

# Inquiname

**IL PROBLEMA DELL'INQUINAMENTO NEGLI AMBIENTI INTERNI NON INDUSTRIALI STA ASSUMENDO NOTEVOLE RILIEVO SIA PER LE IMPLICAZIONI TECNICHE E PROGETTUALI DEGLI EDIFICI, SIA PER GLI EFFETTI SULLA SALUTE DEGLI ABITANTI. INFORMAZIONE E FORMAZIONE DIVENTANO ESSENZIALI NELL'OTTICA DI UN INTERVENTO PREVENTIVO.**



ento

# indoor

## Che aria respiriamo



L'inquinamento atmosferico può essere definito come la presenza nell'atmosfera di sostanze che causano un effetto misurabile sull'essere umano, sugli animali, sulla vegetazione; queste sostanze di solito non sono presenti nella normale composizione dell'aria, oppure lo sono a bassa concentrazione.

Gli inquinanti vengono solitamente distinti in due gruppi principali: quelli di origine antropica, cioè prodotti dall'uomo, e quelli naturali; un'ulteriore classificazione li suddivide in primari, cioè liberati nell'ambiente come tali, per esempio il biossido di zolfo e il monossido di azoto, e secondari, come l'ozono, che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche.

L'inquinamento causato da queste sostanze negli ambienti aperti viene definito esterno, o outdoor, mentre l'inquinamento nei luoghi confinati, come gli edifici, viene indicato come inquinamento interno o indoor.

Mentre sui temi dell'inquinamento dell'aria esterna la guardia è ormai alta e già da tempo sono

stati presi seri provvedimenti, anche normativi, nel caso dell'aria contenuta nelle nostre abitazioni o nei luoghi di lavoro non industriale spesso si ignora la pericolosità: può sembrare un paradosso, eppure l'ambiente costruito costituisce una minaccia per la salute degli abitanti ben più grave di quella proveniente dall'esterno. È stato dimostrato da numerosi studi compiuti sia in Italia sia all'estero che i luoghi chiusi presentano una concentrazione di sostanze inquinanti decisamente più rilevanti di quelle misurate all'aperto, anche nelle città (vedi Tabella); se a questa considerazione si aggiunge che, nelle società sviluppate, le persone trascorrono il 90% del proprio tempo in ambienti artificiali e che all'aria di tali luoghi sono esposti non solo adulti in buona salute, come negli ambienti produttivi, ma anche anziani, malati e bambini, si può comprendere la rilevanza del problema.

I primi studi sulla relazione fra ambiente costruito e salute degli abitanti affondano le loro radici negli ultimi decenni dell'Ottocento, quando l'attenzione verteva sulle

patologie derivanti dalla permanenza in luoghi di vita umidi e malsani, complici la promiscuità, il sovraffollamento e la carenza di condizioni igieniche. Dai problemi emersi e dalle necessità rilevate, iniziarono a essere emanati i primi provvedimenti legislativi volti al miglioramento delle condizioni abitative, dando vita a quel corpus normativo che ancora oggi è alla base della normativa urbanistica e igienico-edilizia. In seguito, con lo sviluppo delle attività produttive, gli igienisti cominciarono a occuparsi dei rischi espositivi a cui le persone erano sottoposte negli ambienti di lavoro industriali, definendo i provvedimenti da adottare, sia di ordine normativo sia tecnico. Si sono dovuti attendere gli anni Settanta affinché l'attenzione si focalizzasse sulla qualità dell'aria negli ambienti di vita e la novità, rispetto ai problemi del passato, è che la nocività dell'aria diviene una peculiarità degli edifici più grandi, più lucenti, apparentemente asettici, spesso simbolo delle capacità dell'uomo di sfidare cielo e terra con le sue gigantesche costruzioni.

### **Gli inquinanti e le fonti di emissione**

Nell'aria che si respira all'interno degli ambienti, nei quali sono svolte le preminenti attività dell'abitare, del lavorare e le altre espressioni del vivere quotidiano, sono presenti inquinanti che possono provenire dall'esterno e sono legati all'inquinamento atmosferico, ma la maggior parte di essi sono prodotti all'interno degli edifici stessi. I livelli



Inquinante	Sito interna ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentrazione esterna ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentrazione
Biossido di azoto	S	13,3	16,3
	A	21,8	14,9
Formaldeide	S	8,1	3,1
	A	26,5	2,6
Benzene	S	1,7	0,9
	A	1,4	0,7
Toluene	S	7,5	3,5
	A	17,1	4,3
Etilbenzene	S	2,6	<LR
	A	4,5	3,4
Xileni	S	3,5	2,6
	A	7,4	3,1

Legenda: S = scuole; A = abitazioni; LR = limite di rilevabilità

Fonte: Arpa Friuli Venezia Giulia - Notiziario, settembre 2008

*Tabella - Inquinanti rilevati nel corso di un'indagine condotta in 4 scuole elementari e nelle abitazioni dei 50 alunni.*

di concentrazione che gli inquinanti raggiungono all'interno degli edifici sono uguali o superiori a quelli dell'aria esterna; tale asserzione è basata su due considerazioni principali: da un lato, le concentrazioni degli inquinanti presenti nell'aria esterna non vengono ridotte efficacemente, quando l'aria penetra negli edifici; dall'altro, negli edifici sono presenti le principali sorgenti della maggior parte degli inquinanti indoor. Per quanto riguarda la prima considerazione, si può affermare che l'aria che entra in un edificio per ventilazione meccanica è raro che subisca dei processi di purificazione che eliminino inquinanti diversi dal particolato, e questi processi hanno un'efficienza di rimozione del particolato fine molto bassa. L'aria che penetra per infiltrazione generalmente viene purificata molto poco, poiché passa attraverso le fessure presenti negli infissi.

La seconda considerazione, e cioè che le sorgenti indoor forniscono un contributo significativo alla concentrazione e all'esposizione negli ambienti interni, è confermata dai numerosi dati circa la misura delle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato, supportati anche dalle informazioni sulla composizione di migliaia di prodotti per l'edilizia. La qualità dell'aria interna è determinata dalla presenza di inquinanti che possono essere originati da diverse sorgenti in concentrazioni molto variabili nel tempo sia in termini di composti sia di quantità relative, a seconda delle sorgenti presenti nell'edificio, della ventilazione e delle

abitudini e attività degli occupanti.

Considerato che gli inquinanti presenti negli ambienti interni sono assai numerosi, in genere, per maggiore chiarezza e semplicità, sono ripartiti in tre categorie, secondo la loro natura, cioè: inquinanti chimici, inquinanti fisici e inquinanti biologici. Uno dei più consistenti gruppi di inquinanti chimici è rappresentato dai composti organici in fase gassosa, una serie di sostanze, naturali o sintetiche, nella cui composizione chimica di natura "organica" si rileva la presenza di atomi di carbonio, oltre che di idrogeno, ossigeno, azoto, zolfo, fosforo, alogeni, metalli.

In base al loro punto di ebollizione che ne condiziona la volatilità, questi composti vengono distinti in quattro gruppi: composti molto volatili (Vvoc da very volatile organic compounds), composti volatili in senso stretto (Voc da volatile organic compounds), composti semivolatili (Svoc da semivolatile organic compounds) e composti associati con il particolato (Pom da particulate organic matter). Questa classificazione ha un significato pratico in quanto la volatilità è uno dei fattori più importanti che determina il metodo di campionamento più consono per il loro monitoraggio ambientale.

### Composti organici

Tra questi gruppi, di particolare importanza è quello dei Voc fra cui si segnalano i seguenti composti:

- Formaldeide. È un gas invisibile, dall'odore pungente, molto



solubile nell'acqua e, dunque, irritante delle mucose degli occhi e delle vie aeree superiori con le quali viene a contatto. Le fonti potenziali di emissione sono numerose: la formaldeide è presente nei prodotti in legno, in seguito ai trattamenti subiti, e in particolare nelle resine utilizzate per il truciolato, il compensato e simili, come pure nelle sostanze adesive per alcuni prodotti tessili quali tappezzerie e moquette e nelle schiume a base di urea-formaldeide utilizzate per l'isolamento.

L'emissione di formaldeide nell'ambiente è determinata da più fattori: innanzitutto l'umidità relativa e poi la temperatura; il loro innalzamento ne incrementa l'emissione. Poiché la presenza umana negli ambienti chiusi provoca, per effetto del metabolismo, un aumento dell'umidità relativa e della temperatura, si può comprendere l'incidenza della presenza umana sull'emissione di formaldeide.

- Benzene e derivati. Fonti principali sono il fumo di sigaretta, le vernici, le colle, i prodotti di manutenzione e di pulizia del legno e della casa in generale, oltre all'acqua e ai cibi. Sebbene l'utilizzo di questa sostanza sia stato vietato in quasi tutti i Paesi per i suoi effetti nocivi sulla salute, essa viene spesso rinvenuta durante tutte le misu-

razioni volte all'individuazione di sostanze emesse negli ambienti interni da arredi o materiali da costruzione. La presenza consistente del benzene è da motivare con il fatto che le norme vietano l'uso della sostanza, ma non i suoi composti, che anzi vengono utilizzati in quantità maggiore come sostituti del benzene stesso. Inoltre i provvedimenti di proibizione sono abbastanza recenti, quindi è normale che esistano ancora tracce di benzene in molti elementi di arredo e di finitura interna che risalgono a qualche tempo fa.

- Pentaclorofenolo. Questa sostanza, utilizzata principalmente negli insetticidi, ha un vastissimo impiego per le sue caratteristiche di "biocida universale", soprattutto come preservante del legno e come antimuffa per le vernici. Questa sostanza ha effetti molto dannosi sulla salute, perché la sua diffusione all'interno del corpo umano avviene in tempi molto rapidi con una concentrazione massima nel sangue, nel fegato e nei reni; inoltre la continua esposizione può innescare un processo di accumulo nell'organismo, con conseguente intossicazione.

Oltre alla categoria dei composti organici, fra gli inquinanti di natura chimica sono da citare

anche il fumo di tabacco, gli ossidi di azoto, gli ossidi di carbonio, l'anidride solforosa, derivanti da fonti di combustione (stufe a gas, a legna, sigarette ecc.).

### Contaminazioni diverse

I contaminanti fisici sono rappresentati dalle fibre minerali naturali e artificiali; fonti di rilascio sono tutti i materiali fibrosi, siano essi di origine naturale, come l'amianto, o di origine artificiale, quali la lana di vetro e di roccia, che hanno trovato un vasto impiego principalmente come isolanti o coibenti e, in secondo luogo, come materiali di rinforzo e supporto per altri manufatti sintetici. Le responsabilità nel rilascio di fibre e polveri dai materiali sono da imputare alla composizione del prodotto; alla validità del legante; al tipo di finitura superficiale; all'età del materiale e al suo stato di manutenzione e, infine, agli interventi di manipolazione e di lavorazione sul prodotto.

Un'altra categoria di inquinanti fisici è rappresentata dalle radiazioni ionizzanti di origine naturale. Elemento gassoso radioattivo è il radon, che penetra nelle abitazioni provenendo dal sottosuolo e, in misura minore, dai materiali da costruzione, in particolare quelli la cui materia prima è costituita da tufi, lave e pozzolane.

Nell'aria degli ambienti confinati possono essere presenti anche agenti biologici, rappresentati da particelle organiche (bioaerosol), da microrganismi (virus, batteri, funghi, muffe, protozoi, lieviti), da artropodi (acari, aracnidi) e da materiale biologico da essi derivato, e da materiale organico di origine vegetale (pollini di piante).

Tipiche fonti di questi agenti sono i condizionatori d'aria, i sistemi di ventilazione, gli umidificatori, la polvere domestica, oltre all'uomo e agli animali. Anche i materiali edilizi possono essere annoverati fra le fonti, sebbene non siano direttamente coinvolti: gli inquinanti microbiologici non hanno infatti origine diretta nei materiali, ma in essi trovano le condizioni ideali per svilupparsi. Ciò accade normalmente quando nelle parti edilizie è pre-

sente dell'umidità oppure quando si verificano dei ponti termici che permettono la formazione di condensa sulle superfici interne di un manufatto edilizio.

Nella panoramica degli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti interni, un accenno va fatto anche per l'inquinamento di tipo elettromagnetico.

La produzione dell'energia elettrica, la sua trasmissione e utilizzazione danno luogo alla formazione di campi elettrici e di campi magnetici che permeano tutto il nostro ambiente. Dato che la corrente elettrica è per lo più utilizzata a bassa frequenza nella rete distributiva, i campi che ne derivano sono da considerare parte delle onde elettromagnetiche a frequenza estremamente bassa.

Negli ambienti di lavoro e nell'ambiente domestico, in condizioni particolari, si possono avere anche campi a radiofrequenza e a microonde, generati dall'utilizzo di forni o altre attrezzature che li utilizzano. Non si devono dimenticare le sorgenti esterne: in particolare, molta attenzione è posta alla possibilità di campi indotti dalle linee elettriche ad alto voltaggio poste in vicinanza di edifici a uso residenziale.

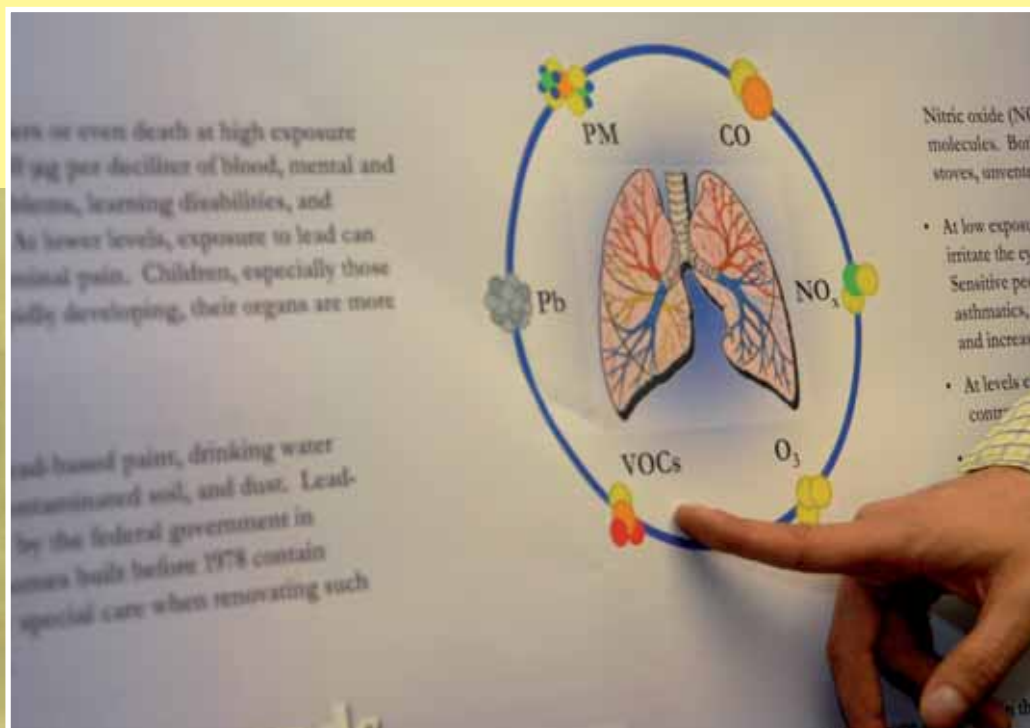
### Effetti sulla salute

Gli inquinanti interni hanno un impatto sull'uomo che può essere causa di una vasta gamma di manifestazioni che vanno dalle sensazioni di malessere e di disagio avvertito a livello sensoriale, all'acuirsi dei fenomeni allergici, fino a gravi affezioni dello stato di salute. Per alcuni gruppi di inquinanti è stata riconosciuta la capacità di indurre alterazioni al genoma cellulare, tali da sviluppare un processo tumorale: per esempio, il radon è riconosciuto come causa di insorgenza di cancro al polmone dovuta soprattutto all'azione dei prodotti di decadimento di questo elemento che agiscono direttamente sulle mucose dell'apparato respiratorio, dati i tempi di dimezzamento molto bassi. Anche alcuni composti organici volatili sono responsabili di scatenare effetti genotossici in animali da laboratorio; tuttavia i dati disponibili non consentono di stimare il reale rischio cancerogeno per la popolazione esposta in ambienti confinati. Più semplici da riscontrare per il loro effetto immediato sono, invece, le alterazioni cutanee e delle mucose causate dal contatto con elevate concentrazioni di Voc e in particolare di formal-

deide. È opportuno però sottolineare che per questo tipo di manifestazioni risulta determinante la concorrenza di diversi fattori ambientali, associata anche alla risposta di ciascun individuo.

Il manifestarsi di un insieme di sintomi generali (affaticamento, mal di testa, irritazione degli occhi, difficoltà di concentrazione, sono i sintomi più diffusi) che colpiscono la maggioranza delle persone che soggiornano in ambienti "sigillati", dotati di impianti di condizionamento dell'aria e che scompaiono non appena si abbandona l'edificio, denota la presenza della Sick Building Syndrome o sindrome da edificio malato. Le cause sembrano essere legate sia all'inquinamento dell'aria interna sia alle condizioni microclimatiche, all'illuminazione e al rumore. Altro tipo di manifestazione patologica è la Building Related Illness o malattia correlata all'edificio che si riferisce a condizioni di vera e propria malattia con un preciso quadro clinico: la "legionellosi", "la febbre da umidificatore", il tumore indotto da esposizione a radon indoor o le irritazioni alle mucose sono effetti le cui cause sono individuabili in modo preciso e inequivocabile.





### Strategie di prevenzione

Per affrontare il problema inquinamento interno è necessario un intervento preventivo da effettuare agendo contemporaneamente su piani diversi: quello dell'informazione e della comunicazione al pubblico, perché siano evitate o limitate attività pericolose; quello della formazione specializzata dei tecnici; quello normativo o regolamentare che può avere funzione sia informativa sia dissuasiva di comportamenti a rischio da parte degli operatori e quello del controllo della qualità dei prodotti edilizi e di finitura.

La diffusione della conoscenza, la messa a punto di tecniche di intervento, l'incentivazione alla produzione e, in seguito, all'utilizzo di prodotti ecocompatibili sono elementi tra loro strettamente correlati che necessitano del coinvolgimento di competenze e responsabilità diversificate. Un ruolo determinante deve essere svolto anche dal progettista, poiché su alcuni dei fattori che determinano la qualità dell'aria può agire anche il progetto. Vediamo di seguito alcuni accorgimenti che ogni buon pro-

gettista dovrebbe adottare per assolvere al compito di fornire un edificio salubre, in cui siano il più possibile ridotti i rischi di inquinamento dell'aria.

Innanzitutto si deve far in modo che l'aria esterna immessa sia la migliore possibile; quindi il primo passo da compiere è accettarsi che il luogo da costruzione non sia adiacente a fonti inquinanti esterne, per esempio vie ad alto traffico, aeroporti, insediamenti industriali. Deve essere dedicata particolare cura alla localizzazione delle prese d'aria e delle finestre, il più possibile lontano da fonti inquinanti, per esempio parcheggi.

Secondo principio fondamentale è la minimizzazione del carico inquinante dovuto a materiali e prodotti edilizi che, in condizioni di uso normale, sono causa potenziale di emissione di alcuni tipici inquinanti: fra cui la formaldeide.

L'emissione di altre sostanze nocive è legata a particolari condizioni o a casi eccezionali quali l'incendio, per quanto riguarda i prodotti della combustione (fumi tossici), o la dispersione di fibre e polveri in caso di crolli per eventi

naturali o per demolizioni. Terzo punto è la riduzione del carico inquinante derivante da attività: è necessario individuare le fonti inquinanti e confinarle. Se il punto critico è la produzione di prodotti dovuti alla combustione, si deve, innanzitutto, abbattere i fumi alla fonte, dotare gli ambienti di ventilazione attivata e poi controllare che gli inquinanti non siano reimmessi negli ambienti. Per quanto riguarda l'emissione di composti organici volatili si deve limitare la produzione attraverso la scelta dei prodotti di finitura e di arredo e il confinamento delle zone a rischio.

Infine per permettere un'adeguata diluizione degli inquinanti è opportuno che il progettista curi in modo particolare il progetto della ventilazione.

Da ultimo, ma non per questo meno importante, per una corretta prevenzione del problema è necessaria anche la collaborazione degli abitanti che, con le loro attività regolate da cattive abitudini, sono spesso responsabili del peggioramento della situazione.