

Cristiano Vergani  
Responsabile R & S  
Deparia Engineering S.r.l.  
Email: [cristiano.vergani@deparia.com](mailto:cristiano.vergani@deparia.com)

## **Moderna diffusione e filtrazione dell'aria**

### **Cap. 1 La filtrazione dell'aria negli ambienti confinati**

Di pari passo con il crescere della consapevolezza a riguardo del livello d'inquinamento dell'aria, interno o esterno che sia, aumenta la necessità, in qualche modo, di cercare di porvi rimedio: molte sono le strade da percorrere, prima fra tutte quella della prevenzione. Tuttavia, nell'immediato, per rimediare ad una situazione ormai insostenibile, non esiste altra scelta se non quella della "rimozione forzata" degli inquinanti dall'aria che respiriamo. Per l'aria esterna, si tratta di un compito quasi impossibile, per ora alla portata dei soli eventi meteorologici; la possibilità, invece, di ridurre efficacemente il livello degli inquinanti sospesi nell'aria interna degli ambienti, è molto più concreta, anche se rappresenta una sfida impiantistica discretamente impegnativa dal punto di vista tecnico e progettuale. Le armi a nostra disposizione per abbattere le sostanze inquinanti indoor sono sostanzialmente due: la diluizione con aria pulita esterna e la filtrazione dell'aria interna. Chi ha la fortuna di risiedere in una zona dall'aria esterna incontaminata, ne potrà usufruire liberamente per il "lavaggio" degli ambienti; in caso contrario, si dovrà ricorrere ad una decisa filtrazione anche dell'aria esterna, prima di poterla usare ai fini di ventilazione.

Dal punto di vista ideale, un filtro è una macchina molto semplice, una specie di setaccio: l'aria passa, l'inquinante no. Questo è vero per inquinanti molto grossolani, come fiocchi di polvere, lanugine, foglie secche e simili. Tutto il rimanente comporta delle difficoltà più o meno grandi, a volte notevolissime, per essere rimosso dal flusso d'aria, in conseguenza dei seguenti fattori:

- stato fisico (corpuscoli, gas, vapori),

- dimensione (dai decimi di millimetro ed oltre alle dimensioni molecolari),
- caratteristiche chimiche (reattività, stato di ossidazione),
- biologiche (batterio, spora fungina, virus),
- elettriche (conduttività, stato di carica).

Inoltre, non si deve mai dimenticare che un qualsiasi filtro è, per sua natura, un dispositivo d'accumulo di sostanze nocive: questo fatto comporta una serie di conseguenze pratiche che devono essere sempre accuratamente considerate dal progettista, a partire dalle variazioni comportamentali durante la vita operativa (variazione delle perdite di carico) fino alle conseguenze sulla sicurezza degli utenti e degli addetti alla manutenzione (possibile rilascio di agglomerati, strippaggio delle sostanze chimiche accumulate, sviluppo di colonie batteriche o fungine). In sintesi, quella della filtrazione è una vera e propria cultura, complessa e variegata, che deve essere padroneggiata adeguatamente. In caso contrario, il rischio di creare molti più problemi di quelli che si crede di risolvere è assai elevato. In questo corso, necessariamente sintetico, si cercherà di fornire gli elementi essenziali ad un uso consapevole e ragionato della filtrazione, nell'ambito della ventilazione generale e del trattamento delle emissioni civili, sottolineando quanto di innovativo e tecnologicamente avanzato si è reso ultimamente disponibile nel settore.

## **1.1 Strategia di intervento**

Le quattro pareti di un ambiente possono assumere un ruolo di "barriera" nei confronti degli inquinanti sospesi nell'aria: allo stesso tempo, esse possono costituire una difesa contro gli inquinanti esterni ed un ostacolo alla dispersione di quelli interni. Per questo motivo, la concentrazione degli inquinanti indoor può dipendere dal livello d'emissione delle fonti interne e dall'equilibrio che s'instaura tra interno ed esterno attraverso il ricambio d'aria, naturale o artificiale, che si viene a creare attraverso le pareti. Il metodo migliore per mantenere pulita l'atmosfera degli ambienti, come si può facilmente intuire, consiste nell'efficace controllo delle fonti inquinanti. Negli ultimi anni, grazie ad una scelta più consapevole dei materiali di costruzione e d'arredamento, la responsabilità delle fonti interne è stata parzialmente ridimensionata: inoltre, un importante mutamento di costume rispetto al fumo di tabacco, probabilmente il peggiore inquinante indoor per qualità e quantità, ha consentito di migliorare sensibilmente il livello di qualità dell'aria all'interno di molti ambienti di vita quotidiana. Ciò nonostante, una diminuzione delle fonti interne potrebbe essere del tutto ininfluente sul livello di qualità dell'aria, in presenza di un ingresso incontrollato d'inquinanti attraverso l'apporto d'aria esterna di ricambio. In un ambito urbano trafficato, l'aria esterna può facilmente raggiungere dei livelli di contaminazione talmente elevati, da rendere controproducente, in assenza di un'efficace filtrazione dell'aria immessa, il ricorso a qualsiasi impianto di ventilazione meccanica al fine di diluire gli inquinanti interni. Dato che, per la maggioranza degli ambienti confinati, non si può prescindere dall'immissione di aria fresca di ricambio, il primo passo per ottenere un accettabile livello di qualità dell'aria indoor consiste proprio in una efficace filtrazione dell'aria proveniente dall'esterno.

## **1.2 Filtrazione dell'aria esterna**

Come accennato, se la funzione primaria dell'immissione di aria esterna deve essere quella di diluire gli inquinanti interni, si dovrà impiegare aria della migliore qualità possibile. In presenza di aria esterna inquinata, avendo come obiettivo il miglioramento della qualità dell'aria interna, dovremo innanzi tutto

capire con quali e quanti inquinanti abbiamo a che fare, dentro e fuori il nostro edificio. Ad esempio, se dobbiamo ventilare una scuola situata in un quartiere molto trafficato, troveremo all'interno delle concentrazioni, anche molto elevate, di bioeffluenti ( $\text{CO}_2$  e varie molecole organiche significative dal punto di vista del comfort), mentre all'esterno avremo elevate concentrazioni di micropolveri, di sostanze organiche volatili (benzene), di sostanze inorganiche tossiche ed irritanti (ozono, ossidi di azoto, biossido di zolfo). Se immettessimo aria esterna senza filtrarla adeguatamente, diluiremmo certamente i bioeffluenti in modo efficace ma, allo stesso tempo, introdurremmo nell'ambiente una grande quantità di sostanze tossiche e cancerogene, magari meno d'impatto sul comfort, ma fortemente peggiorative dello stato di rischio per la salute dei nostri occupanti. La prassi attuale prevede di filtrare l'aria primaria esterna con dei filtri meccanici di efficienza variabile a seconda della sensibilità del progettista e delle spese sostenibili da parte del committente. Questo stato di cose determina in genere un risultato casuale che, in pochi contesti fortunati, può portare ad una situazione accettabile; per il resto, i risultati sono per lo più "sconfortanti" o peggio. In realtà, abbiamo a disposizione dei buoni riferimenti normativi, troppo spesso trascurati: la norma UNI 10339 "Impianti aeraulici ai fini di benessere", indica chiaramente e con ampiezza analitica tutte le tipologie di filtri da adottare a seconda della classificazione dell'edificio, sull'aria esterna e sull'aria secondaria; anche in assenza di riferimenti specifici alle qualità dell'aria in gioco, la sua applicazione permette di ottenere buoni risultati in assenza di fonti particolari di inquinanti non previste. E' da sottolineare il fatto che la UNI 10339 è in corso di aggiornamento: la nuova edizione, che vedrà la luce nel corso del 2007, riporterà degli strumenti molto efficaci in tema di qualità dell'aria (aggiunta del capitolo prestazionale, ovvero i criteri per il dimensionamento della ventilazione e dei filtri in base al rispetto di determinate soglie di concentrazione degli inquinanti; aggiornamento nella classificazione dei filtri, aggiunta del capitolo sulla efficienza di ventilazione).

### **1.2.1 Selezione dei filtri in base alla qualità dell'aria esterna**

La nuova norma europea EN 13779 (da poco recepita come norma UNI a tutti gli effetti), permette già oggi di stabilire una correlazione tra i livelli di qualità dell'aria esterna, di qualità dell'aria interna desiderati e la tipologia di filtri da adottare. E' opinione diffusa che questa norma presenti qualche "peccato" di gioventù di troppo: si tratta comunque di un importante riferimento per la progettazione, con l'accortezza di integrarla, dove serve, con qualche aggiustamento. Questa norma individua ben cinque livelli di qualità di aria esterna (ODA 1+5) che, secondo diversi commentatori, dovrebbero possibilmente essere ridotte a tre in una prossima revisione, e quattro livelli di qualità di aria interna (IDA 1+4). Il valore del livello è inversamente proporzionale alla qualità, ovvero i livelli 1 corrispondono alla migliore qualità. In base al livello disponibile d'aria esterna ed al livello desiderato per l'aria interna, la norma indica la tipologia e l'efficienza dei filtri da adottare. Una delle mancanze della versione attuale della EN 13779 consiste nella mancata prescrizione dei filtri per gas in presenza di valori di inquinanti gassosi già decisamente elevati nell'aria esterna, riservandone l'uso solo nel caso peggiore ("elevatissime concentrazioni"): Questo fatto dipende probabilmente da considerazioni che discendono da una volontà di contenimento dei costi d'impianto: tuttavia, non è concepibile il mancato trattamento dell'aria esterna in presenza di concentrazioni significative di inquinanti sicuramente cancerogeni (es. benzene). Si raccomanda quindi di integrare le attuali raccomandazioni della norma per quanto riguarda i filtri per gas, da adottare anche sull'aria esterna di categorie ODA 3 e ODA 4. Nell'ottica del contenimento dei costi, è bene tenere in considerazione la disponibilità di filtri combinati che, ad un costo non molto superiore rispetto ad un equivalente filtro esclusivamente adatto al particolato, permettono di ottenere delle rese di abbattimento molto interessanti anche sulle sostanze in fase gassosa. Tali filtri si adattano molto bene per l'impiego nelle situazioni intermedie: dovendo invece utilizzare dell'aria esterna di classe ODA 5, converrà utilizzare, oltre agli opportuni filtri per particelle, un filtro per gas dimensionato con adeguato margine di sicurezza. Ad esempio può capitare, per dovere ventilare degli uffici posti diversi piani al di sotto del livello stradale, di avere a disposizione solo l'aria di un garage sotterraneo.

### 1.2.2 Mappature regionali della qualità dell'aria esterna

Dato che molti progettisti non nascondono le loro perplessità nel dovere classificare la qualità dell'aria esterna con i mezzi a loro disposizione, segnaliamo una comoda possibilità di riferimento, offerta dalla mappatura del territorio di ogni singola Regione in base alla qualità dell'aria, come richiesto dal D.Lgs. 351 del 04/08/1999. In pratica, sono reperibili su Internet (all'interno dei siti istituzionali delle Regioni) le mappe che suddividono il territorio in zone a diverso grado di criticità rispetto ai valori limite previsti dalla normativa per i diversi inquinanti atmosferici. In particolare devono essere individuate le zone nelle quali:

- i livelli degli inquinanti sono inferiori al valore limite e sono tali da non comportare il rischio del superamento degli stessi; queste zone ("zone di mantenimento" corrispondono all'area di applicazione dei Piani di Mantenimento; il livello di qualità dell'aria può essere considerato in ODA 1;
- i livelli di uno o più inquinanti comportano il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme; queste zone (zone di risanamento") corrispondono all'area di applicazione dei Piani di Azione; il livello di qualità dell'aria può essere considerato in ODA 2 o 3;
- i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite, aumentato del margine di tolleranza o sono compresi tra il valore limite e il valore limite aumentato del margine di tolleranza; queste zone ("zone critiche") corrispondono all'area di applicazione dei Piani di Risanamento; il livello di qualità dell'aria può essere considerato in ODA 4 o 5;

Per meglio precisare la scelta tra ODA 2 e 3 e tra ODA 4 e 5, bisogna considerare la possibile vicinanza (distanza inferiore a 500 m – cfr. Criteria for Euroairnet, 1999) a medie arterie di traffico (tra 2.000 e 10.000 veicoli al giorno), il che indicherebbe una classe ODA 3, oppure a grandi arterie di traffico (oltre i 10.000 veicoli al giorno), il che indicherebbe una classe ODA 5.

Ben 14 Regioni hanno già effettuato e resa disponibile questa mappatura del loro territorio: purtroppo i vari siti Internet regionali hanno struttura differente e

non sempre le mappe sono immediatamente rintracciabili. In caso di difficoltà si possono comunque interpellare direttamente gli uffici dei vari Assessorati all'Ambiente.

[www.ariatcube.com](http://www.ariatcube.com)

### **1.3 Filtrazione dell'aria di ricircolo e dell'aria secondaria**

La norma EN 13779 Individua chiaramente i possibili "destini" dell'aria contenuta in un ambiente confinato: l'aria interna può essere in primo luogo ripresa ed espulsa all'esterno (aria di scarico), oppure può essere ripresa, trattata e parzialmente ricircolata nell'impianto generale di ventilazione (aria ricircolata), ancora, può essere ripresa, trattata e reimpressa nello stesso locale (aria secondaria). L'aria ricircolata e l'aria secondaria rivestono un ruolo molto importante dai punti di vista energetico e di qualità dell'aria, in relazione alla differenza nei parametri termoigrometrici e nel tasso di inquinamento tra aria esterna ed interna: ovvero, quando l'aria esterna possiede caratteristiche tali da potere essere immessa liberamente all'interno, essa rappresenta il mezzo d'elezione per garantire le massime condizioni di comfort e salubrità negli ambienti confinati. Viceversa, quanto più i parametri dell'aria esterna si allontanano da quelli ottimali, è intuitivo che si debba ricorrere ad un trattamento sempre più spinto per poterla ricondurre entro i limiti desiderati. Oltre una certa percentuale di immissione, che dipende da numerose variabili, può essere conveniente intervenire invece sull'aria interna, per ricondurla ad una qualità accettabile e diminuire così il fabbisogno di aria esterna.

#### **1.3.1 Diluizione e controllo degli inquinanti**

Le norme sulla ventilazione prescrivono in genere una quota di base di aria esterna, al fine di garantire un ricambio minimo dovuto alle esigenze "vitali" (principalmente la diluizione di anidride carbonica: contrariamente a quanto si potrebbe pensare, il tasso di ossigenazione varia molto poco anche in ambienti decisamente affollati) ed una quota aggiuntiva, destinata al fine di diluire gli inquinanti "avvertibili" e di migliorare il livello di umidità relativa, cioè con il compito di rendere l'ambiente più confortevole. In alcuni casi, quando sia stata accertata la presenza di inquinanti "non immediatamente avvertibili", ad esempio il monossido di carbonio, la quota aggiuntiva viene ulteriormente incrementata allo scopo di diluire gli inquinanti al di sotto di una soglia riconosciuta di sicurezza.



Come si può vedere, la quota aggiuntiva ha solo una funzione di diluizione; ne consegue che, se abbiamo una minore quantità di inquinanti, servirà una minore quantità di aria "pulita" per diluirli. Da questa considerazione discende la convenienza, a volte l'assoluta necessità, di filtrare l'aria interna. In molti casi, è conveniente trasformare una percentuale importante della quota aggiuntiva di ventilazione in quota di trattamento dell'aria interna. Ad esempio, alcuni impianti di ventilazione sono diversamente configurabili a seconda dei parametri termoigrometrici dell'aria esterna (cambiamenti stagionali). Nelle mezze stagioni, la serranda di miscelazione tra aria esterna ed aria ripresa dagli ambienti interni è regolata in modo da ridurre al minimo il valore di ricircolo; nelle stagioni avverse, la quota di ricircolo viene aumentata, e sul suo percorso vengono introdotte delle batterie di filtri aggiuntivi (adatti per inquinanti interni) rispetto a quelli normalmente utilizzati (in genere adatti solo per polveri grossolane).

### **1.3.2 Quando non è possibile ricircolare**

Come regola generale, vale la possibilità di ricircolo (che, ricordiamo, non va confuso con il trattamento dell'aria secondaria), solo in assenza di inquinanti noti di particolare pericolosità o di forte impatto olfattivo: ad esempio, l'aria proveniente da locali dove è consentito fumare deve essere espulsa all'esterno e non può essere ricondotta, neppure parzialmente, all'impianto di ventilazione al servizio degli altri locali. In questi casi, la concentrazione degli inquinanti deve essere ridotta all'interno del locale d'origine per contenere, di conseguenza, la quantità di aria esterna di diluizione. In sostituzione del non utilizzabile ricircolo, occorre utilizzare una strategia che comprende tre interventi fondamentali a carico degli inquinanti:

- controllo delle fonti (minore emissione);
- limitazione della diffusione (minore miscelazione);
- captazione ed abbattimento con la migliore efficienza (massima rimozione).

E' evidente come l'aspetto della filtrazione sia solo uno dei fattori necessari, ma non sufficienti alla soluzione del problema. Ciò significa che scegliere, dimensionare ed installare un filtro nel migliore dei modi possibili, non sono

operazioni che di per sé possono garantire dei risultati soddisfacenti nella rimozione degli inquinanti dispersi nell'aria, se non a fronte di un intervento integrato su tutti gli altri fattori coinvolti.

La filtrazione dell'aria secondaria si può effettuare con modalità diverse, a seconda della tipologia dei locali e degli inquinanti da rimuovere. Le modalità sono sostanzialmente due: la prima, adottata solitamente in edifici di recente costruzione, dotati di spazi tecnici adeguati, prevede l'utilizzo di un vero e proprio impianto canalizzato, dotato di bocchette di mandata e di ripresa (che fanno capo ad un solo locale) raccordate ad una unità ventilante dotata di filtri adeguati, la seconda, è invece più utilizzata dove lo spazio è limitato, e consiste nell'impiego di apparecchi da installare all'interno dell'ambiente stesso, in grado di aspirare l'aria inquinata e di restituirla depurata. A parità di prestazioni dei filtri, il primo metodo consente di ottenere risultati migliori, grazie alla possibilità di predisporre una circolazione ottimale dell'aria attraverso una opportuna disposizione dei diffusori e delle riprese. In questo modo è possibile ottenere una buona efficienza di ventilazione, requisito essenziale per una efficace rimozione degli inquinanti; un risultato meno facile da ottenere con gli apparecchi depuratori, che integrano in una sola struttura i dispositivi di mandata e di ripresa. In tal caso, occorre disporre il depuratore con grande attenzione, in modo da ridurre al minimo le perdite di efficienza dovute a parziali corto-circuiti o ad ostacoli nella movimentazione dell'aria. Per ovviare a questi inconvenienti, è possibile utilizzare speciali depuratori "modulari", che possiedono una o più unità satelliti di mandata, raccordabili per mezzo di tubazioni flessibili. Queste unità possono essere installate nelle posizioni più idonee al fine di ottimizzare il rendimento di ventilazione.



**Figura 1.1**

L'uso dei filtri è indispensabile per ridurre la quantità degli inquinanti presente nell'aria interna degli ambienti e nell'aria primaria d'apporto, a condizione di possedere un'efficienza elevata su tutto lo spettro delle sostanze da abbattere, di natura particolata e gassosa. Il mantenimento di un'adeguato stato di sovrappressione è inoltre fondamentale per impedire infiltrazioni d'aria inquinata dall'esterno. Le unità esterne di trattamento aria devono essere dotate di un insieme di filtri ad alta efficienza ed elevata capacità, a monte (1,5) e a valle (2,6) dei ventilatori. Le unità di diffusione all'interno (3) sono, a loro volta, dotate di filtri per evitare la dispersione dei contaminanti eventualmente presenti nelle condotte di distribuzione dell'aria. I dispositivi di trattamento dell'aria secondaria (4) sono equipaggiati con filtri di varia tipologia, secondo la funzione (fan-coils, depuratori d'aria) e il grado di contaminazione dell'aria interna. A volte, possono essere presenti degli apparati di filtrazione dell'aria di scarico verso l'esterno (7), ad esempio per il trattamento degli odori. All'interno dei locali destinati ad ospitare apparecchiature delicate, come nei C.E.D. (Centro Elaborazione Dati), i filtri presenti nelle speciali unità di trattamento dell'aria (8), hanno il compito di proteggere i circuiti elettronici dalle polveri e dalle sostanze chimiche ossidanti che possono compromettere la continuità elettrica dei contatti.

(Camfil Farr, immagini liberamente adattate)

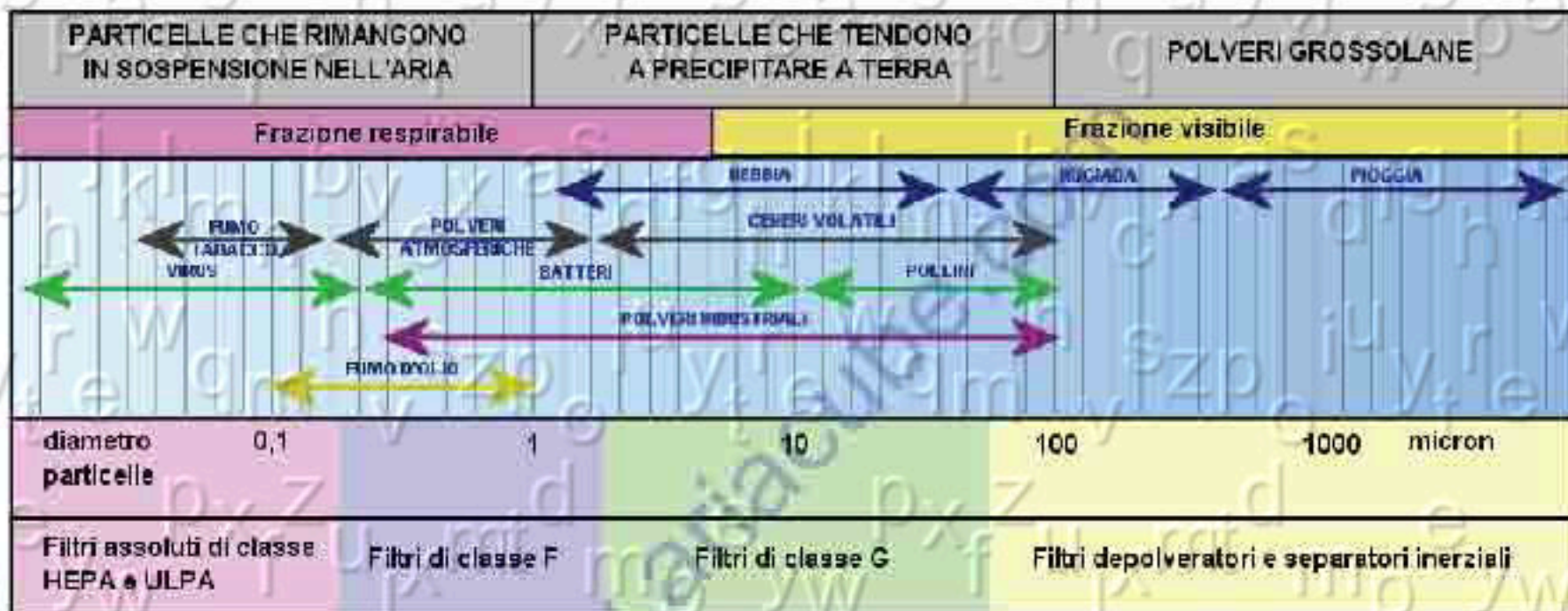
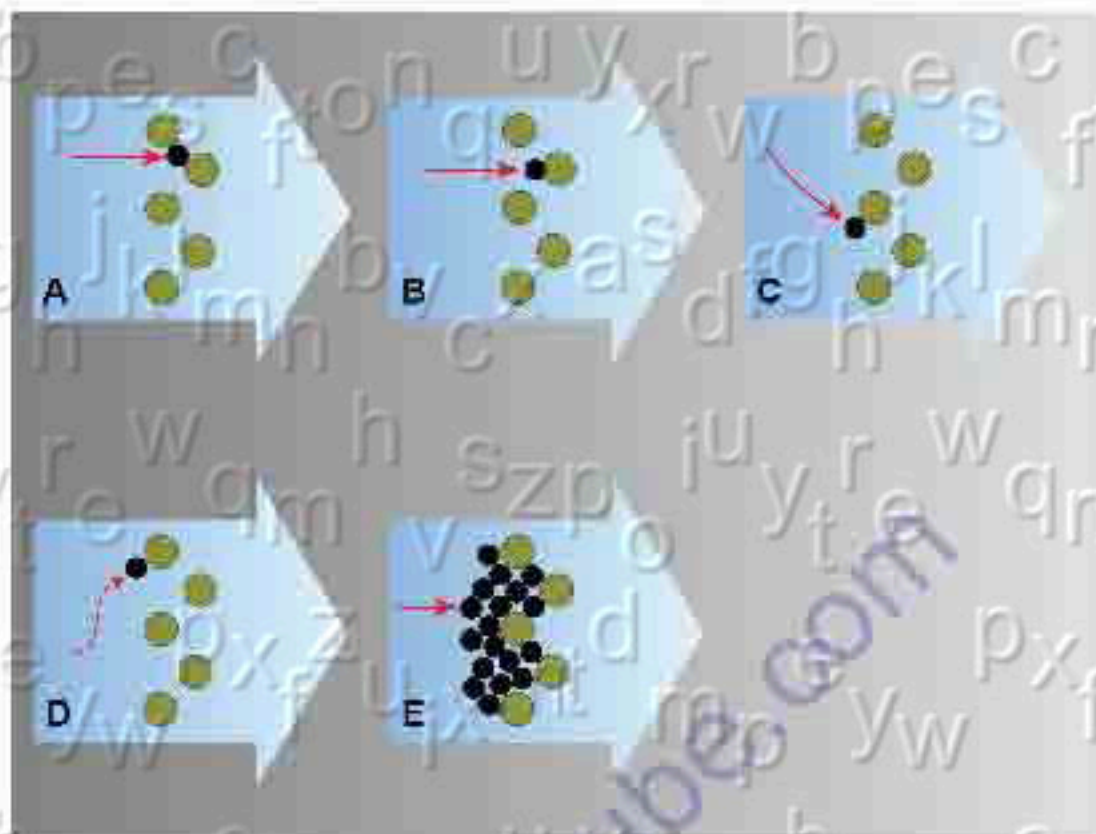


Figura 1.2

Nell'aria sono presenti innumerevoli particelle in un vasto intervallo di grandezza. Al di sotto del micron, esse tendono a rimanere in sospensione, in quanto le forze di attrazione elettrostatica e l'agitazione termica sono sufficienti a farle "rimbalzare" tra loro e tra le molecole dei gas atmosferici; oltre il micron, la forza di gravità prende gradualmente il sopravvento, determinando la precipitazione a terra. Tuttavia, nell'intervallo tra 1 e 10 micron, i tempi di precipitazione sono molto elevati, nell'ordine delle centinaia fino alla decina di ore. Oltre i 100 micron la precipitazione avviene in tempo pressoché reale. Le particelle inferiori a 6-10 micron sono quelle che più influiscono sulla nostra salute, essendo in grado di penetrare a fondo nel sistema respiratorio (frazione toracica); sotto i 2,5 micron possono raggiungere e superare la superficie di scambio degli alveoli polmonari (frazione respirabile vera e propria), entrando direttamente nel circolo ematico. Trovandosi al di sotto della soglia di visibilità, non denunciano la loro presenza in modo evidente, risultando quindi particolarmente pericolose.



**Figura 1.3**

Nei tradizionali filtri per particelle, che utilizzano l'interposizione di un medium filtrante lungo il percorso dell'aria da trattare, esistono almeno cinque meccanismi diversi che portano alla cattura del particolato in transito:

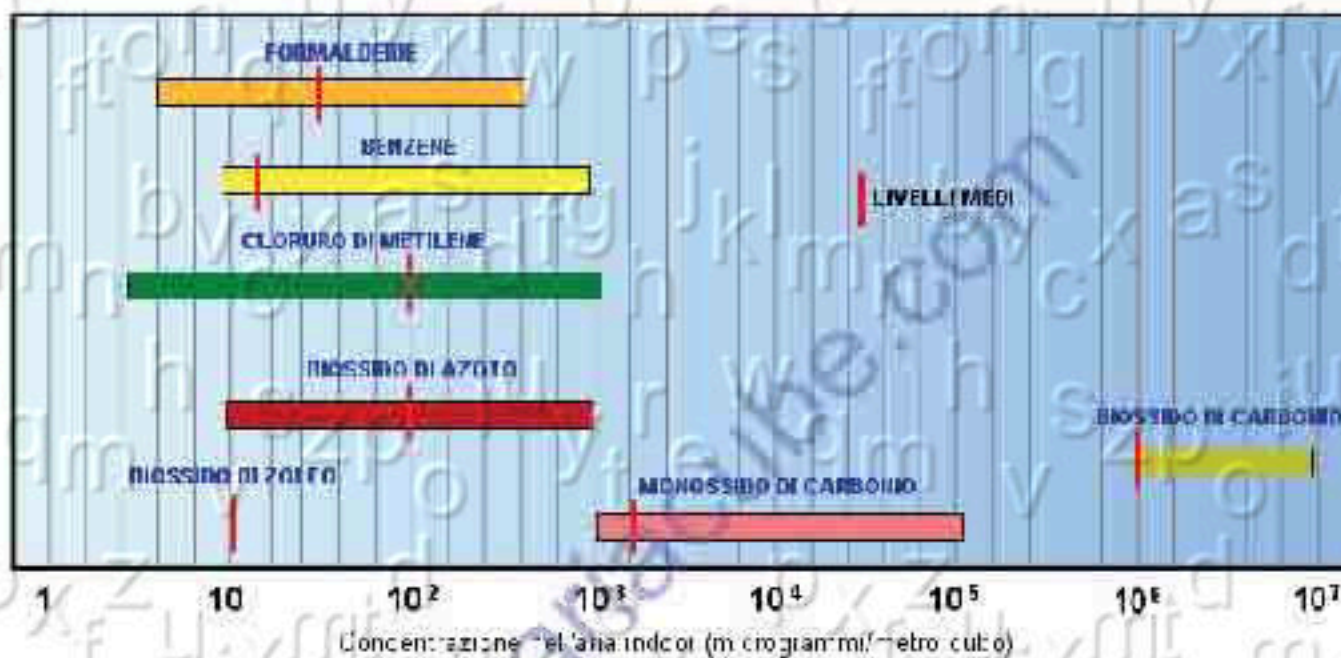
A – setaccio: la particella è più grande del minimo passaggio esistente nella struttura filtrante e rimane quindi bloccata. E' il meccanismo tipico di filtrazione delle polveri molto grossolane

B – Inerziale: la particella collide con la struttura filtrante e si arresta. E' importante solo per diametri di diversi micron.

C – intercettazione: la particella entra nel "raggio d'azione" di deboli forze elettrostatiche presenti sulla struttura filtrante e ne viene catturata. E' il meccanismo responsabile di gran parte dell'efficienza iniziale sulle particelle molto piccole (a filtro nuovo)

D – diffusione valido solo per particelle estremamente piccole, si riferisce all'interazione causale tra una particella in movimento erratico di tipo browniano e la struttura filtrante. La sua importanza decresce con l'aumentare del diametro, fino ad annullarsi intorno al micron.

E – autoefficienza: ad un certo punto, le particelle depositate diventano esse stesse un impedimento meccanico al passaggio di altre particelle, anche molto piccole: ciò spiega le migliori performances di un filtro meccanico dopo un certo grado di sporco. L'autoefficienza aumenta con il progredire della vita operativa del filtro, fino a determinare un inaccettabile aumento della perdita di carico e conseguentemente la sostituzione del filtro stesso.



**Figura 1.4**

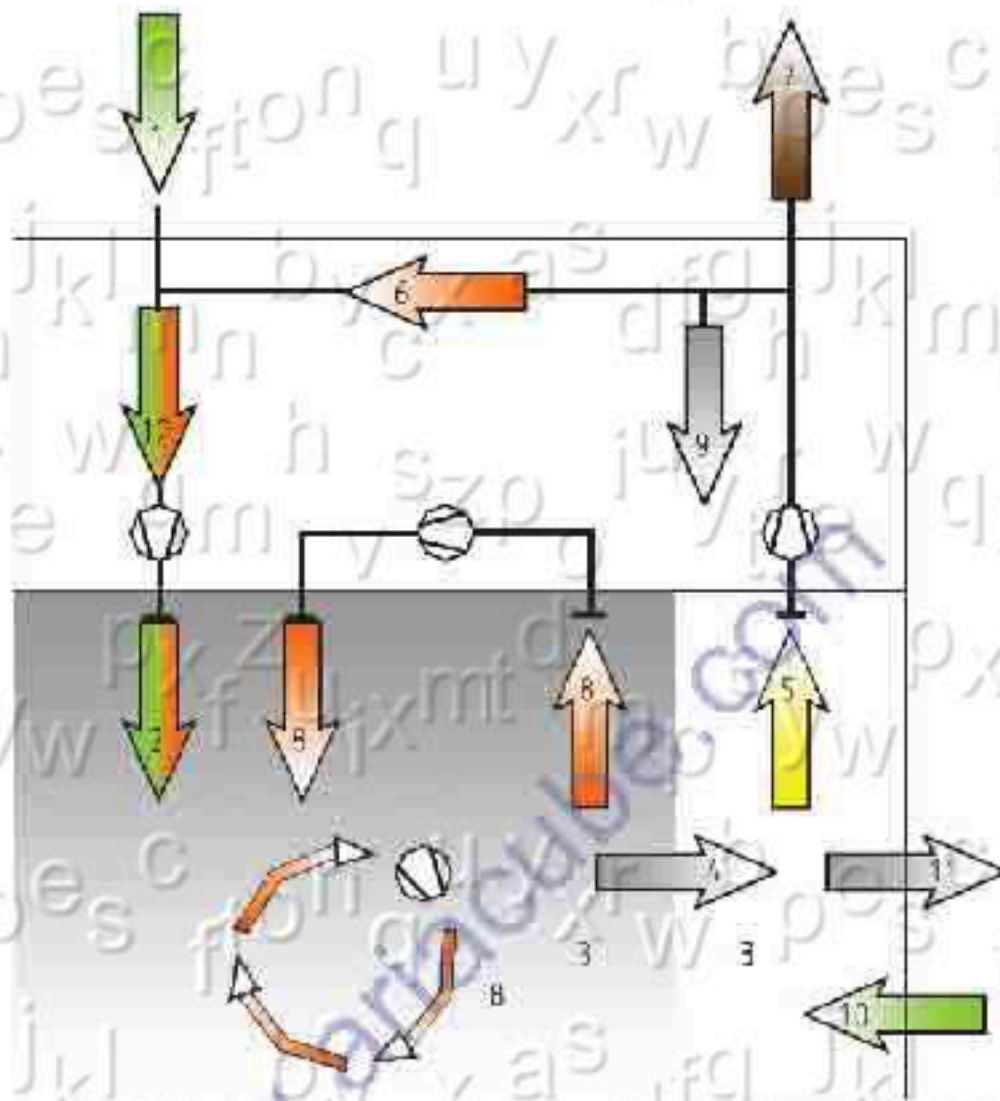
Oltre alle particelle, negli ambienti indoor si trovano molti inquinanti in fase gassosa: si tratta di migliaia di molecole diverse, tra le quali, però, possiamo individuare alcune importanti sostanze, o categorie, di riferimento: le sostanze organiche volatili, tra cui troviamo la formaldeide, i solventi, come il cloruro di metilene, le sostanze aromatiche come il benzene; gli ossidi del carbonio, dello zolfo e dell'azoto. Queste sostanze sono indicative della presenza di determinate fonti ben precise: il biossido di carbonio è un classico indice di affollamento e di scarsa ventilazione; il monossido di carbonio e il biossido di azoto sono indice di processi di combustione imperfetta; il benzene e il biossido di zolfo sono legati all'introduzione di inquinanti esterni; il cloruro di metilene e la formaldeide sono tipici inquinanti legati agli arredi e alle finiture interne realizzate con vernici e colle. Un buon dimensionamento dei filtri per gas deve tenere conto delle concentrazioni medie in ambiente di questi inquinanti; in base ad esse ed alle portate in gioco si potrà stabilire la quantità di adsorbente fisico o assorbente chimico da utilizzare, ed inoltre potrà essere stimato il corretto intervallo di sostituzione dei filtri. E' sempre necessaria una attenta lettura delle informazioni tecniche fornite dal costruttore, dove reperire i dati di efficienza e capacità in relazione alle diverse sostanze.



**Figura 1.5**

L'alloggiamento dei filtri riveste una importanza decisiva per assicurare le massime prestazioni: un ottimo filtro inserito in un ricettacolo di scarsa qualità può subire un declassamento notevole, fino al completo annullamento della propria capacità filtrante. Occorre sempre ricordare che il valore di efficienza richiesto dall'applicazione si riferisce sempre al complesso filtro più alloggiamento. Installare filtri molto efficienti senza curarne l'interfaccia con la canalizzazione rappresenta un sicuro fallimento tecnico ed un notevole spreco economico.

(Camfil Farj)



**Figura 1.6**

Tipologia dell'aria secondo la classificazione introdotta dalla nuova norma UNI EN 13779 sulla ventilazione non residenziale:

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. aria esterna          | 7. aria di scarico        |
| 2. aria di immissione    | 8. aria secondaria        |
| 3. aria interna          | 9. aria persa o di fuga   |
| 4. aria di trasferimento | 10. aria di infiltrazione |
| 5. aria di ripresa       | 11. aria esfiltrata       |
| 6. aria riciclata        | 12. aria miscelata        |

La norma prevede l'impiego di filtri specifici, per efficienza e tipologia, in base alla qualità dell'aria esterna (ODA) ed al livello di qualità dell'aria interna desiderata (IDA). Batterie di filtri sono previste sul percorso dell'aria esterna, secondaria, di ricircolo, di trasferimento, al fine di raggiungere la classe di qualità prevista. In determinati casi (protezione di eventuali recuperatori di calore, regolamenti locali anti inquinamento ecc.) sono previsti filtri anche sull'aria di ripresa e di scarico.

Da notare la chiara distinzione tra *aria secondaria* (aria trattata all'interno dello stesso locale o ritornata allo stesso locale dopo trattamento) e *aria riciclata* (aria proveniente dal locale e che ritorna in circolo miscelata all'aria primaria). Negli ambienti con livelli di inquinanti interni molto elevati si deve intervenire con una filtrazione efficace sull'aria secondaria, mentre si deve evitare il ricircolo dell'aria proveniente dal locale inquinato per evitare la contaminazione degli altri ambienti serviti dall'impianto.



Categoria qualità aria esterna (ODA)	Categoria qualità aria interna (IDA)		
	IDA 1 - eccellente	IDA 2 - media	IDA 3 - bassa
ODA 1 – aria pura con eventuale presenza temporanea di inquinanti naturali (p.e. pollini)	F8	F7	F6
ODA 2 – aria con elevate concentrazioni di polveri	G4/F8	G3/F7	G3/F6
ODA 3 – aria con concentrazioni elevate di inquinanti gassosi (CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> e SO <sub>2</sub> )	G4/ <b>G</b> /F8	<b>G3/G</b> /F7	F6
ODA 4 – aria con concentrazioni elevate di polveri e gas	G4/ <b>G</b> /F8	G3/ <b>G</b> /F7	G3/F6
ODA 5 – aria con altissime concentrazioni di polveri o gas	G4/G/F9	G4/G/F8	G3/F6

**Tabella 1.1 – Filtri da adottare in base alla qualità dell'aria esterna e alla qualità dell'aria interna desiderata (EN13779)**

*in rosso la tipologia di filtri consigliata per una applicazione efficace, ad integrazione di quanto previsto nella norma*

La nuova norma EN 13779 presenta alcuni aspetti interessanti e positivi dal punto di vista della qualità dell'aria, ma si distingue per diverse contraddizioni e manifesta chiaramente approssimazioni eccessive ed un generale stato di "lavori in corso". Ad esempio, in questa tabella, che suggerisce la tipologia di filtri da adottare per ottenere il desiderato grado di qualità d'aria interna in base al livello di qualità presente all'esterno, è evidente l'incongruenza tra la presenza di inquinanti gassosi in quantità nelle classi ODA 3 ed ODA 4 e la mancata prescrizione di filtri per gas, prescritti solo per l'ODA 5. La classe ODA 3 coincide con l'aria di una zona urbana mediamente trafficata: in tali condizioni, è indispensabile ricorrere ad una filtrazione sicuramente efficace anche sui gas per potere utilizzare una tale aria per la ventilazione di spazi confinati con pretese di qualità. Le norme vanno sempre considerate con attenzione, ma non devono essere utilizzate in modo acritico.

<b>Dimensioni contaminante</b>	<b>Applicazione</b>	<b>EN 779</b>	<b>Eurovent 4/9</b>	<b>"Filtri per aria elettrostatici attivi per la ventilazione generale" (per standard UNI)</b>	<b>ASHRAE 52.2- 1999 (MERV)</b>
da 0,3 a 1 $\mu\text{m}$ quasi tutti i batteri, frazione maggiore del fumo di tabacco, nuclei di condensazione, aerosol da frittura, toner di fotocopiatrice, fondotinta, pigmenti	Ambienti sanitari, sale chirurgiche, locali fumatori, locali del terziario ad elevate esigenze di pulizia	F7 – F9	EU7 – EU9	A-PE (A-EM) B-PE (B-EM) C-PE (C-EM) D-PE (C-EM)	13-15
da 1 a 3 $\mu\text{m}$ Legionella, polveri metalliche, fanne, polvere di carbone, emissioni di motori a scoppio, aerosolizzatori	Ambienti residenziali, commerciali e laboratori ad elevate esigenze di pulizia	F5 – F6	EU5 – EU6		9-12
da 3 a 10 $\mu\text{m}$ spore fungine, lacca per capelli, polvere di cemento, latte in polvere	Ambienti residenziali e commerciali con medie esigenze di pulizia, ambienti di lavoro industriali	G2 – G4	EU2 – EU4		5-8
maggiori di 10 $\mu\text{m}$ pollini, acari, vernice spray, polvere domestica, fibre tessili	Ambienti residenziali e commerciali con minime esigenze di pulizia, protezione di batterie a scambio termico dei condizionatori	G1	EU1		1-4

**Tabella 1.2- Scelta del filtro in base all'applicazione ed alla tipologia del particolato.**

In commercio esistono numerose tipologie di filtro, spesso riportanti marcature che si riferiscono a standard di prova differenti. Anche se questi standard non prevedono una diretta corrispondenza tra le diverse classificazioni, è possibile stimare una equivalenza approssimativa in base ai valori di efficienza rilevati su particelle di diametro sovrapponibile.

$(\Delta p < 30 \text{ Pa})$	$(\Delta p \geq 30 \text{ Pa})$	Efficienza media (particelle di $0,4 \mu\text{m}$ ) %
D-PE	D-EM	$80 \leq E_m < 90$
C-PE	C-EM	$90 \leq E_m < 95$
B-PE	B-EM	$95 \leq E_m < 99$
A-PE	A-EM	$E_m \geq 99$

**Tabella 1.3 – Classificazione dei filtri elettrostatici attivi**

Classificazione dei filtri elettrostatici "attivi", cioè funzionanti con una carica elettrostatica fornita da un alimentatore, in base all'efficienza media e alla perdita di carico iniziale, stabilita dalla norma UNI "Filtri per aria elettrostatici attivi per la ventilazione generale – Determinazione dell'efficienza di filtrazione", in corso di pubblicazione (attualmente in fase di inchiesta pubblica). Questa norma individua quattro classi d'efficienza, nei confronti di un aerosol formato da particelle aventi dimensione di  $0,4 \mu\text{m}$ . Il valore d'efficienza è calcolato su una media di quattro prove successive, caratterizzate da uno sporco progressivo con polvere sintetica (per un totale di 600 g). La classificazione PE è riferita a filtri elettrostatici con perdita di carico iniziale inferiore a 30 Pa, mentre la sigla EM caratterizza i filtri elettrostatici che comportano una perdita di carico superiore. Questa differenza dipende dalla tecnologia costruttiva adottata ed è necessaria per individuare, già dalla denominazione, il comportamento del filtro durante la vita operativa. Infatti, i filtri PE, aventi la classica struttura a piastre metalliche, sono caratterizzati da una bassa perdita di carico, che mantengono quasi invariata nel tempo, i filtri EM sono invece realizzati con una struttura simile ai normali filtri "meccanici" e con questi ultimi condividono un andamento della perdita di carico proporzionale al grado di sporco.

Da notare che la classe D coincide per efficienza con la classe F7 della EN 779, la C coincide con la F8, la B invece, va oltre la F9. La classe A va ancora oltre e non pone un limite massimo, che coincide con il limite tecnico del sistema di prova.

Classe del filtro EN 779	Efficienza media ponderale $A_m$ %	Efficienza media per particelle di $0,4 \mu m$ $E_m$ %	Caduta di pressione finale	Classe del filtro (UNI 10339)	Efficienza di filtrazione
G1	$50 \leq A_m < 65$	-	250	1	M
G2	$65 \leq A_m < 80$	-	250	2	M
G3	$80 \leq A_m < 90$	-	250	3	M
G4	$90 \leq A_m$	-	250	4	M
F5	-	$40 \leq E_m < 60$	450	5	A
F6	-	$60 \leq E_m < 80$	450	6	A
F7	-	$80 \leq E_m < 90$	450	7	A
F8	-	$90 \leq E_m < 95$	450	8	A
F9	-	$95 \leq E_m$	450	9	A

**Tabella 1.4 – Classificazione dei filtri per ventilazione generale**

La norma EN 779 stabilisce una classificazione dei filtri in due gruppi in base all'efficienza di filtrazione: i filtri G, per polvere grossolana, sono classificati in base al valore di arrestanza ponderale; i filtri F, per polveri fini, sono invece testati nei confronti di particelle (aerosol) di  $0,4 \mu m$  di diametro. Complessivamente, le classi di efficienza sono numerate da 1 a 9 in modo direttamente proporzionale. La norma UNI 10339 attuale definisce di media efficienza i filtri da 1 a 4 e di alta efficienza quelli da 5 a 9, specificando che, questi ultimi, devono sempre essere preceduti, nelle installazioni, da filtri di classe M. La nuova UNI 10339 dovrebbe riportare la classificazione dei filtri come da EN 779 e EN 1822 per i filtri ad altissima efficienza (attualmente indicati come AS).



**Figura 1.7**

In presenza di inquinanti gassosi, è indispensabile l'impiego di filtri adsorbenti efficaci. Da qualche tempo, sono disponibili dei filtri abbinati, per particolato e per sostanze gassose, assemblati in un unico telaio. Si tratta di una soluzione pratica e razionale, che permette di usufruire di un solo filtro, formato da un medium filtrante in carta ad efficienza F7 o F8, che racchiude una consistente carica di carboni attivi. Con l'aggiunta di una prefiltrazione G3 o G4 possono efficacemente costituire un gruppo filtrante efficace per trattare l'aria esterna primaria anche in ambito urbano. Questa soluzione è altrettanto applicabile per il trattamento dell'aria secondaria indoor.

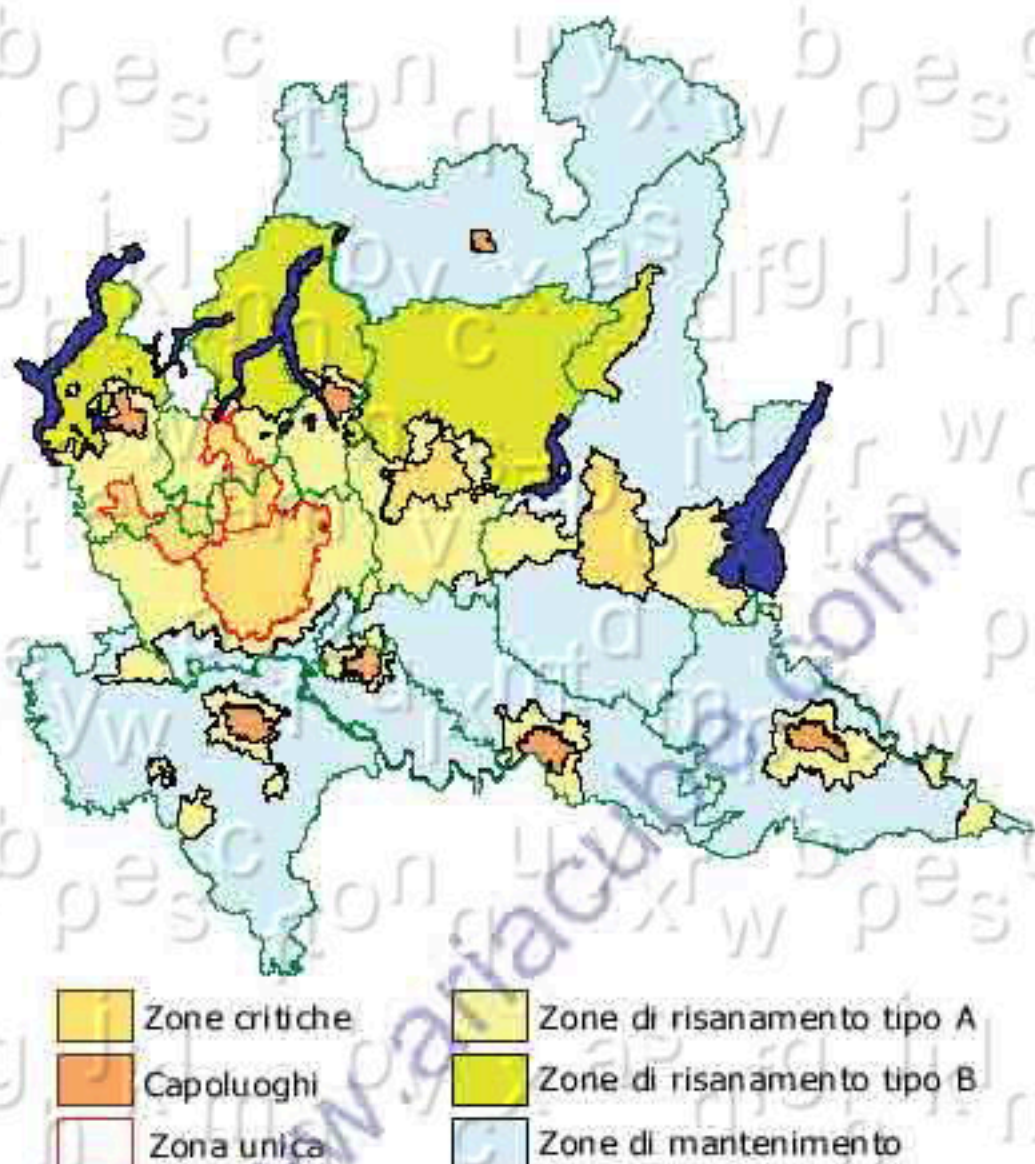
(Camfil Par)



**Figura 1.8**

I filtri a tasche rappresentano la scelta d'elezione per sequestrare grandi quantità di polveri grossolane a monte di filtri ad efficienza più elevata o di filtri per gas: le tasche di tipo non armato sono da preferire per le granulometrie più alte, mentre le tasche di tipo rigido sono più indicate per le polveri fini.

(Saggiotti)



**Figura 1.9**

Le mappature regionali, che suddividono il territorio in base al livello di inquinamento dell'aria, possono essere di grande aiuto nella scelta e nel dimensionamento dei filtri da adottare per il trattamento dell'aria esterna. Nelle zone di mantenimento l'aria può essere considerata in classe ODA 1 secondo la norma EN 13779, mentre le zone di risanamento corrispondono alla ODA 2 e 3 (3 in situazioni di media densità di traffico), le zone critiche e i capoluoghi corrispondono a ODA 4 e 5 (5 in situazioni di alta densità di traffico). In base alla classe ODA individuata, si potrà quindi scegliere l'ideale livello di filtrazione.

(mappa tratta da <http://www.ambiente.lombardia.it/webqa/emergenza/emergenza.htm>)



**Figura 1.10**

I moderni sistemi di depurazione dell'aria secondaria sono formati da elementi modulari ad incasso (cassette-unit), che comprendono in genere una unità centrale di ripresa e una o più unità satelliti di mandata. Le unità satelliti possono essere installate a ridosso della unità centrale per minimizzare gli ingombri, oppure possono essere opportunamente disposte in modo da massimizzare l'efficienza di ventilazione in ambiente. I filtri che equipaggiano queste unità sono elettrostatici di ultima generazione, in grado di abbattere anche gli inquinanti organici volatili, oltre alle consuete micropolveri, grazie all'azione elettroassorbente ed elettrocatalitica. La portata può essere regolata in base alla concentrazione degli inquinanti in ambiente oppure in relazione al livello di attività degli occupanti, grazie all'uso di appositi sensori.

(Depara Engineering Srl)



Confronto concentrazioni PM<sub>2,5</sub> zona fumatori con e senza abbattitore

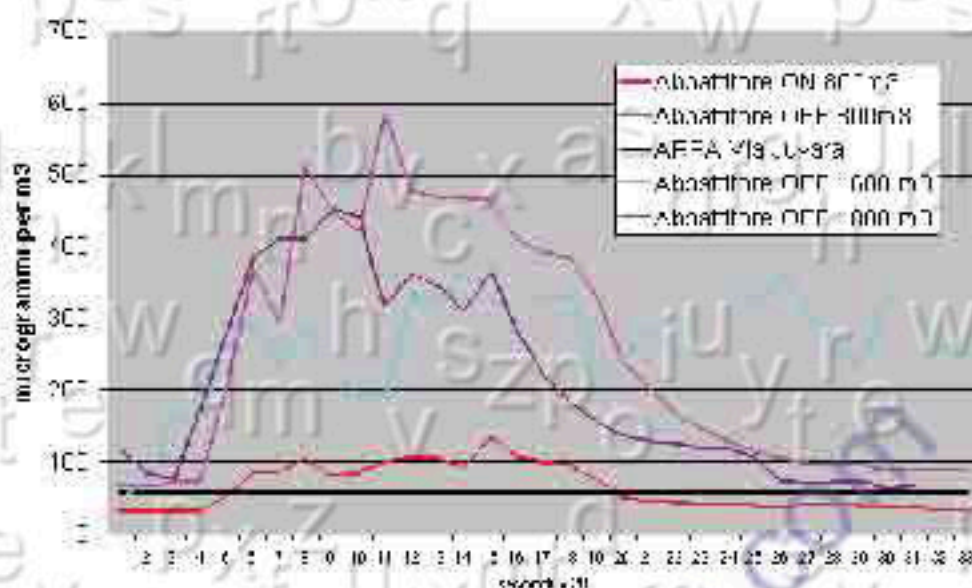


Figura 1.11

La filtrazione ad alta efficienza dell'aria secondaria può portare a notevoli risultati anche in condizioni estremamente gravose di inquinamento interno: il grafico illustra l'andamento della concentrazione di particolato di classe PM<sub>2,5</sub> in una camera di prova di 46 m<sup>3</sup> di volume, inquinata dal fumo di 11 sigarette. L'abbattimento attraverso la filtrazione sull'aria secondaria (linea rossa) si dimostra l'unico metodo capace di portare in pochi minuti il PM<sub>2,5</sub> al di sotto della soglia di concentrazione dell'aria esterna (linea nera). Per ottenere un risultato quasi altrettanto efficace, con la sola diluizione con aria esterna, occorre superare i 24 ricambi/h (linea viola scuro). Aumentando ancora il numero dei ricambi (39 ricambi/h, linea azzurra), il risultato paradossalmente diventa pessimo, a causa della notevole diminuzione dell'efficienza di ventilazione.

(Istituto Nazionali per lo Studio e la Cura dei Tumori di Milano - Prove di inattivazione tipico locale fumatori - 11/2003)