



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

L'ARIA CHE RESPIRIAMO IN CASA



**CAPIRE LE BUONE PRATICHE PER
MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR**

INTRODUZIONE

Il presente lavoro rappresenta uno dei prodotti divulgativi del progetto triennale ANAPNOI (Respirare bene per invecchiare meglio, durata progetto: 02/2016-02/2019), finanziato dall'Università Cattolica del Sacro Cuore, che ha coinvolto ben 6 unità operative di Ateneo (2 gruppi di ricerca in Fisica Ambientale e Fisica della Materia del Dipartimento di Matematica e Fisica di BRESCIA, la Facoltà di Scienze Politiche e Sociali di MILANO, la Facoltà di Agraria di PIACENZA e 2 gruppi di ricerca afferenti al Policlinico Gemelli di ROMA). Obiettivo del progetto è stato la valutazione di come l'inquinamento atmosferico outdoor e il microclima e l'inquinamento indoor contribuiscano allo sviluppo di alcune patologie polmonari nella popolazione anziana. Dopo un'attenta indagine (tramite questionario) sulle abitudini degli anziani all'interno e all'esterno delle loro abitazioni, si è studiata in particolare la dipendenza dell'impatto del particolato atmosferico, con peculiare riferimento all'ambiente domestico, da fattori contestuali alla propria abitazione, (come ad esempio la vicinanza o lontananza da strade trafficate), meteorologici (velocità del vento e precipitazioni in particolare) e costruttivi (classe energetica dell'abitazione, tipologia di infissi, superfici finestrate). In parallelo sono stati sviluppati dei sensori innovativi per la diagnosi di malattie dell'apparato respiratorio, testati successivamente anche all'interno di studi clinici condotti dalla Facoltà di Medicina, in parallelo a sensori (nasi elettronici) già presenti sul mercato e già utilizzati presso il Policlinico Gemelli sia su soggetti sani che su pazienti affetti da BPCO (Bronco Pneumopatia Cronico Ostruttiva). Per informazioni di dettaglio circa le unità operative di progetto e le specifiche attività di ricerca condotte da ciascuna si rimanda il lettore al sito di progetto <https://progetti.unicatt.it/progetti-brescia-anapnoi-home>

Sulla base dei risultati emersi è stato definito un decalogo di linee guida legate ad adattamenti comportamentali o strutturali (in quest'ultimo caso si tratta di interventi legati esclusivamente all'ambiente domestico) per ridurre i rischi e favorire un invecchiamento in salute (healthy aging) di persone sane o già affette da patologie respiratorie.

Le singole azioni del decalogo sono riportate nel presente libretto divulgativo e a ciascuna è riservata una approfondita descrizione in cui si illustrano le ragioni scientifiche che stanno alla loro base. Il lettore potrà così meglio comprendere l'importanza di farle proprie a vantaggio della sua salute. Si tratta in particolare di raccomandazioni relative a piccoli ma importanti accorgimenti quotidiani che ciascuno di noi deve adottare fino a farne automatiche abitudini per il bene della sua salute e di quella dei suoi familiari. Anche semplici azioni come aprire le finestre di casa o passeggiare all'aperto sono efficaci solo se fatte nel modo più appropriato!

Le azioni emerse dai risultati del progetto sono state successivamente confrontate e/o integrate da linee guida preesistenti e già riconosciute dalla comunità scientifica sia a livello nazionale¹⁻³ che internazionale⁴⁻⁶. Il presente libretto divulgativo si focalizza in particolare su come prevenire l'impatto del particolato atmosferico sulla salute dei cittadini che risiedono sia in ambienti urbani sia in ambienti rurali. I primi sono esposti quotidianamente a sorgenti emissive come il traffico e le diverse fonti di riscaldamento domestico, tra cui anche la combustione di legna. I secondi sono invece interessati dai periodici trattamenti fitosanitari che rilasciano particolato e sostanze tossiche per l'uomo.

Prima di addentrarci nella scoperta delle singole azioni contenute nel presente libretto si ricorda al lettore che per "particolato atmosferico" si intende l'insieme delle particelle liquide o solide sospese in atmosfera. Le dimensioni di queste particelle possono farle risultare anche invisibili all'occhio umano ed è proprio quando non riusciamo a vederle (particelle con diametri inferiori a 10, 2.5 e 1 μm in particolare, chiamate comunemente PM10, PM2.5 e PM1) che occorre misurarle perché la loro inalazione può costituire un serio problema per il nostro apparato respiratorio e cardiocircolatorio. Parecchi studi scientifici a livello internazionale l'hanno già dimostrato e pertanto la mitigazione dell'impatto del particolato atmosferico sulla nostra salute attraverso piccole misure quotidiane rappresenta un buon punto di partenza.





LA VENTILAZIONE NATURALE IN UNA ABITAZIONE. QUANDO E QUANTO A LUNGO VA EFFETTUATA?

Per ventilazione naturale di un'abitazione si intende in particolare l'apertura di finestre per consentire un ricambio dell'aria interna che, a seguito di attività di pulizia domestica e/o attivazione di sorgenti interne di particolato fine e ultrafine (cottura di cibi ma anche semplice risollevarsi di polveri dovute al puro camminamento di persone) presenta valori di concentrazione di particolato e inquinanti gassosi (ossidi di azoto e composti organici in particolare) superiori a quelli rilevati in ambiente esterno. E' interessante per esempio valutare l'efficacia della ventilazione naturale di una stanza dell'abitazione effettuando misure di concentrazione in ambiente indoor prima e dopo l'apertura delle finestre. Alcuni risultati legati all'abbattimento delle concentrazioni indoor di particolato a seguito di attivazione di sorgenti interne sono presentati in particolare nella sezione dedicata all'aerazione a seguito di attività di pulizia domestica.

La ventilazione naturale in una abitazione si rende quindi necessaria ogni volta che l'attivazione di eventuali sorgenti interne di particolato e/o di composti gassosi come il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto o i composti organici volatili peggiorano la qualità dell'aria indoor rispetto a quella presente all'esterno.

Ma quando è meglio ventilare un'abitazione?

La Fisica dell'atmosfera ci dice che durante il periodo invernale in particolare (quando i valori di concentrazione di inquinanti come il particolato atmosferico assumono valori particolarmente critici tanto da superare spesso anche i valori limite di legge) le concentrazioni di inquinanti sono più elevate al mattino dal momento che possono diluirsi in un volume di atmosfera più ridotto (a causa di un fenomeno detto "inversione termica notturna") rispetto alle prime ore pomeridiane, quando la capacità di diluizione degli inquinanti in atmosfera è massima.

Di seguito (Figura 1) si riporta l'andamento della temperatura con l'altezza. Nello strato di atmosfera direttamente a contatto con il suolo la temperatura diminuisce in genere con la quota. Tuttavia, può succedere che a partire da una certa altezza (detta base dell'inversione termica) la temperatura cominci ad aumentare per un intero strato di atmosfera (detto strato di inversione). In questo caso si genera il ristagno degli inquinanti al di sotto dello strato di inversione e il conseguente aumento delle loro concentrazioni. L'inversione notturna si rompe con il riscaldamento del suolo già nelle ore mattutine e gli inquinanti hanno la possibilità quindi di disperdersi maggiormente e di ridurre le loro concentrazioni atmosferiche.



Figura 1 – Variazione della temperatura con l'altezza durante il periodo invernale. Lo strato di inversione è caratterizzato da un aumento della temperatura con l'altezza che comporta il ristagno degli inquinanti al di sotto (strato di rimescolamento)

Da ciò ne consegue che è meglio ventilare l'abitazione nelle prime ore del pomeriggio (dalle 14.00 alle 16.00) anziché nella fascia oraria 8.00-10.00 che spesso è proprio quella in cui abitualmente si aprono le finestre.

A questo proposito è interessante osservare i risultati di sperimentazioni scientifiche condotte durante il periodo invernale 2016-2017 nella città di Brescia. Dalle misure di concentrazione di particolato outdoor e indoor a seguito di una ventilazione naturale di 20 minuti si è potuto determinare un parametro (detto "Indoor/Outdoor ratio") che stima proprio il rapporto delle concentrazioni indoor e outdoor a seguito dell'apertura delle finestre. Tali misure sono state effettuate in assenza di sorgenti interne di particolato attive; la figura che segue (Figura 2) valuta il peggioramento della qualità dell'aria indoor a seguito di un'apertura mattutina delle finestre rispetto ad una apertura pomeridiana.

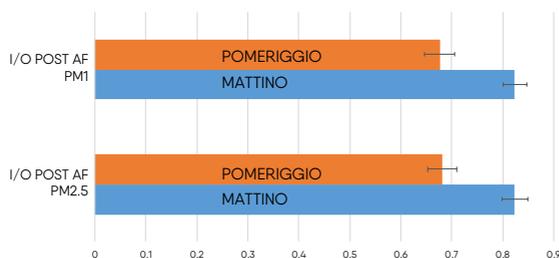


Figura 2 – Valori medi di I/O ratio a seguito dell'apertura delle finestre (POST AF) per il PM1 e il PM2.5 (in blu sono riportati i valori corrispondenti ad una ventilazione naturale nella fascia oraria 9.30-11.30 mentre in arancione sono indicati i valori corrispondenti alla fascia oraria 14.30-16.30)

Un aspetto importante da tenere in considerazione soprattutto nel periodo invernale è la temperatura esterna all'abitazione. Le temperature pomeridiane sono infatti più elevate rispetto a quelle mattutine: la ventilazione naturale effettuata in orari pomeridiani ha quindi anche il vantaggio di far entrare in casa aria più calda rispetto a quella che entrerebbe nelle prime ore successive al risveglio mattutino aumentando così anche il comfort abitativo. Di seguito (Figura 3) riportiamo, a dimostrazione di quanto appena detto, l'andamento della temperatura di un giorno tipo invernale in ambito urbano (Fonte dati: ARPA Lombardia, Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Via Ziziola – BRESCIA).

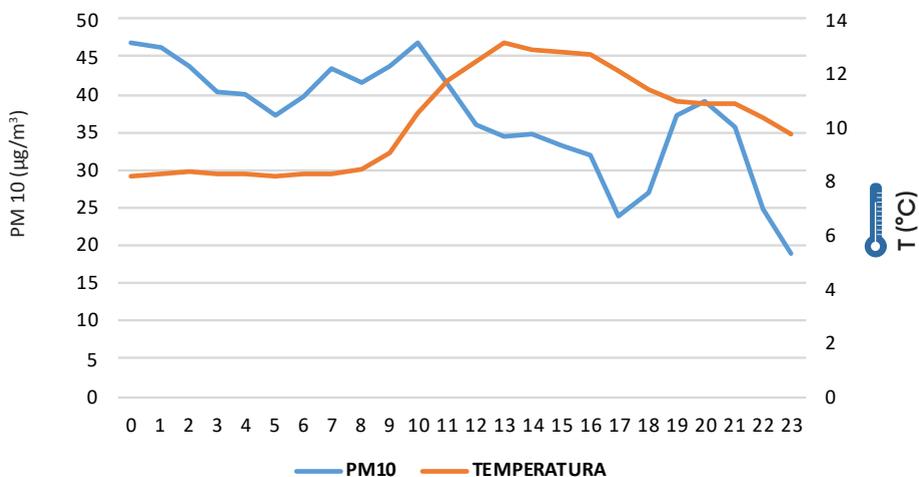


Figura 3 - Evoluzione delle temperature medie orarie e della concentrazione di PM10 in ambito urbano in un giorno tipico invernale

Un altro aspetto da considerare è la ventilazione naturale in presenza di finestre affacciate su strade trafficate. È importante cercare di ventilare l'abitazione aprendo finestre non direttamente affacciate su strade che presentano elevati flussi di traffico.

A dimostrazione di ciò si riporta in Figura 4 l'impatto della presenza di strade trafficate adiacenti alla stanza indoor in cui viene effettuata la ventilazione naturale rispetto a situazioni di apertura di finestre in cui non si ha un'influenza diretta dovuta al traffico locale.

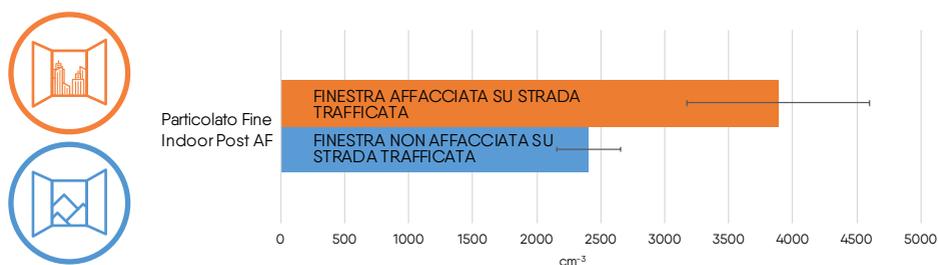


Figura 4 - Numero di particelle fini medio per centimetro cubo rilevato in ambito indoor a seguito dell'apertura di finestre affacciate o non affacciate su strade trafficate

Dagli istogrammi di Figura 4 emerge chiaramente un vistoso peggioramento della qualità dell'aria indoor dovuto alla ventilazione naturale tramite l'apertura di finestre affacciate su strade trafficate rispetto alle concentrazioni rilevate a seguito di un'apertura di finestre affacciate su strade non direttamente influenzate dalla presenza di traffico.



LA COTTURA DEI CIBI GENERA GRANDI QUANTITÀ DI PARTICOLATO IN AMBIENTE INDOOR

Una delle principali sorgenti indoor di particolato è rappresentata dalla cottura dei cibi. La cottura dei cibi è un passaggio fondamentale per modificare positivamente alcune loro caratteristiche come la digeribilità, la gradevolezza e l'igienicità. La cottura determina infatti processi simili a quelli digestivi, trasformando sostanze chimiche complesse in altre più semplici. Tuttavia questi processi comportano l'emissione in aria di particolato fine e ultrafine. Ad esempio, nel caso della cottura di lipidi, i grassi (es. olio, burro, carne non magra), si ha la rottura delle molecole di trigliceridi e si formano acidi grassi liberi e glicerina; la glicerina può trasformarsi in una sostanza tossica chiamata acroleina: il grasso diventa scuro e produce fumi irritanti. La temperatura a cui inizia lo sviluppo di fumi è chiamata "punto di fumo", il burro e lo strutto hanno punti di fumo più bassi dell'olio. Va tuttavia ricordato che l'emissione di particelle inizia prima del raggiungimento del "punto di fumo" come possiamo vedere in Figura 5.

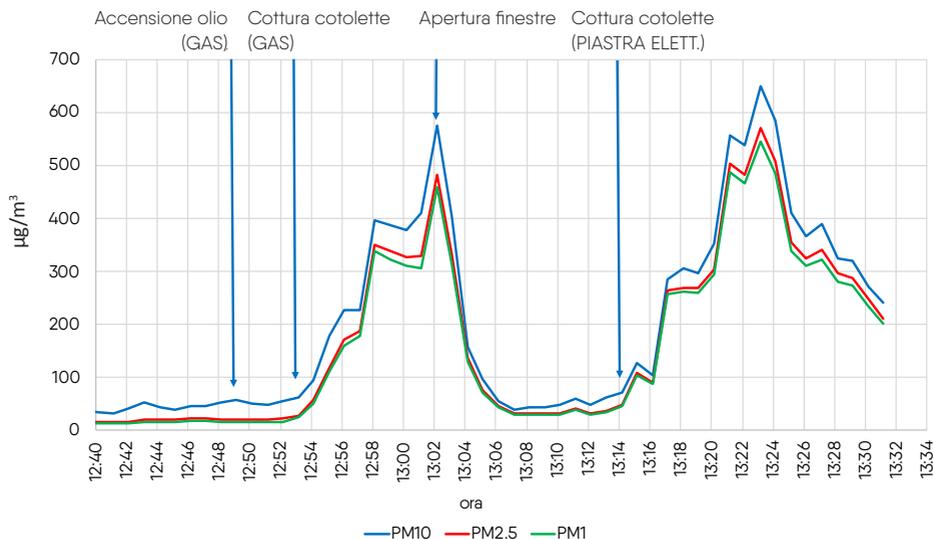


Figura 5 – Confronto tra la produzione di PM dovuta a due metodi di cottura differenti (cottura su gas e su piastra elettrica)

In questo esperimento abbiamo testato due differenti metodi di cottura (cucina a gas e piastra elettrica); in entrambi i casi si è utilizzato olio di semi di girasole e non si è raggiunto il “punto di fumo”; come si può notare, in entrambi i casi, c'è stata una massiccia produzione di particolato fine (PM1) che costituiva la stragrande maggioranza del particolato prodotto. Non ci sono differenze significative tra i due metodi di cottura: il numero maggiore di particelle prodotte con la cottura su piastra elettrica potrebbe essere legato all'utilizzo dello stesso olio di cottura o a piccole differenze tra i cibi cotti nelle due cotture. È interessante osservare come la cottura di spinaci surgelati (Figura 6), rispetto a quella delle cotolette (Figura 5) produca invece un quantitativo molto minore di particolato fine e ultrafine e come il particolato grossolano sia quello prodotto maggiormente; questo fenomeno potrebbe essere legato alla vaporizzazione delle molecole di acqua presenti nella verdura congelata.

In ogni caso, durante la cottura di cibi, raccomandiamo sempre l'utilizzo di una cappa aspirante, dotata di filtro (per il quale è fondamentale verificarne l'usura ed eventualmente sostituirlo qualora fosse necessario), e, al termine della cottura dei cibi, è importante aerare il locale per favorire la rimozione del particolato prodotto.

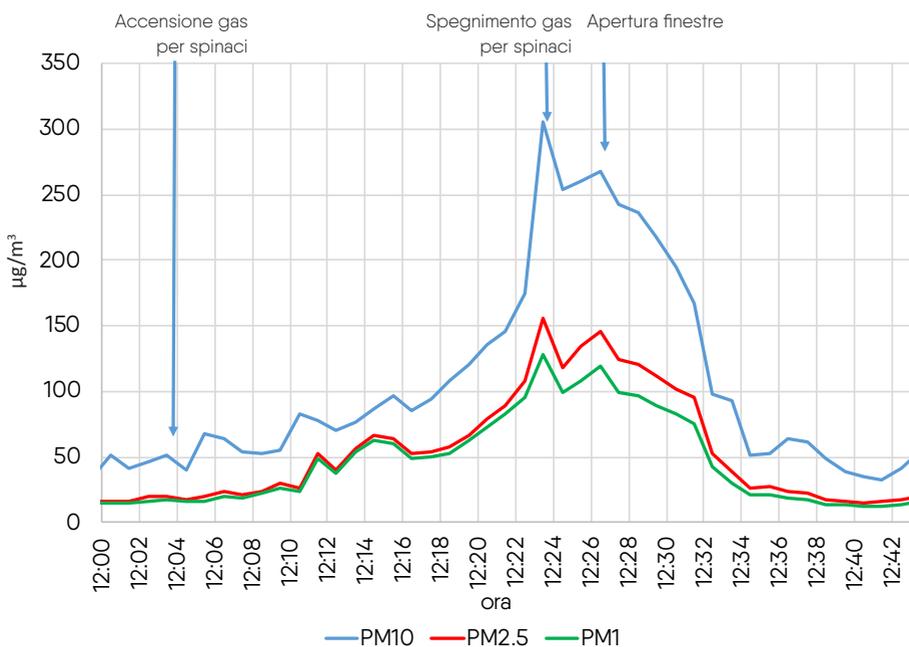


Figura 6 - Andamento delle concentrazioni di
durante la cottura di spinaci surgelati





AERARE DOPO LE ATTIVITA' DI PULIZIA DOMESTICA

Le concentrazioni di particolato atmosferico all'interno delle abitazioni, in assenza di sorgenti interne attive di particolato fine e ultrafine, sono sempre inferiori a quelle presenti outdoor.

In Figura 7 si riporta la distribuzione dimensionale del numero di particelle presenti in un volume molto piccolo (un cubo di lato pari ad 1 centimetro) rilevata all'interno e all'esterno di 62 abitazioni monitorate nella città di Brescia tra dicembre 2016 e febbraio 2018.

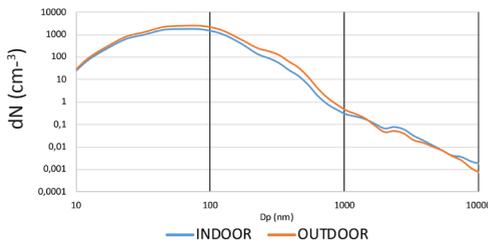


Figura 7 - Distribuzione dimensionale del numero di particelle rilevate in ambiente indoor e outdoor a Brescia (misure invernali)

Se vengono invece attivate sorgenti di particolato fine e ultrafine all'interno delle abitazioni le concentrazioni in numero di particelle presenti in atmosfera aumentano fino a valori superiori anche di diversi ordini di grandezza. Tra le sorgenti che si possono attivare troviamo alcuni dei comuni elettrodomestici utilizzati per le pulizie della casa tra cui per esempio l'aspirapolvere e il ferro da stiro a vapore.

Di seguito si riporta l'aumento di concentrazione di particelle dovuto all'attivazione di un aspirapolvere (non dotato di filtri certificati HEPA - High Efficiency Particulate Air) in una abitazione.

Sulla base dei risultati sperimentali presentati in Figura 8 si consiglia pertanto di utilizzare un aspirapolvere dotato di filtri HEPA.



Figura 8 - Aumento delle concentrazioni di particelle in atmosfera dovuto all'attivazione di un aspirapolvere (non dotato di filtri HEPA)



I Filtri HEPA ad alta efficienza per il particolato permettono infatti di catturare le particelle di dimensioni superiori a 0.3 µm ed evitare quindi che vengano risollevate durante il funzionamento dell'aspirapolvere.

Sono ormai installati nei più recenti modelli di aspirapolvere e scope elettriche e permettono la cattura anche di acari, muffe e pollini, azione molto utile soprattutto se i residenti sono soggetti asmatici e/o allergici.

Con riferimento all'utilizzo del ferro da stiro a vapore è interessante osservare l'innalzamento delle concentrazioni di particolato (specialmente ultrafine) rispetto ai valori precedenti alla sua accensione (Figura 9 - 10). Il ferro da stiro a vapore infatti determina la produzione di goccioline di acqua di piccolissime dimensioni che rimangono sospese in atmosfera.

Cosa si può fare per abbattere le concentrazioni di particelle a seguito delle attività di pulizia domestica?

Un metodo veloce ed efficiente di abbattimento di particelle fini e ultrafini generate internamente alle abitazioni è la ventilazione naturale (apertura delle finestre in particolare) anche per soli 5 minuti.



Figura 9 - Aumento delle concentrazioni di particelle in atmosfera dovuto all'attivazione del ferro da stiro a vapore

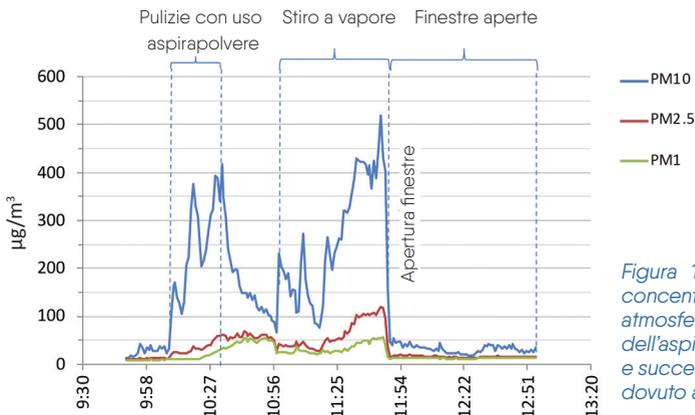


Figura 10 - Abbattimento delle concentrazioni di particelle in atmosfera generate dall'attivazione dell'aspirapolvere senza filtri HEPA e successivamente del ferro da stiro dovuto all'apertura delle finestre

Come si evince dal grafico di Figura 10, l'apertura delle finestre a seguito della generazione di picchi di particolato (in particolare PM10) dovuti ad attività di pulizia domestica determina un abbattimento istantaneo delle concentrazioni indoor.

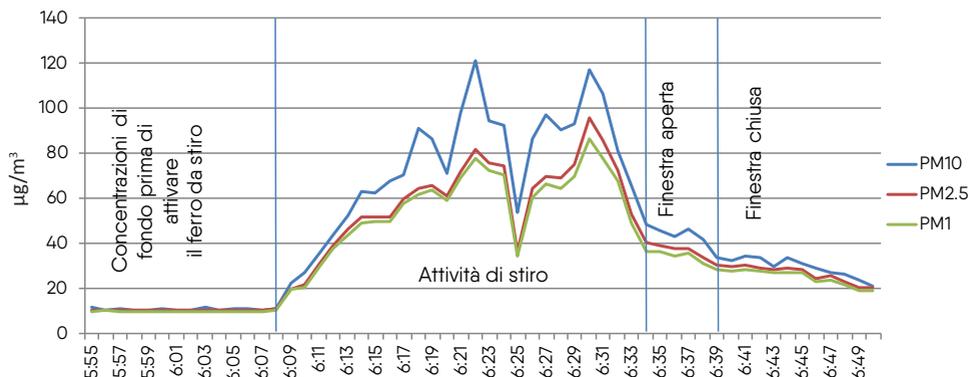


Figura 11 - Abbattimento delle concentrazioni di particelle liquide in termini di PM10, PM2.5 e PM1 generate dall'attivazione del ferro da stiro a vapore dovuto all'apertura di una finestra

Tale abbattimento risulta già significativo per un'apertura delle finestre di durata limitata come si evince dalla Figura 11 in cui alla disattivazione di un ferro da stiro a vapore fa seguito una ventilazione naturale di soli 5 minuti seguita da un abbattimento successivo dovuto alla naturale deposizione al suolo delle particelle inizialmente sospese in atmosfera.





EVITARE SE POSSIBILE L'USO DI DEODORANTI E PROFUMANTI DELL' AMBIENTE

I deodoranti spray sono costituiti da molecole organiche pensate per essere disperse direttamente in aria come aerosol. Queste molecole, principalmente olii eterici, sono immagazzinate in bombolette pressurizzate e mescolate ad un gas propellente liquefatto, solitamente propano, butano o isobutano. All'azionamento dello spray il gas tende ad uscire trascinando con sé la materia prima liquida con cui è stato miscelato. Nell'aria della stanza viene quindi iniettato un numero enorme di microscopiche goccioline invisibili ad occhio nudo.

La Figura 12 mostra come l'azionamento di uno spray profumante d'ambiente innalzi immediatamente la concentrazione di aerosol nella stanza, in particolare della frazione riconducibile al PM10 che supera agevolmente una concentrazione di $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (quando, lo ricordiamo, il limite normativo per il PM10 nell'aria outdoor è di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$...).

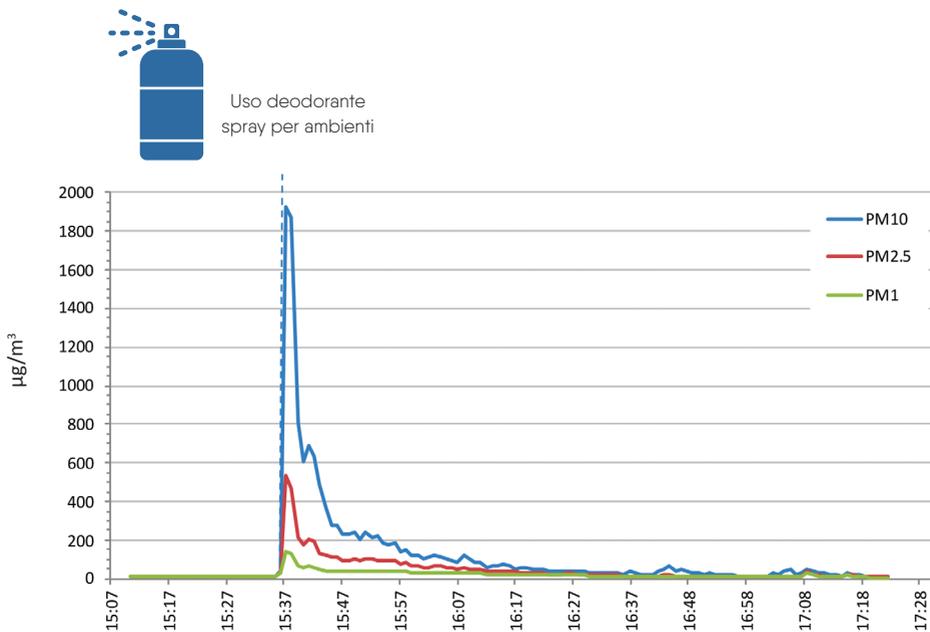


Figura 12 - Effetto dell'utilizzo di uno spray profumante sulla concentrazione di PM in una stanza



L'innalzamento del PM nella stanza in seguito all'utilizzo del deodorante si protrae per diverse ore. Sempre in Figura 12 si vede ad esempio come la concentrazione di PM10 impieghi circa un'ora per scendere sotto i $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Un analogo innalzamento del PM indoor si osserva anche con l'uso di candele e incensi profumati, con l'aggravante che questi ultimi immettono nell'aria anche composti organici originatisi nella combustione (e percepibili ad occhio nudo come *fumo* nei casi di più intensa emissione).

L'innalzamento del PM è invece contenuto quando si usano diffusori elettrici (Figura 13) per evaporazione e bastoncini profumati.

Oltre all'effetto negativo sul PM indoor va infine ricordato che alcune sostanze organiche contenute nei deodoranti d'ambiente possono anche causare allergie, irritazioni e manifestare effetti di tossicità di diversa natura.



Figura 13 - Un esempio di diffusore elettrico (a sinistra) e di deodorante spray (a destra)



I TAPPETI E I DIVANI POSSONO DIVENTARE UNA TRAPPOLA PER IL PM E UNA FONTE DI RISOLLEVAMENTO

Tappeti e divani possono diventare una trappola per il PM il quale si accumula nelle fibre tessili che li compongono e da lì può venire successivamente risollevato in aria. Questo fenomeno interessa soprattutto la frazione più grossolana del PM, in particolare il PM10.

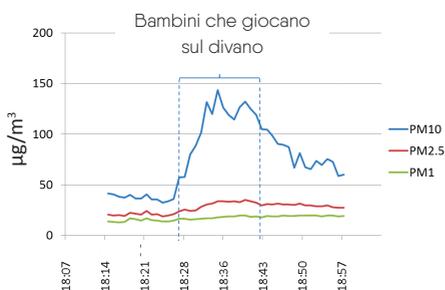


Figura 14 – Risollevamento di PM10 da un divano

Nella Figura 14 si può vedere come il PM10 venga risollevato dal sedersi di due bambini su un divano e di come lo stesso PM10 si ridepositi lentamente quando questi se ne vanno. Nello stesso grafico si vede anche come la rideposizione delle frazioni di PM più fini (PM1 e PM2.5) sia molto più lenta di quella del PM10 dopo il loro sollevamento.

In Figura 15 è riportato invece l'effetto del semplice calpestio di un tappeto e del movimento di due persone in una stanza ricoperta da un tappeto.

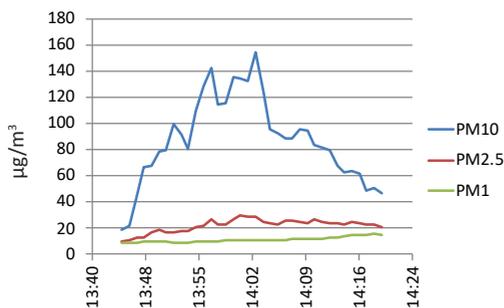


Figura 15 – Risollevamento da un tappeto in seguito al calpestio e al movimento



Al risollevarlo contribuisce anche il semplice spostamento d'aria causato dal movimento delle persone. Quando le persone escono dalla stanza (ad es. i bambini della prima parte del grafico) il movimento d'aria si acquieta e la concentrazione delle particelle decresce in seguito alla rideposizione delle stesse sul tappeto e sulle diverse superfici.

Tappeti e divani vanno puliti frequentemente con aspirapolvere dotato di filtro HEPA. Anche tende e materassi vanno puliti periodicamente. Per dettagli sull'uso corretto dell'aspirapolvere e sulle sue implicazioni si rimanda alla apposita sezione.



Il risollevarlo del particolato può inoltre essere causato da qualsiasi attività domestica che causi movimento d'aria, come ad esempio il piegamento di panni (come riportato in Figura 16)

Figura 16 – Risollevarlo dovuto al semplice piegamento di panni asciutti

In modo del tutto analogo, il movimento dell'aria causato dall'accensione dei termosifoni determina risollevarlo del PM. In Figura 17 si può vedere come l'accensione e lo spegnimento di una caldaia ad opera di un termostato attivino una serie di cicli convettivi che si manifestano con ripetuti picchi di risollevarlo e di deposizione. Allo spegnimento notturno del riscaldamento segue una lenta fase di deposizione del PM sulle superfici fino al mattino successivo.

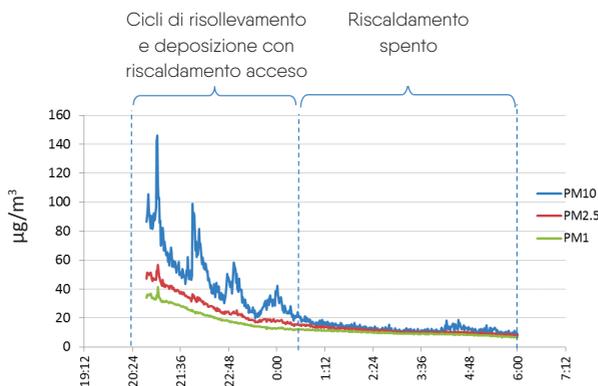


Figura 17 – Cicli di risollevarlo e deposizione dovuti al riscaldamento domestico





CAMINETTI E STUFE A LEGNA O PELLETT POSSONO PRODURRE GRANDI QUANTITÀ DI PARTICOLATO ATMOSFERICO

Il riscaldamento, e più in generale qualsiasi combustione, generano particolato atmosferico in differenti quantità a seconda del combustibile usato. Da diversi anni si sta puntando l'attenzione in particolare sulla combustione di legna come responsabile di larga parte dell'inquinamento da PM soprattutto nelle regioni del nord Italia e delle zone di montagna. Il mercato, in particolare quello del pellet, è inoltre in crescita: le stime attuali parlano di un consumo tra i 2.5 e i 3 milioni di tonnellate utilizzate ogni anno per il riscaldamento domestico con una stima di un possibile raddoppio del consumo di pellet nei prossimi 5 anni. Per cercare di evitare un pesante impatto negativo sulla qualità dell'aria, leggi regionali, differenti da regione a regione, limitano l'uso della legna come combustibile in stufe o camini. Queste norme regionali limitano l'uso in base all'efficienza della stufa o del camino, oppure all'utilizzo di pellet certificato oppure in base alla altimetria del luogo dove viene utilizzato l'impianto. In alcuni casi queste regole possono essere derogate qualora non esistano altri impianti di riscaldamento (es. metano o gpl). Tutte queste cautele, rivolte a tutelare e proteggere la qualità dell'aria outdoor, sembrano essere al momento di scarsa efficacia considerando che la combustione da legna risulta essere, nelle regioni del bacino padano, responsabile di buona parte del particolato primario (dal 40% al 50% a seconda della regione).

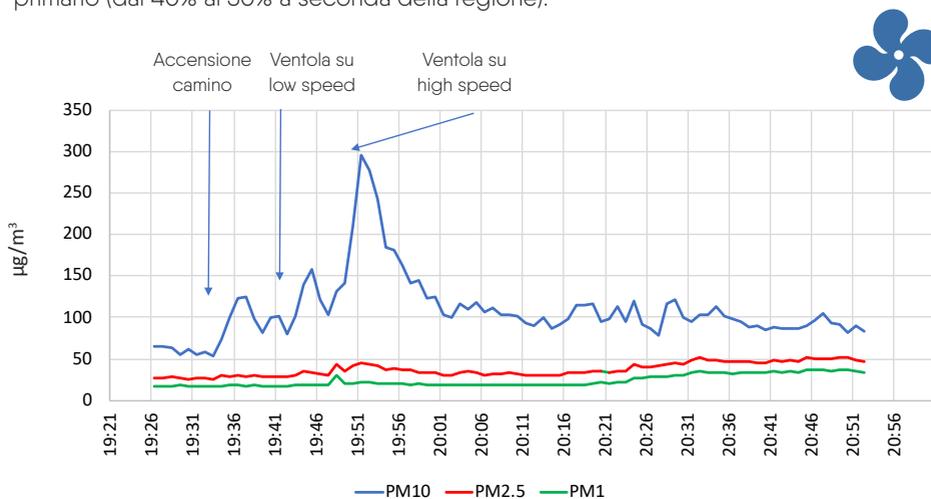


Figura 18 – Effetto dell'accensione di un caminetto chiuso a legna sull'aria indoor. L'accensione delle ventole di termoconvezione impatta notevolmente sulla qualità dell'aria indoor

Quali sono le conseguenze della combustione da legna sulla qualità dell'aria indoor invece?

Gli esperimenti condotti mostrano che l'impatto è notevole. In Figura 18, l'accensione di un caminetto a legna, chiuso, con ante di quarzo chiuse, causa un quasi istantaneo innalzamento dei livelli di aerosol nell'abitazione, innalzamento che viene ulteriormente accentuato dall'accensione delle ventole del caminetto per favorire la termoconvezione.

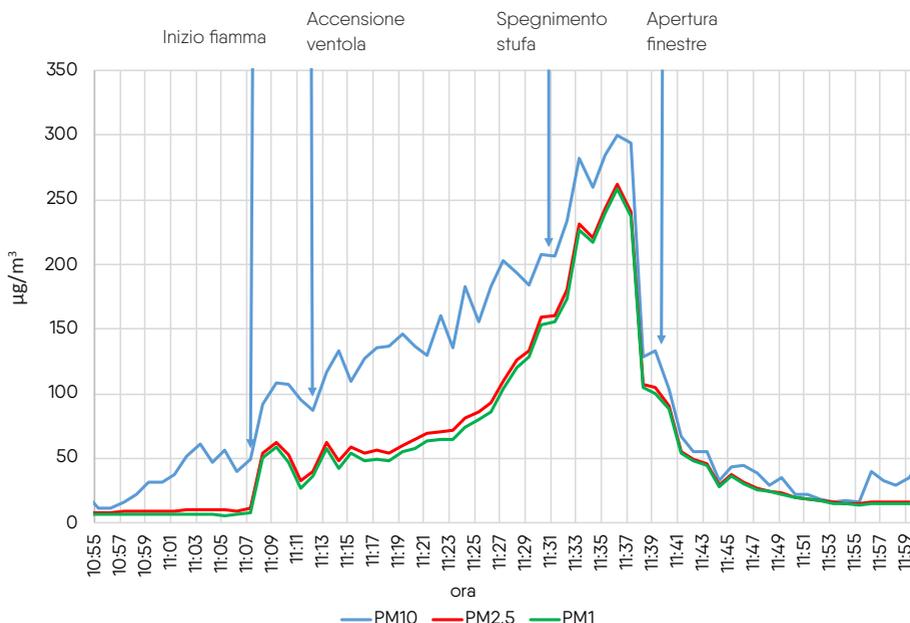


Figura 19 – Andamento delle concentrazioni di PM in ambiente indoor dopo l'accensione di una stufa a pellet

Anche l'accensione di una stufa a pellet (Figura 19) ha comportato un significativo peggioramento della qualità dell'aria indoor generando quantità di PM10 confrontabili con quelle prodotte dal camino. In particolare, è importante notare come sia presente una grossa frazione di particolato fine e ultrafine, molto maggiore rispetto al camino. Va ricordato che la combustione da legna, oltre a produrre notevoli quantità di particolato atmosferico produce anche altre sostanze tossiche e cancerogene quali, ad esempio, gli idrocarburi policiclici aromatici. Per quanto riguarda il riscaldamento domestico **si sconsiglia, dove possibile, di utilizzare la legna come combustibile** soprattutto in sistemi a combustione aperta, quali, ad esempio, i vecchi camini.



I PURIFICATORI D'ARIA POSSONO ESSERE UTILI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR, MA OCCORRE LA LORO CORRETTA MANUTENZIONE

Attualmente sono disponibili in commercio numerose tipologie di purificatore d'aria per uso domestico con caratteristiche diverse per volume d'aria filtrato nell'unità di tempo (m^3/ora) ed efficacia della filtrazione in termini di dimensioni minime delle particelle di PM filtrate grazie alla presenza di filtri HEPA. Alcuni test effettuati in una casa in contesto urbano su un modello di purificatore top-gamma hanno evidenziato che in assenza di sorgenti interne l'utilizzo continuativo in un ambiente chiuso (una stanza di circa 25 m^2) porta ad un miglioramento significativo della qualità dell'aria riscontrabile su tutte le 3 classi di PM rilevato (PM10, PM2.5, PM1).

Nella Figura 20 si può osservare come già a distanza di 45 minuti dall'accensione del dispositivo le concentrazioni delle 3 classi di PM risultino diminuite di oltre il 70% rispetto alle concentrazioni di partenza, con un picco di abbattimento dell'82% per il PM10 (che passa da 52.5 a $9.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dopo lo spegnimento del dispositivo le concentrazioni ricominciano a salire (più lentamente rispetto alla loro precedente discesa) verso i valori iniziali, indicando sicuramente la costante penetrazione di particolato dall'esterno, probabilmente attraverso gli infissi della stanza.

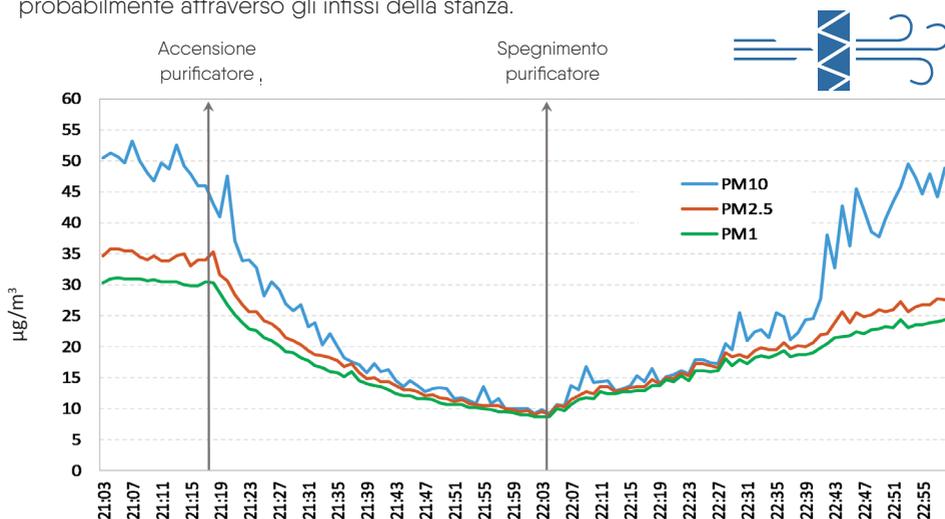


Figura 20 – Andamento delle concentrazioni di PM dopo l'accensione di un purificatore d'aria in una stanza in assenza di sorgenti interne, e dopo il suo successivo spegnimento a 45 minuti dall'accensione

In un secondo test (Figura 21) è stato lasciato in funzione lo stesso dispositivo per la purificazione dell'aria durante un'intera notte (dalle ore 23:00 alle ore 7:00) valutando l'andamento delle concentrazioni delle 3 classi di PM durante la notte e osservando il loro comportamento al momento dello spegnimento del dispositivo e della ripresa della normale attività domestica da parte degli abitanti della casa monitorata. Le concentrazioni di PM10 sono rimaste costantemente poco al di sotto dei 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre PM2.5 e PM1 si sono mantenuti intorno ai 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Al momento dello spegnimento del dispositivo (ore 7:10, Figura 21) le concentrazioni di particolato riprendono immediatamente a salire, portandosi nel giro di pochi minuti a valori quasi doppi rispetto a quelli notturni.

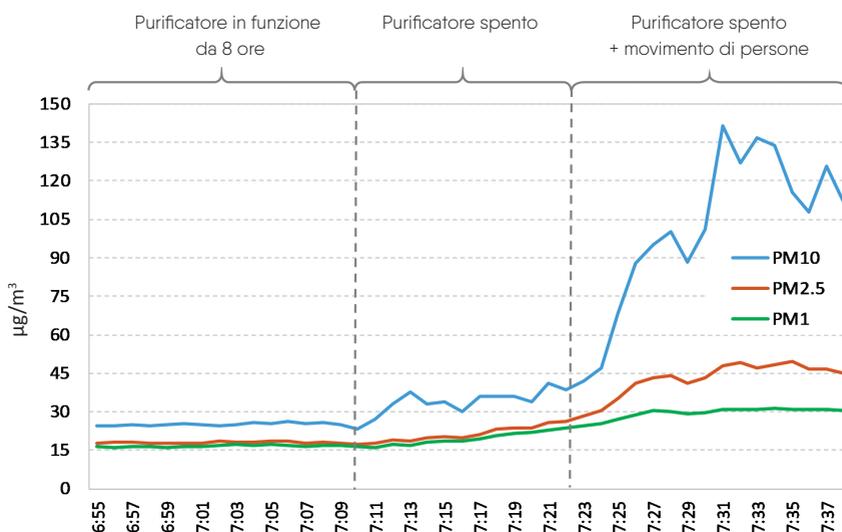
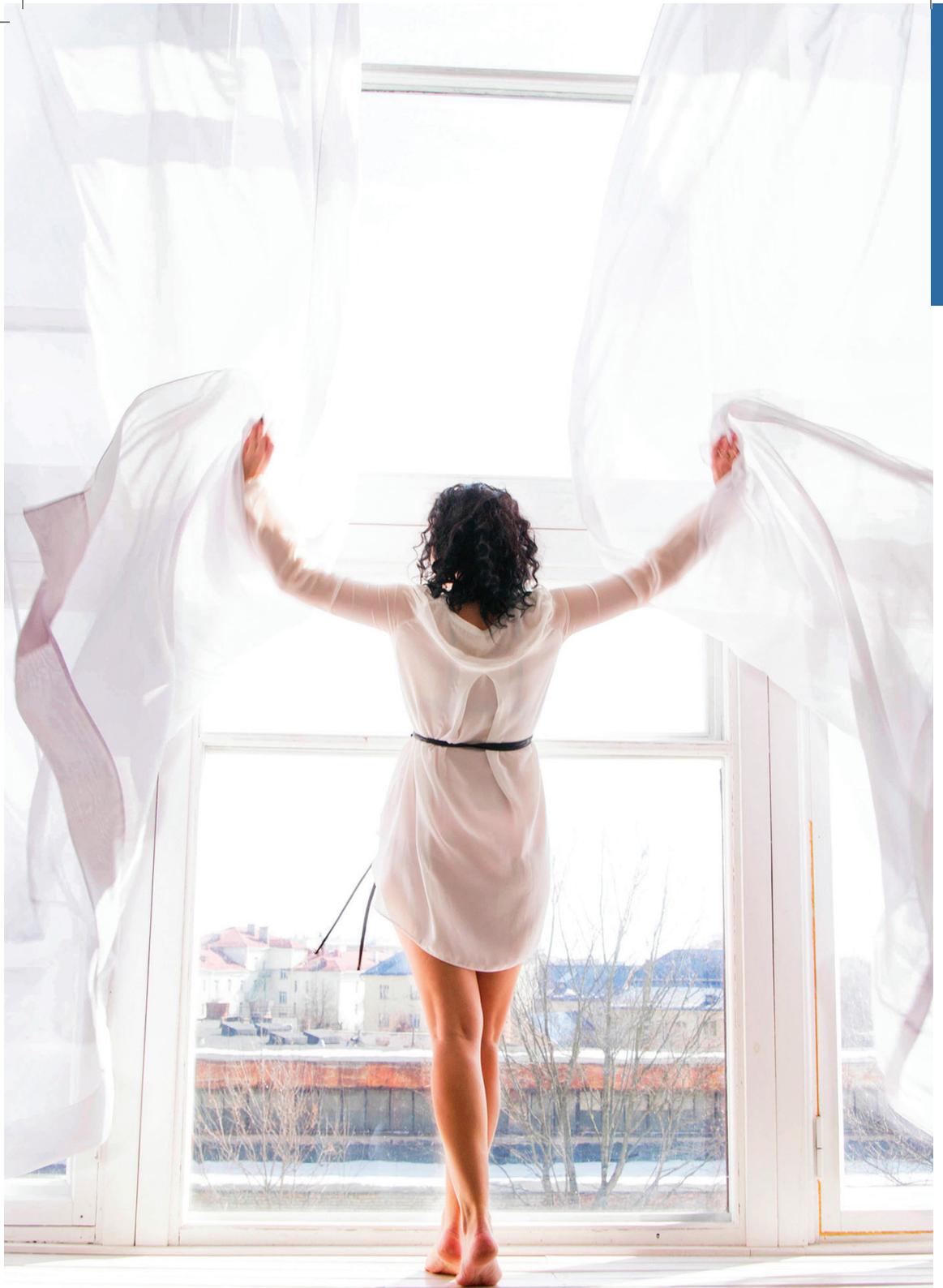


Figura 21 – Andamento delle concentrazioni di PM in ambiente indoor dopo un'intera notte con dispositivo di purificazione dell'aria in funzione al momento del suo spegnimento e della ripresa dell'attività domestica

L'inizio dell'attività domestica e i movimenti delle persone nella stanza inoltre (ore 7:22) portano ad un drastico risollevarsi di particelle soprattutto nella frazione più grossolana (PM10).

La maggior parte dei purificatori d'aria domestici sono dotati di un sistema a filtro multiplo (pre-filtro, carboni attivi, filtri HEPA) efficace non solo nella rimozione del particolato e delle polveri, ma anche nell'eliminazione di cattivi odori. La manutenzione e il ricambio di questi filtri sono tuttavia fondamentali per il corretto funzionamento del dispositivo. Pertanto è importante attenersi alle prescrizioni suggerite dalle case produttrici.





QUALI SONO LE CONDIZIONI MICROCLIMATICHE OTTIMALI ALL'INTERNO DI UN'ABITAZIONE?

Per condizioni microclimatiche all'interno delle abitazioni ci si riferisce in particolare ai valori di temperatura e umidità relativa presenti nell'aria confinata dell'ambiente in cui viviamo quotidianamente.

È importante considerare questi fattori perché da essi dipende il nostro benessere psicofisico (soprattutto se il residente è affetto da malattie polmonari, come per esempio asma e BPCO). Essi sono anche responsabili di una eventuale insorgenza di muffe o un di aumento delle concentrazioni indoor di particelle liquide sospese che possono fungere da nuclei di condensazione e formare in questo modo particelle più grandi e tossiche per l'uomo.

Mentre riusciamo a regolare le temperature interne delle abitazioni attorno ai 20 °C durante il periodo invernale grazie alla presenza di un termostato, non è altrettanto semplice contenere l'umidità relativa all'interno di un intervallo ottimale di valori (40–60%) se non si dispone di condizionatori e/o deumidificatori.. Senza di essi la mancata apertura delle finestre dell'abitazione durante il periodo invernale porterebbe alla formazione di muffe e concentrazioni elevate di particolato fine all'interno dell'abitazione. Al contrario, i sistemi di ventilazione meccanica controllata e/o i deumidificatori installati in queste abitazioni permettono il mantenimento di condizioni ottimali di temperatura e umidità relativa, come si evince dai grafici di Figura 22.

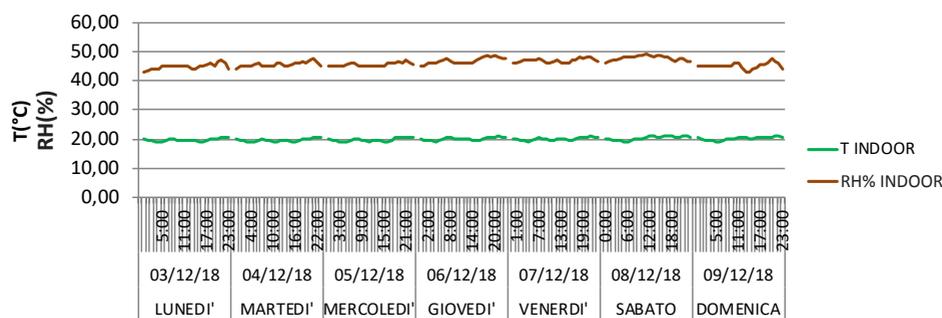


Figura 22 – Valori orari invernali di temperatura e umidità relativa rilevati all'interno di una abitazione in classe energetica A4 nella città di Brescia

Nel grafico di Figura 26 di pagina 24 vengono riportati per la stessa abitazione e per lo stesso periodo di misura i bassi valori di concentrazione orari di PM2.5 indoor confrontati con quelli elevati dell'ambiente esterno.

Anche i condizionatori in estate possono contribuire ad abbattere i valori di umidità relativa all'interno delle abitazioni mantenendo i valori nell'intervallo ottimale (40-60%). Congiuntamente anche la qualità dell'aria e il benessere psicofisico dei residenti (soprattutto asmatici) ne trovano giovamento. È importante tuttavia condizionare l'abitazione con sistemi che scambiano sia calore che aria con l'esterno per evitare che sia sempre la stessa aria "viziata" a circolare nell'ambiente indoor.

Per evitare che nell'ambiente indoor circoli aria viziata non bisogna considerare il condizionatore un sistema alternativo alla ventilazione di tipo naturale. E' consigliabile aprire comunque le finestre, anche se le temperature esterne sono elevate, almeno una volta al giorno.

Un esempio di abbattimento delle concentrazioni di particolato fine e grossolano (PM1, PM2.5 e PM10) è riportato in Figura 23. L'accensione del condizionatore in orari notturni porta a una graduale riduzione sia di PM10 che, in maniera minore, di PM2.5 e PM1. Da valori di fondo iniziali di PM10 attorno ai 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si raggiungono concentrazioni finali inferiori ai 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

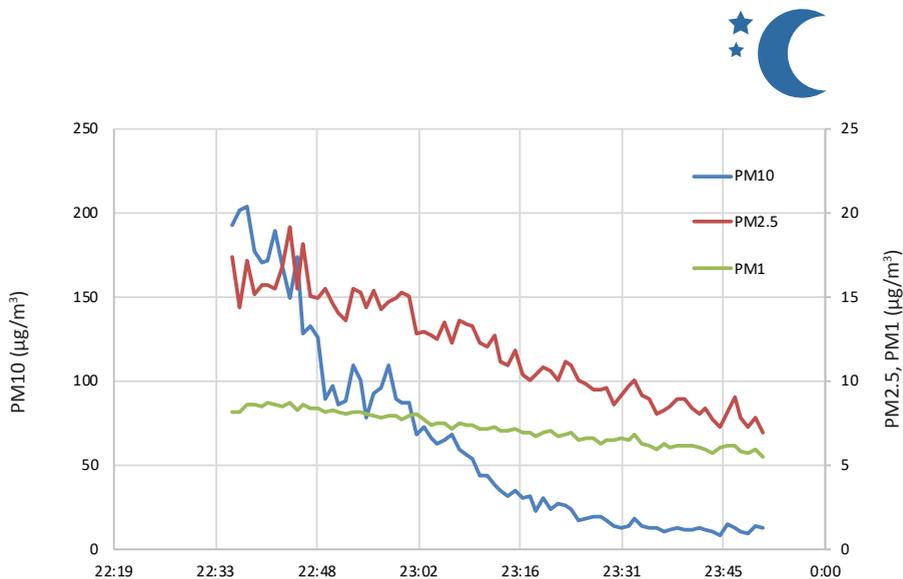


Figura 23 - Concentrazioni di PM10, PM2.5 e PM1 rilevate in una abitazione in orari serali e notturni a seguito dell'accensione del condizionatore



VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA. SISTEMA EFFICIENTE (MA OCCHIO ALLA MANUTEZIONE DEI FILTRI!)

Dal primo Luglio 2008 la certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione è diventata obbligatoria (Decreto legislativo 192/2005). Case in classe energetica elevata (classi A1-A4 in particolare) possono aumentare il comfort abitativo, non solo in termini di isolamento acustico e termico ma anche dal punto di vista dell'inquinamento indoor (con particolare riferimento al particolato fine e ultrafine). Ciò è reso possibile grazie all'applicazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC).

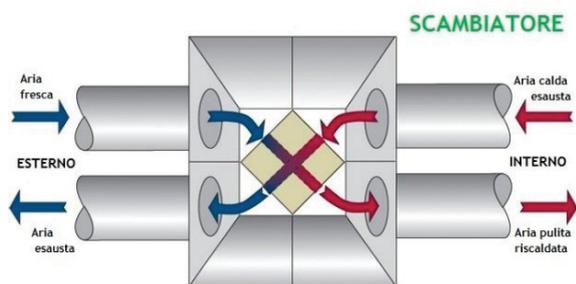


Figura 24 - Sistema di ventilazione meccanica controllata



Si tratta di un sistema di ventilazione che permette lo scambio costante di aria tra l'ambiente interno ed esterno all'edificio e che prevede l'utilizzo di filtri che meccanicamente trattengono il particolato (fine e grossolano in particolare).

Figura 25 - Esempio di filtri per trattenere il particolato usati nei sistemi VMC

Di seguito (Figura 26) si riportano i risultati di misure sperimentali invernali indoor e outdoor delle concentrazioni di PM_{2.5} (particelle di diametro inferiore a 2,5 µm) condotte in una abitazione in classe A situata nella città di Brescia dotata di un sistema VMC. È interessante osservare come nel corso di una settimana di misure in continuo le concentrazioni di PM_{2.5} interne all'abitazione assumono valori fino al 70-80% inferiori a quelle esterne.

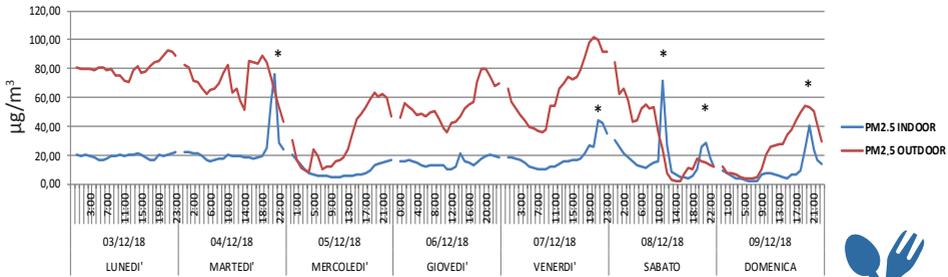


Figura 26 - Concentrazioni medie orarie di PM2.5 rilevate in parallelo indoor e outdoor (casa classe A). L'asterisco (*) evidenzia i picchi legati ad attività di cucina domestica



Il superamento (in ogni caso di breve durata) delle concentrazioni outdoor si ha solo in occasione degli orari del pranzo e della cena dovuti ad attività di cucina domestica.

Ma cosa succede se non viene curata la manutenzione dei filtri presenti nel sistema VMC?



La pulizia regolare dei filtri per il particolato (come da specifiche del costruttore, di norma una volta ogni due mesi) è fondamentale.

Figura 27 - Esempio di filtro sporco usato nei sistemi VMC

Di seguito si riportano i risultati di misure sperimentali invernali condotte in un'altra abitazione di classe A (con filtri sporchi) in cui i livelli di concentrazione indoor di particolato fine e grossolano sono risultati ben più elevati rispetto a quelli riscontrati nell'ambiente esterno.

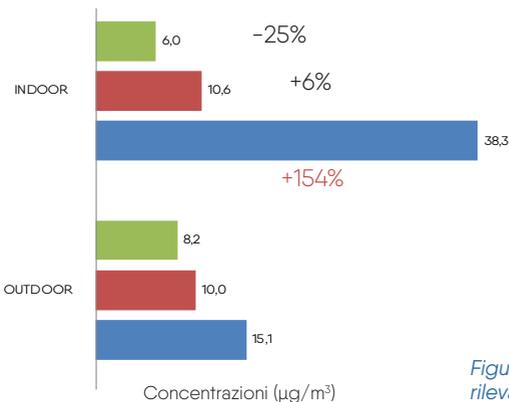


Figura 28 - Concentrazioni di PM10, PM2.5 e PM1 rilevate in una casa di classe A con filtri sporchi



CAMMINARE FA BENE ALLA SALUTE, MA IN UN CONTESTO URBANO È PREFERIBILE FARLO IN PARCHI E ZONE VERDI. DURANTE LE VOSTRE PASSEGGIATE È MEGLIO EVITARE STRADE TRAFFICATE NELLE FASCE ORARIE DI PUNTA E CANTIERI IN ATTIVITÀ

Camminare è la più semplice delle attività fisiche che possiamo compiere ed è accertato che può regalare importanti e numerosi benefici in termini di salute fisica e mentale.

Tuttavia in un contesto fortemente urbanizzato il traffico e le emissioni inquinanti di particolato atmosferico dovute ad autoveicoli e attività cantieristiche di movimentazione terra possono essere degli scomodi e indesiderabili compagni delle nostre passeggiate.

Per valutare il grado di esposizione al particolato atmosferico emesso da autoveicoli durante una normale passeggiata in contesto urbano sono stati effettuati alcuni test in cui sono state rilevate le concentrazioni di PM10, PM2.5 e PM1 lungo un percorso. In una prima simulazione di passeggiata effettuata durante una delle fasce orarie di punta del traffico (tra le 18.00 e le 18.30) si è scelto di spostarsi tra 2 punti di una città percorrendo solo strade trafficate (Figura 29, percorso giallo). Durante la seconda simulazione di passeggiata invece, per spostarsi fra gli stessi punti durante la stessa fascia oraria, si è scelto un percorso che per metà passa all'interno di un parco urbano (Figura 29, percorso verde)

Figura 29 – Percorsi a piedi effettuati tra il punto A e il punto B per valutare la diversa esposizione a PM durante gli orari di punta del traffico. Il percorso verde è per metà all'interno di un parco urbano



L'andamento delle concentrazioni delle 3 classi di PM monitorate durante le due tipologie di percorso (giallo e verde) è illustrato nella Figura 30.

Il percorso giallo (Figura 30 a sinistra) è caratterizzato da numerosi picchi di esposizione dovuti sicuramente al passaggio di autoveicoli e a tratti caratterizzati da code nei pressi di semafori. Le concentrazioni medie durante i 20 minuti di percorso a piedi sono state di 67, 47 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per PM10, PM2.5 e PM1 rispettivamente. Il percorso verde invece (Figura 30 a destra) ha ricalcato solo per metà lo stesso tratto del percorso giallo (strada trafficata) mentre nella seconda parte si è spostato all'interno di un parco urbano di medie dimensioni. Nella prima parte di percorso (primi 10 minuti) le concentrazioni medie delle 3 classi di PM sono risultate pressoché identiche a quelle rilevate durante l'intero percorso giallo, mentre nella seconda parte (nei minuti da 11 a 20) è stato rilevato un drastico abbassamento delle concentrazioni e la scomparsa di significativi picchi di esposizione. I valori medi misurati sono stati di 31, 28 e 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per PM10, PM2.5 e PM1 rispettivamente.

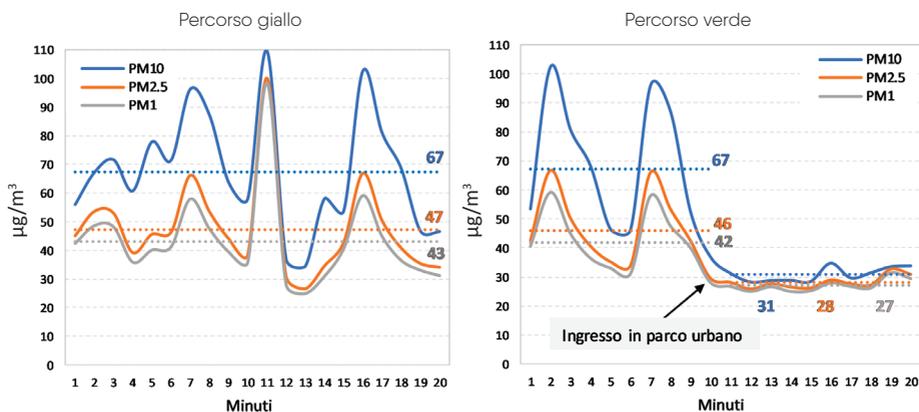


Figura 30 – Andamento delle concentrazioni di PM durante i due percorsi illustrati in Figura 1. Le linee tratteggiate rappresentano le concentrazioni medie di ciascuna classe di PM. Nel percorso verde le concentrazioni medie sono state separate per tratto lungo strada trafficata e tratto all'interno di un parco urbano

Pertanto è consigliabile durante passeggiate a piedi (ma anche in bicicletta) evitare di percorrere strade normalmente trafficate o strade trafficate durante le fasce orarie di punta del traffico. È altrettanto importante cercare di evitare di passeggiare e/o sostare nei pressi di luoghi come parcheggi di autobus, benzinai e cantieri in attività con zone di movimento terra.

Inoltre, è necessario prestare attenzione, durante le passeggiate nelle zone verdi e nei parchi sia in città che in campagna (cioè in un contesto agricolo) a lavorazioni del terreno con movimento della terra e ad eventuali avvisi (obbligatori) relativi a trattamenti fitosanitari in corso o effettuati da poco tempo, perché ciò comporta il potenziale rischio di esposizione a sostanze tossiche e polveri sottili.



L'ESPOSIZIONE AI PESTICIDI

Pesticidi è la traduzione italiana del termine inglese pesticides.

Per i prodotti impiegati in agricoltura, il termine italiano più corretto però, è prodotti fitosanitari. Con lo stesso significato questi prodotti vengono anche comunemente chiamati antiparassitari, fitofarmaci, agro-farmaci. *In ogni caso, prima di essere autorizzati all'uso in agricoltura, tutti i prodotti fitosanitari vengono valutati in merito al rischio che il loro uso comporta per l'uomo e per l'ambiente.*

Cosa sono?

I fitosanitari sono microrganismi o sostanze chimiche (biologiche e di sintesi), utilizzati principalmente in agricoltura, per eliminare tutto ciò che danneggia le piante coltivate (per esempio: parassiti animali o vegetali, oppure insetti che trasmettono diverse malattie alle piante) e compromette la produttività del terreno e la qualità del raccolto. Vengono anche impiegati per tutelare l'ambiente domestico.

La suddivisione di questi prodotti è caratterizzata dal suffisso *cida* che significa "capace di uccidere" gli organismi che sono il loro bersaglio (insetti, acari, funghi, etc.). Per esempio:

- *Insettici* (combattono insetti nocivi alle colture agricole, ma anche insetti semplicemente molesti o portatori (veicoli) di malattie per l'uomo o gli animali domestici)
- *Fungicidi* (contrastano le malattie e le alterazioni prodotte da funghi)
- *Diserbanti* o *erbicidi* (utilizzati per distruggere le erbe infestanti, o malerbe..)
- *Anticrittogamici* (contrastano le malattie e le alterazioni prodotte da batteri, muffe ed alghe

(fonte: Istituto Superiore della Sanità)

Residenti e astanti- perché è meglio evitare l'esposizione

I prodotti fitosanitari contengono una o più "sostanze attive". Essi non sono tutti uguali, e agiscono con dei meccanismi differenti che talvolta possono avere effetti tossici, acuti o cronici, anche su organismi, come quello umano, che non sono il loro diretto bersaglio.

Per questo motivo *in alcuni casi* possono rappresentare un *potenziale pericolo* per la salute.



Figura 31 – Differenza tra pericolo e rischio. Infografica prodotta da EFSA

L'effetto dipende dalla dose: se non mi espongo rischio meno

I residenti o gli astanti, che non adottano normalmente misure protettive per ridurre l'esposizione ai prodotti fitosanitari, possono essere esposti:

- Perché abitano, vivono o passeggiano in vicinanza alle zone dove i prodotti fitosanitari sono utilizzati
- A causa del loro uso domestico in quanto i residui del loro utilizzo si possono depositare su mobili, tappezzeria e suppellettili che, in ambiente interno, possono persistere più a lungo rispetto all'esterno.

Si può essere più o meno esposti in funzione delle modalità di applicazione e rispetto delle indicazioni riportate in etichetta da parte di chi effettua il trattamento, dalla distanza tra l'abitazione del residente e l'area trattata, della persistenza della sostanza attiva, dei comportamenti del residente/astante, dalle condizioni ambientali.

Nonostante i notevoli progressi della scienza, non si hanno, al momento, strumenti in grado di stimare con esattezza il rischio oggettivo derivante dall'esposizione da pesticidi della popolazione, proprio perché le situazioni, le cause, l'entità dell'esposizione, il grande numero di sostanze utilizzate e i meccanismi di azione possono essere diversi. Per precauzione è quindi sempre bene evitare di esporsi a tali sostanze.

Come? Pensa e proteggiti te stesso con piccoli accorgimenti

Per evitare di entrare in contatto (per via cutanea o respiratoria) con una sostanza che può avere un effetto tossico è sempre meglio porre *dei limiti o barriere all'esposizione*.

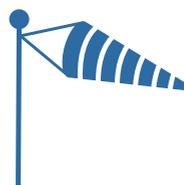
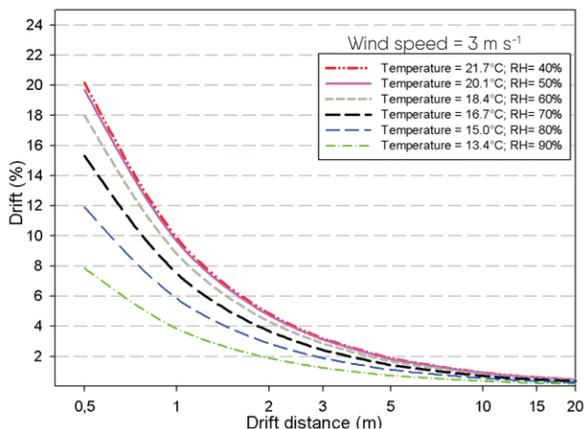


Figura 32 – Variazione percentuale della deriva e distanze per diverse combinazioni realistiche di umidità relativa e una velocità del vento di 3 m s^{-1} . Da: D Nuyttens et al

In casa

■ Se usi insetticidi segui sempre attentamente le modalità e le precauzioni d'uso indicate sull'etichetta. È importante distribuire il prodotto con moderazione e localizzarlo, riducendo così i depositi e le contaminazioni che ne possono derivare.

Se passeggi in campagna a piedi o in bicicletta

- Controlla se ci sono cartelli che indicano che è stato effettuato un trattamento e leggi attentamente ciò che è scritto
- Evita di entrare in un campo che sai essere stato trattato e non toccare con le mani foglie e/o altri parti della vegetazione
- Evita di passeggiare per i campi agricoli durante il periodo dei trattamenti e se noti delle nubi di prodotti fitosanitari o ne senti l'odore, cerca di evitarle e non andargli incontro. Una buona abitudine è sempre quella di informarsi sui trattamenti pianificati o già effettuati nelle aree rurali dove si decide di passeggiare.



Se vai a passeggio o a giocare in un parco oppure abiti in prossimità di un viale alberato

- Controlla se ci sono cartelli che indicano che ci sarà un trattamento o che è stato effettuato un trattamento e leggi attentamente ciò che è scritto
- Chiudi le finestre mentre stanno trattando
- Ricorda anche che le aree verdi dove si tengono eventi e manifestazioni possono essere state precedentemente trattate con i prodotti fitosanitari: è sempre bene essere informati.

Se abiti in prossimità di un campo

- Cerca di relazionarti e avere un dialogo con l'agricoltore, tuo vicino, al fine di ottenere una maggiore collaborazione
- Informati sui trattamenti pianificati
- Chiudi le finestre quando sai che il trattamento viene effettuato
- Evita di stendere i panni quando sai che è stato pianificato o è stato appena effettuato un trattamento
- Se puoi perimetra la tua area di proprietà con barriere di siepi e/o alberi (chiedi consiglio ad un esperto su quale scegliere) se la tua residenza confina con il campo.



Aerosol particelle solide o liquide sospese in un gas. Ne sono un esempio i prodotti che spruzziamo da una bomboletta spray

Anapnoi (dal greco αναπνοή) respiro

Combustione residenziale riscaldamento domestico

Ciclo convettivo processo ciclico in base al quale il particolato si risolve dal suolo per poi tornare a depositarsi a terra (o sui mobili o altri oggetti presenti all'interno di una abitazione)

Combustione aperta combustione che avviene nei classici camini a legna, che prelevano l'aria necessaria a far avvenire la combustione direttamente dalla stanza in cui sono collocati

Combustione chiusa processo che avviene in una camera di combustione separata dall'ambiente indoor in cui è installato il sistema.

Concentrazione di particolato quantità di particolato presente in un volume di aria definito (ad esempio un metro cubo d'aria)

Prodotto fitosanitario prodotto per combattere le malattie delle piante; può essere un prodotto ad uso domestico oppure a uso agricolo, nelle zone coltivate. In questo secondo caso è bene prestare attenzione ai periodi del loro utilizzo sia in campagna (soprattutto presso le aree agricole) che in città (nelle aree verdi)

Fonte attiva di particolato sorgente diretta di particolato (ad esempio gli scarichi dei veicoli o i fumi emessi da un camino)

Healthy ageing Invecchiare in salute

HEPA Filtro per il particolato ad alta efficienza

Indoor/outdoor interno/esterno (all'abitazione)

Inversione termica notturna fenomeno per cui in inverno, durante le ore notturne, la parte di aria più a contatto con il suolo aumenta, invece che diminuire, la sua temperatura con l'aumentare dell'altezza. Questa situazione fa sì che negli strati bassi di aria, dove la temperatura rimane inferiore, le sostanze inquinanti non riescano a disperdersi (come accadrebbe se l'aria fosse più calda). Esse rimangono pertanto più concentrate negli strati d'aria più vicini alle persone e alle abitazioni. Proprio per questo è preferibile non aprire le finestre per cambiare aria durante il mattino.

Particolato ultrafine particolato di dimensioni comprese tra 10 nm e 100 nm (1 nm = 1 nanometro = sottomultiplo del metro equivalente ad 1 miliardesimo di metro)

Particolato fine particolato di dimensioni comprese tra 100 nm e 1000 nm (1 nm = 1 nanometro = sottomultiplo del metro equivalente ad 1 miliardesimo di metro)

Particolato grossolano particolato di dimensioni superiori a 1000 nm (1 nm = 1 nanometro = sottomultiplo del metro equivalente ad 1 miliardesimo di metro)

PM1, PM2.5, PM10 concentrazione di particolato di dimensioni inferiori a 1000 nm, 2500 nm e 10000 nm rispettivamente, espresso in microgrammi di particolato presenti in un metro cubo di volume di aria campionata.

Risollevamento il particolato torna a circolare nell'aria domestica quando, ad esempio, avviene uno spostamento di persone o di oggetti all'interno dell'abitazione.

Sistema VMC Sistema di Ventilazione Meccanica Controllata che permette il ricambio di aria interna alle abitazioni con prelievo di aria filtrata dall'esterno, anche a finestre chiuse (con particolare riferimento all'abbattimento del particolato atmosferico). Questo sistema è in dotazione nelle case di livello energetico più elevate

Sorgente emissiva fonte che produce e immette sostanze inquinanti nell'atmosfera

Termoconvezione movimento dell'aria dovuto alla presenza, nell'atmosfera sia interna che esterna, di strati d'aria di temperature differenti. L'aria calda tende a salire verso l'alto, quella fredda a scendere verso il basso.

µg microgrammo (sottomultiplo del grammo equivalente ad un milionesimo di grammo)



SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA

D Nuyttens et al Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. Aspects of Applied Biology 77, 2006 International Advances in Pesticide Application

Sacchetti G. Calliera M., Pesticidi fuori dal piatto. Editore Mattioli,

Piacenza 1885 ISBN: 978-88-6261-486-3

L'aria Nella Nostra Casa Come Migliorarla? Ministero della Salute/Istituto Superiore di Sanità 2017.

Dieci pratiche regole da seguire per ridurre l'esposizione all'inquinamento indoor. Decalogo SIMA – Società Italiana Medicina Ambientale.

Rapporti ISTISAN 15/4. La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor. Istituto Superiore di Sanità, Roma, 28/05/2014.

Top 10 Ways Homeowners Can Ensure Good Indoor Air Quality. ASHRAE Standard 62.2, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings, and 2001 ASHRAE Handbook, Fundamentals, Chapter 26, Ventilation and Infiltration.

WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark, 2010

WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark, 2010.

www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/p/pesticidi

www.efsa.europa.eu/it/press/news/141023



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

PROGETTO ANAPNOI

Respirare bene per invecchiare meglio

<https://progetti.unicatt.it/progetti-brescia-anapnoi-home>