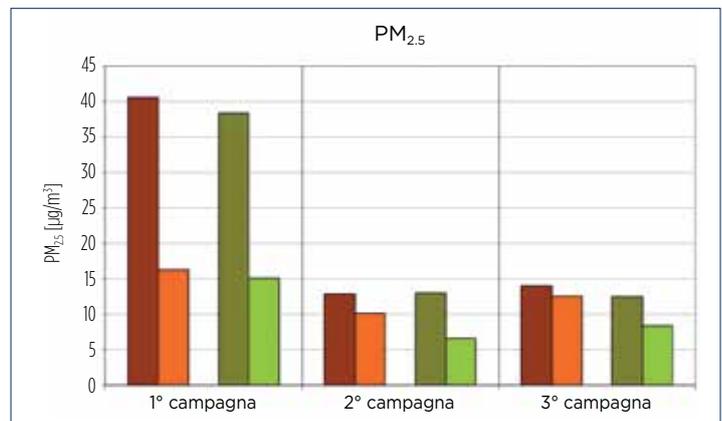


FIG. 1
PM_{2,5} E PARTICELLE ULTRAFINI

Concentrazioni indoor e outdoor di PM_{2,5} (riquadro superiore) e particelle ultrafini (riquadro inferiore) nelle tre campagne di misura.

- Traffico outdoor
- Traffico indoor
- Residenziale outdoor
- Residenziale indoor

una variabilità spaziale del PM_{2.5} molto ridotta sia nei livelli *outdoor* che in quelli *indoor*. Sono stati riscontrati livelli molto alti di correlazione tra i due siti sia tra le concentrazioni *outdoor* (R=0.97) che tra quelle *indoor* (R=0.88).

Le concentrazioni delle particelle ultrafini durante le campagne di monitoraggio sono riportate nel riquadro inferiore della *figura 1*. In analogia al PM_{2.5} le concentrazioni *outdoor* di particelle ultrafini sono risultate molto più alte di quelle *indoor*. Molto diversa è risultata la variabilità spaziale: contrariamente al PM_{2.5}, si è riscontrata infatti una notevole differenza tra le concentrazioni di ultrafini nel sito da traffico rispetto a quello residenziale, sia nei livelli *outdoor* che in quelli *indoor*. I livelli di correlazione tra le concentrazioni *outdoor* di particelle ultrafini sono risultati pari a 0.89 (dati giornalieri), sensibilmente più alti di quelli riscontrati tra le concentrazioni *indoor*.

La distribuzione dimensionale ha evidenziato un carattere multimodale in tutti i siti di campionamento. Molto evidente è risultato il picco a 30 nm, legato ai processi di nucleazione e di Aitken. Un secondo picco è risultato presente nel range di accumulazione 80-100 nm. Questi due picchi sono risultati presenti in tutte le campagne di misura e in tutte le ore del giorno, seppur con un peso relativo variabile. Particolarmente variabile è risultato il picco a 30 nm che raggiunge valori molto elevati nel sito da traffico nelle ore di picco delle concentrazioni di particelle ultrafini. Il popolamento della moda legata al processo di accumulazione si è mantenuto nei vari siti di monitoraggio pressoché costante nel corso del giorno.

Rispetto alla composizione chimica, il contributo maggiore alla massa del PM_{2.5} *outdoor* è risultato quello del carbonio organico seguito dai nitrati, dal carbonio elementare e dai solfati (*figura 2*). La preponderanza del contributo del carbonio organico è emersa anche dall'analisi dei dati *indoor*, seguita dai solfati e dal carbonio elementare. Differenze significative tra i livelli *outdoor* nei due siti sono state trovate per il ferro, il carbonio elementare e il carbonio totale. Le concentrazioni *indoor* sono risultate inferiori a quelle *outdoor* per tutte le specie chimiche e tutti i siti con la sola eccezione del carbonio elementare nel sito da traffico. Livelli *indoor* molto più bassi sono stati trovati in particolare per lo ione ammonio, i nitrati, il potassio e i solfati.



FOTO: L. BENNETT - FLICKR - CC

La correlazione tra i livelli di concentrazione delle specie chimiche nei due siti è risultata in generale alta (sempre maggiore di 0.9 per i livelli *outdoor*), così come quella tra i livelli *indoor* (0.71 < R < 0.98) con l'eccezione del ferro (R=0.33).

Le campagne di monitoraggio condotte nel corso del 2013 sono state dedicate principalmente all'approfondimento delle differenze nelle concentrazioni *indoor* e nel rapporto *indoor/outdoor* tra ambienti che appartengono allo stesso edificio ma diversamente esposti alle emissioni dirette da traffico. Il sito prescelto per la campagna di misure è stato un edificio situato lungo i viali che circondano il centro storico di Bologna. Le attività di monitoraggio si sono concentrate nei seguenti periodi: 10 giugno 2013-12 luglio 2013, 27 novembre-13 dicembre 2013. I risultati delle prime analisi hanno

evidenziato differenze significative tra le concentrazioni di particelle ultrafini, di biossido di azoto e di monossido di carbonio tra il fronte strada e il retro. Più ridotte sono risultate le differenze rispetto alla massa del PM_{2.5}.

Le campagne di misura previste per l'anno 2014 saranno finalizzate principalmente all'analisi del profilo verticale delle concentrazioni degli inquinanti monitorati.

L'insieme dei dati raccolti al termine delle attività della linea progettuale permetterà di avere un quadro di massima della variabilità dell'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in ambito urbano.

Stefano Zauli Sajani

Arpa Emilia-Romagna

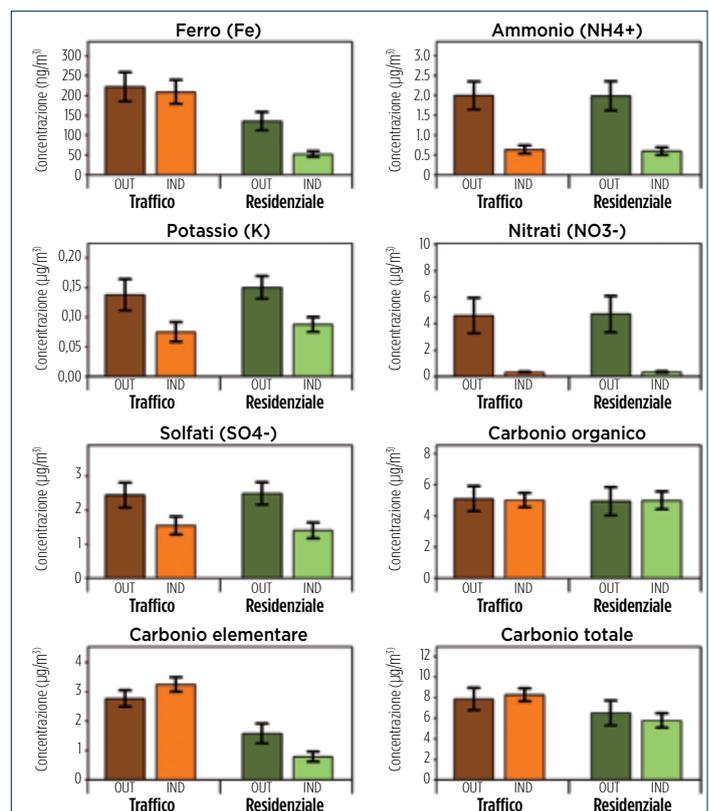


FIG. 2
COMPONENTI PM_{2.5}

Livelli medi di concentrazione di alcune componenti chimiche del PM_{2.5}.