

# Unità filtranti a ricircolo di nuova generazione

CRISTIANO VERGANI

*Deparia Engineering s.r.l. – Calolziocorte (LC)*

## 0. INTRODUZIONE

Nella scelta dei filtri d'aria un aspetto importante, ma non sempre considerato, è quello gestionale in relazione al consumo energetico durante l'intero ciclo di vita operativo e dell'impatto ambientale dopo il loro utilizzo. Un sensibile guadagno dal punto di vista del risparmio energetico è possibile già oggi grazie a nuovi elementi filtranti innovativi con bassa caduta di pressione. Al tempo stesso, l'entrata in vigore delle direttive comunitarie in materia di rifiuti – rappresentati dai filtri esausti – hanno contribuito a suscitare una maggiore attenzione verso l'aspetto dello smaltimento che è di rilevanza sociale.

La relazione è dedicata all'esame delle caratteristiche tecniche di questi filtri di nuova generazione sviluppati e presenti già oggi sul mercato per la ventilazione generale, con caratteristiche combinate sia di arresto del particolato come per gas inquinanti. In questo senso esiste un preciso orientamento normativo al fine di ottenere benessere ambientale sempre maggiore attraverso uno sviluppo sostenibile grazie a impianti di climatizzazione che intendono coniugare il miglioramento della qualità dell'aria interna con le esigenze gestionali.

## 1. TECNICHE DI FILTRAZIONE ESISTENTI NELLA VENTILAZIONE

Sul mercato esiste una gamma estremamente ampia di filtri per la ventilazione generale, realizzati da industrie nazionali oppure importati da Paesi europei o extraeuropei. Per la maggior parte, si tratta di filtri cosiddetti “meccanici”, che basano la propria azione filtrante principalmente su meccanismi di intercettazione e collisione (Fig. 1) con una matrice formata da fibre di carta o di materiali sintetici (Fig. 2).

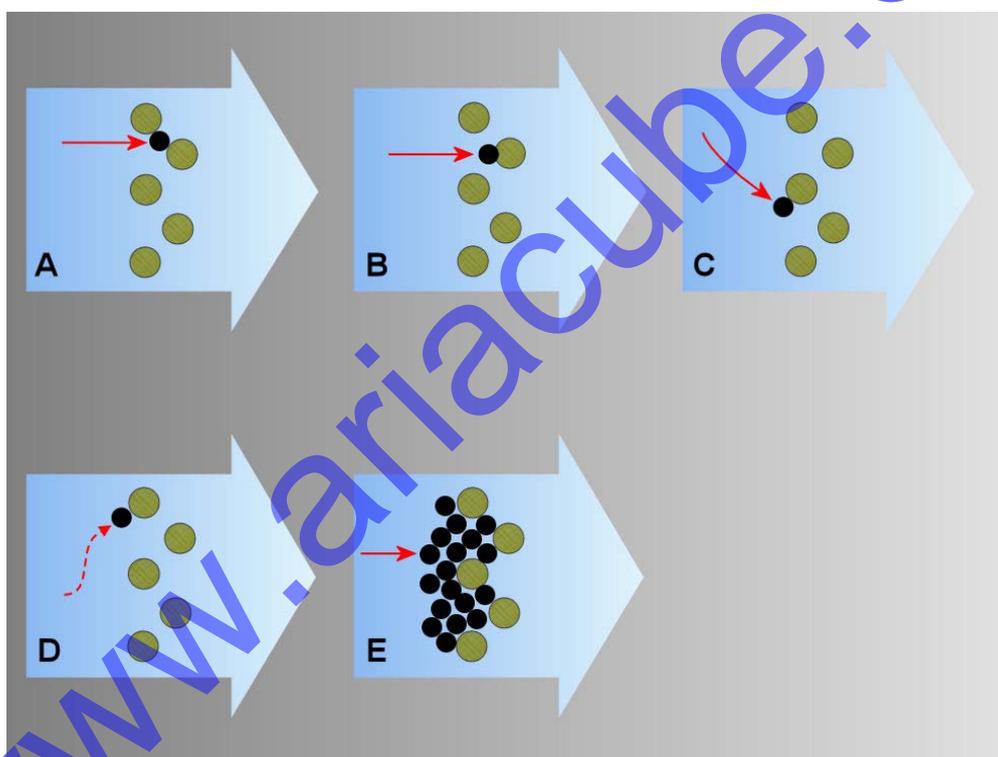
Una piccola frazione del mercato è invece rappresentata da filtri elettrostatici, caratterizzati due diverse tipologie: di tipo passivo (formati da fibre sintetiche caricate elettrostaticamente – Fig. 3) in cui le particelle vengono attratte e trattenute dalle fibre; di tipo attivo, chiamati precipitatori elettrostatici (Fig. 4), in cui l'aria non attraversa una matrice fibrosa, ma un insieme di lamelle caricate da un generatore esterno, lungo le quali le particelle sono prima caricate e quindi fatte precipitare su una superficie tangenziale alla direzione del flusso. I filtri che basano il proprio funzionamento sull'azione meccanica devono il proprio successo ad alcune caratteristiche:

- economicità di produzione, dovuta ad una larga economia di scala ed all'impiego di materiali dai processi produttivi consolidati;
- efficienza e capacità di filtrazione variabili semplicemente cambiando la densità delle fibre per unità di superficie e le dimensioni fisiche del filtro;

- sono filtri a perdere che non richiedono manutenzione ma devono essere sostituiti alla fine della vita operativa.

Tuttavia, questa tecnologia di filtrazione comincia a mostrare tutti i suoi limiti al crescere dei requisiti di filtrazione dovuti ad una maggiore sensibilità al problema della qualità dell'aria: le normative richiedono filtri sempre più efficienti e capaci di agire su particelle di dimensioni sempre più ridotte: dovendo soddisfare questi nuovi requisiti, i costruttori si trovano costretti ad impiegare materiali sempre più sofisticati e costosi, e ad applicare tecnologie di costruzione più accurate in modo da minimizzare la difettosità di tenuta della struttura del filtro.

Inoltre, i filtri a *medium* filtrante più efficiente mostrano delle perdite di carico molto elevate, che richiedono grandi quantità di energia per l'attraversamento da parte dell'aria. Per questo motivo, mentre gli standard di qualità dell'aria diventano sempre più stringenti, l'applicazione di questa tipologia di filtro diviene sempre più difficoltosa ed economicamente impegnativa.



**Fig. 1 – Meccanismi di filtrazione delle particelle nei filtri costituiti da materiali fibrosi**

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* (micrometri).

- 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 *performance* di un filtro meccanico dopo un certo grado di sporcameto. 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.



**Fig. 2 – Filtri per aria costituiti da carta o materiale fibroso sintetico**

In questa tipologia di filtro, attualmente dominante sul mercato, l'aria attraversa una matrice fibrosa dove le particelle si arrestano principalmente per fenomeni di collisione meccanica. Con il trascorrere della vita operativa, l'efficienza sale per effetto dei depositi che finiscono essi stessi per partecipare all'azione filtrante, mentre la perdita di carico sale notevolmente, fino al punto da divenire insostenibile e determinare quindi la sostituzione del filtro. Si tratta di una tecnologia matura, con ridotto margine di sviluppo.

I moderni impianti di condizionamento richiedono prestazioni molto elevate in termini di efficienza, che questi filtri possono garantire solo utilizzando media filtranti che comportano perdite di carico medie decisamente sostenute, con effetti pesantemente negativi dal punto di vista energetico e della gestione delle portate d'esercizio.

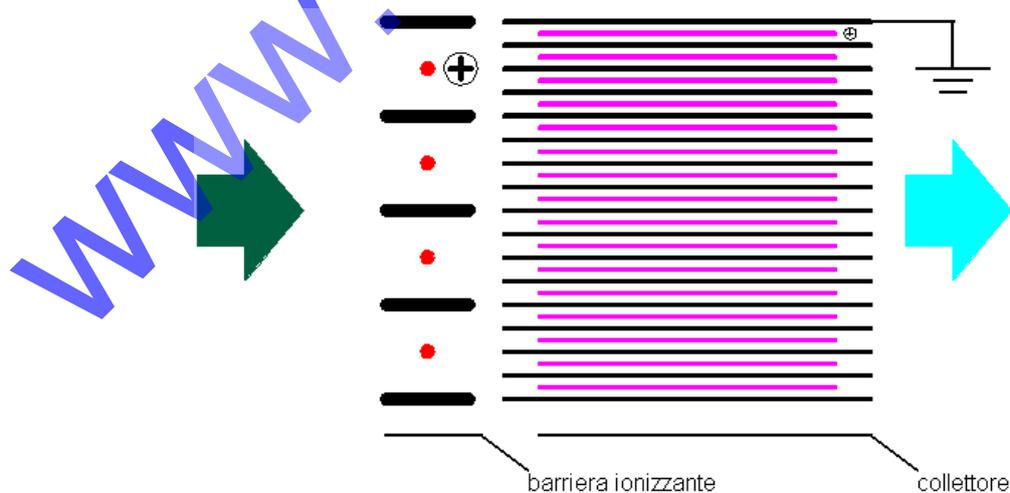


**Fig. 3 – Filtri per aria elettrostatici passivi, costituiti da fibre sintetiche prevaricate**

## **2. FILTRI ELETTROCARICATI E ELETTROSTATICI ATTIVI**

I filtri elettrostatici passivi o elettrocaricati, detti anche a elettreti, sono di struttura simile ai filtri in carta o in tessuto ma, diversamente, sono caratterizzati da minori perdite di carico a parità di efficienza, grazie ad una minore densità delle fibre compensata da un esaltato effetto di attrazione elettrostatica sulle particelle, grazie a cariche elettriche imposte sul materiale durante la fabbricazione.

Tuttavia, queste cariche elettriche si annullano rapidamente per effetto della prima deposizione di precipitato, e l'efficienza decade vistosamente nel volgere di poche settimane di funzionamento. Per questo motivo, questi filtri hanno trovato un relativo utilizzo nel settore del condizionamento dell'aria, mentre continuano ad essere impiegati in applicazioni dove servono elevate efficienze su flussi d'aria ridotti e per brevi periodi (settori automotive, elettrodomestico e medicale).



**Fig. 4 – Schema di un precipitatore elettrostatico attivo**

Nei precipitatori elettrostatici attivi, la carica elettrostatica è fornita continuamente da un alimentatore elettrico esterno. Le particelle in sospensione nell'aria vengono dotate di una carica elettrica attraversando la barriera ionizzante; successivamente, attraversando il collettore, esse precipitano sulle lamine connesse a terra grazie all'azione repulsiva delle lamine caricate elettrostaticamente con lo stesso segno. Questa tipologia di filtro assicura efficienze molto elevate su un largo spettro dimensionale di particelle, assicurando nel contempo perdite di carico molto contenute durante l'intera vita operativa.

D'altra parte, trattandosi di filtri costituiti da una struttura complessa di elementi metallici di precisione, hanno costi iniziali e costi di manutenzione importanti, perché richiedono lavaggi relativamente frequenti per mantenere un livello elevato di efficienza. Per questi motivi sono maggiormente utilizzati in applicazioni industriali.

Nel settore del condizionamento dell'aria sono impiegati solo in impianti con esigenze molto elevate di filtrazione e che possono contare su una struttura di manutenzione efficiente ed organizzata.

Questa tecnologia possiede ancora elevati margini di sviluppo, grazie all'impiego di materiali e tecniche costruttive innovative, come nel caso del filtro oggetto di questa relazione, un filtro elettrostatico attivo di nuova generazione.

### **3. CONSIDERAZIONI SUGLI ASPETTI ENERGETICI**

La bolletta energetica associata agli impianti di condizionamento dell'aria è, nel nostro Paese, decisamente elevata: anno dopo anno, ci stiamo avvicinando alla quota tipica dei maggiori utilizzatori planetari, dal 7% al 9% del budget energetico nazionale (stima per gli USA DOE – *U.S. Department Of Energy*). Nell'estate del 2003, abbiamo potuto constatare come i consumi elettrici dipendenti dal condizionamento dell'aria siano in grado di mettere in crisi i sistemi di produzione e distribuzione dell'energia.

L'aumento dei consumi elettrici del settore terziario, determinato dalla forte espansione di grandi complessi commerciali e ad uso ufficio, è stimato in continua crescita fino a raggiungere, nel 2015, il 28% dei consumi complessivi (stima GRTN - Gestore Rete Trasmissione Nazionale). Di questa quota, una parte molto elevata (circa un terzo) è da ascrivere agli impianti di trattamento dell'aria, come stanno, tra l'altro, a dimostrare i picchi di consumo estivi ed invernali, che corrispondono sempre ai giorni di massimo scostamento peggiorativo dalle temperature medie stagionali dell'aria esterna.

Per quanto riguarda il comparto industriale, non è affatto trascurabile l'impegno energetico necessario al trattamento dell'aria nei comparti alimentare, chimico-farmaceutico, automobilistico e dell'elettronica che richiedono grandi volumi d'aria in condizioni controllate di pulizia, temperatura e umidità.

### **4. IMPORTANZA ENERGETICA DELLA FILTRAZIONE**

Per i motivi riportati, non deve stupire il fatto che la gestione energetica degli edifici sia un argomento di grande interesse fortemente discusso e che, all'interno di questo dibattito, gli impianti di riscaldamento, refrigerazione e ventilazione dell'aria siano oggetto di particolare attenzione.

In particolare, nei sistemi di ventilazione, molta energia deve essere utilizzata per movimentare l'aria attraverso le unità di trattamento e le canalizzazioni di distribuzione. L'ammontare di questa energia dipende sostanzialmente dalle perdite di carico introdotte dai filtri e dalle canalizzazioni.

Limitandoci ad esaminare l'apporto della filtrazione, si può evincere come l'entità delle perdite di carico sia direttamente proporzionale al livello di efficienza dei filtri installati che, in definitiva, dipende dal livello di qualità dell'aria interna desiderata e dalla qualità dell'aria esterna presente (nonché dal livello di intasamento dei filtri stessi).

Occorre tenere presente che gli standard di qualità dell'aria interna sono in netta evoluzione verso parametri sempre più elevati, mentre la qualità dell'aria esterna si mantiene, in molte zone fortemente urbanizzate ed industrializzate del nostro Paese, su livelli preoccupanti per le rilevanti concentrazioni di polveri e gas nocivi.

Inoltre, comincia a evidenziarsi la necessità di spingere il livello di efficienza della filtrazione dell'aria su livelli estremamente alti, a causa del problema della sicurezza: gli impianti di alcuni edifici, particolarmente esposti al rischio di attacchi terroristici, dovranno essere concepiti a prova di agenti chimici e biologici.



**Fig. 5 – Applicazioni di filtri per ridurre la quantità dei contaminanti nell'aria ambiente e nell'aria primaria, purchè con un'efficienza elevata su tutto lo spettro delle sostanze da rimuovere: particolato e gas inquinanti.**

Legenda Fig. 5:

- 1-2) Filtri ad elevata capacità di ritenzione a monte e valle del ventilatore nell'UTA;
- 3) Unità di diffusione aria in ambiente dotate di filtri per evitare la dispersione dei contaminanti eventualmente presenti nelle condotte di distribuzione dell'aria;
- 4) Elementi filtranti all'interno di mobiletti ventilconvettori a pavimento, di termocondizionatori pensili o di purificatori d'aria a parete (anche medicali per biocontaminazione);
- 5) Diffusori a dislocamento con filtro incorporato;
- 6) Unità a ricircolo locale con aspirazione e diffusione aria con filtro ad elevata efficienza;
- 7) Unità di aspirazione con ricircolo dotato di filtro ad elevata efficienza (e espulsione integrata) per ventilconvettori canalizzati da controsoffitto;
- 8) Sistemi di filtrazione e deodorizzazione dell'aria espulsa (p.e. da grandi cucine);
- 9) Filtri a protezione dei circuiti elettronici interni di unità in ambienti speciali, quali locali per calcolatori e CED.

*Nota importante: il mantenimento di un adeguato grado di sovrappressione è fondamentale per impedire infiltrazioni d'aria inquinata dall'esterno.*

Dunque la domanda per una migliore filtrazione dell'aria è in aumento, proprio mentre si cerca di contenere il più possibile l'incidenza energetica degli impianti: in tale contesto non è facile trovare una risposta efficace a queste esigenze che appaiono in netto contrasto tra loro.

L'industria dei filtri è da tempo impegnata nella ricerca di nuove tecnologie, che possano offrire minori perdite di carico nel corso della loro vita operativa a parità di prestazioni iniziali: un esempio riuscito è rappresentato dall'introduzione dei filtri in *medium* cartaceo o sintetico a superficie ottimizzata. Da parte di alcuni, le pieghe sono ravvicinate per offrire, a parità di superficie frontale, una superficie effettiva di filtrazione quasi doppia rispetto a quella posseduta dai filtri realizzati con tecnologie tradizionali. Altri propongono geometrie costruttive differenti come ad esempio per le cosiddette tasche rigide a 4, 3, 2 diedri o a pacco unico, oppure con profondità fino a 400 mm.

A ciò, si aggiunge il continuo sviluppo di carte filtranti *low pressure drop* con più basse perdite di carico rispetto ai tradizionali media. In effetti, tutti questi nuovi filtri mostrano una riduzione delle perdite di carico iniziali fino al 50%. Tuttavia, questo non appare ancora sufficiente per rispondere pienamente alle nuove esigenze del mercato. Quello che veramente serve, è un filtro caratterizzato sì da perdite di carico iniziali molto ridotte, ma che sia in grado di mantenerle ad un livello contenuto per tutta la durata della sua vita operativa.

Infatti, qualunque filtro per aria "meccanico", cioè la cui efficienza dipende principalmente da fenomeni di interferenza meccanica tra le particelle in transito e la matrice fibrosa filtrante, va incontro ad un progressivo aumento delle perdite di carico, dovuto all'accumularsi dei depositi trasversali rispetto al flusso d'aria. Ad esempio, un filtro in carta ad efficienza medio – alta, di classe F7-F8 secondo UNI EN 779, può essere caratterizzato da perdite di carico iniziali pari a 100 – 150 Pa, che possono aumentare fino a 350 – 400 Pa a fine vita operativa.

Nell'arco di tempo d'esercizio, l'aumento delle perdite di carico comporta un aumento dell'energia elettrica assorbita dai ventilatori per garantire la portata di progetto (oppure una progressiva diminuzione della portata negli impianti non in grado di effettuare una corretta compensazione).

## 5. FILTRO MOLTO EFFICIENTE E ENERGETICAMENTE VIRTUOSO

Per conservare a lungo delle perdite di carico ridotte, i filtri dovrebbero “trattenere” le particelle filtrate il più possibile al di fuori del percorso dell'aria, in modo che i depositi non debbano essere attraversati.

Questo è esattamente quanto avviene nei filtri elettrostatici (precipitatori), i quali “asportano” le particelle in sospensione dal flusso d'aria e le fanno precipitare su dei collettori a piastre, che sono disposti lungo la direzione di attraversamento: in questo modo, distanziando opportunamente le piastre, anche dei depositi di grande entità hanno scarso effetto nell'ostacolare il transito dell'aria. Grazie a questa proprietà, i filtri elettrostatici offrono delle perdite di carico molto basse, pressoché costanti durante la normale vita operativa, che termina quando lo spessore del deposito comincia a perturbare il campo elettrico, invece che impedire il passaggio dell'aria, come avviene nei filtri “meccanici”.

Quindi, c'è da chiedersi perché allora non si utilizzano normalmente dei filtri elettrostatici, nelle unità di trattamento dell'aria. In effetti, i tradizionali filtri elettrostatici, accanto a caratteristiche molto gradite, come l'elevata efficienza anche su particelle molto piccole in abbinamento a perdite di carico molto basse, presentano anche delle caratteristiche particolari che, di fatto, ne relegano l'applicazione in situazioni di nicchia. Infatti, i normali filtri elettrostatici sono degli apparati complessi e costosi, sia come importo di installazione, sia dal punto di vista della manutenzione periodica.

Essi infatti, sono in genere costituiti da un complesso di lamine metalliche stampate che devono essere assemblate con molta precisione (quindi hanno un elevato costo di produzione) e necessitano di un alimentatore ad alta tensione per funzionare (circa 6–12 kV, per questa tipologia di filtri), anche se assorbono correnti molto modeste (circa 500  $\mu$ A per 1000 m<sup>3</sup>/h di portata).

Inoltre, alla fine della vita operativa, mentre i filtri “meccanici” vengono semplicemente sostituiti, i filtri elettrostatici possono essere ripristinati attraverso un lavaggio: anche se ciò comporta un allungamento dei tempi di ammortamento che permetterebbe di recuperare ampiamente i maggiori costi iniziali, in realtà ciò si tramuta in onerose operazioni di manutenzione periodica (fermi impianto, necessità di personale specializzato e di apposite apparecchiature per il lavaggio, disponibilità di filtri puliti “di giro” ecc.).

Questi aspetti non rappresentano un problema nelle applicazioni speciali, ma costituiscono invece un limite serio per le applicazioni nella ventilazione generale. In questi impieghi le caratteristiche di un filtro ideale, per rispondere ai requisiti di massima efficienza e di minimo costo globale LCC *Life Cycle Cost*, per un utilizzo di larga scala nei moderni impianti di condizionamento sono:

- Alta efficienza iniziale, nella parte superiore della classe F secondo UNI EN 779 (F7– F9);
- basse perdite di carico iniziali, il più possibile inferiori a quelle caratteristiche dei filtri attualmente in uso, quindi < 100 Pa, possibilmente intorno ai 50 Pa;
- massima linearità di prestazioni (efficienza, perdite di carico) durante la vita operativa;
- massima estensione della vita operativa (elevata capacità di carico in termini di peso di inquinanti trattenuti);
- costruzione economica con materiali di comune impiego, di basso costo energetico e di semplice assemblaggio;
- tipologia “usa e getta”, in modo da evitare complicazioni e costi relativi alla manutenzione;

- inceneribilità, quindi realizzazione con materiali compatibili per combustibilità ed assenza di emissioni nocive, in modo da recuperare nella combustione gran parte dell'energia impiegata per costruirli.

Queste le caratteristiche di base, alle quali sarebbe ideale aggiungere altri *plus* estremamente desiderabili:

- ampio spettro d'azione, cioè la possibilità di filtrare non solo particelle in un ampio intervallo di diametri, ma anche gli inquinanti in fase gassosa o di vapore. Questa caratteristica sarebbe di grande importanza nei riguardi dell'applicazione di norme più severe sulla qualità dell'aria interna;
- una efficace azione antibatterica ed antifungina, in modo da evitare la proliferazione di colonie di batteri e muffe in determinate condizioni favorevoli di temperatura ed umidità, spesso riscontrabili nei normali impianti di trattamento dell'aria.

## 6. FILTRO ELETTROSTATICO INNOVATIVO

Da una analisi delle caratteristiche ideali elencate, si può verificare come un possibile filtro ideale dovrebbe riassumere in sé alcune proprietà dei filtri elettrostatici (elevate efficienze di abbattimento particellare abbinata a basse perdite di carico), e dei filtri a medium filtrante (costruzione più semplice ed economica, manutenzione semplificata, inceneribilità). Per di più, dovrebbe mutuare altre proprietà da filtri di tipo chimico (abbattimento degli inquinanti gassosi, azione antibatterica).

Grazie all'impiego di particolari tecnologie innovative, è stato possibile realizzare un filtro per aria che riassume in sé tutte queste caratteristiche, attraverso un progetto di ricerca biennale finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica.

Questo filtro, denominato Elettroattivo<sup>®</sup> per rimarcare la differenziazione rispetto ai filtri attualmente disponibili, è stato sviluppato sulla base di un brevetto che riguarda l'utilizzo di materiali a basso costo, già in uso nell'industria della filtrazione, con modalità originali in grado di sfruttare delle potenzialità finora inesprese. In sintesi, si tratta della possibilità di utilizzare una matrice in materiale fibroso ricoperto di carbone attivato, in modo polivalente, cioè in una configurazione che, allo stesso tempo, assolva ad una funzione strutturale, elettrica (precipitatore elettrostatico), adsorbente (che trattenga fisicamente le molecole degli inquinanti), chemiassorbente (in grado di reagire chimicamente con le molecole degli inquinanti).

In altre parole, un precipitatore elettrostatico che agisce sul particolato ed anche sugli inquinanti gassosi e che non si ripristina alla fine della sua vita operativa ma può essere avviato all'incenerimento. Fino ad ora, i materiali fibrosi addizionati di carbone attivo sono stati utilizzati come semplice *medium* filtrante/adsorbente su alcune applicazioni particolari (cappe da cucina, o piccoli elettrodomestici, come aspirapolveri, friggitrice, depuratori d'aria): filtri piani o ondulati con funzione di filtri a bassa efficienza (classe G) per polveri e odori (pochi grammi di carbone per m<sup>2</sup> non permettono che una funzione palliativa sugli odori).

Nel filtro innovativo, questo materiale viene invece usato, sfruttandone la conducibilità elettrica e l'enorme superficie effettiva, come elettrodo, similmente a quanto avviene in un normale filtro elettrostatico: in un primo stadio – Fig. 6 (1) – ai filamenti carboniosi viene applicato un potenziale elettrico molto elevato, che provoca la ionizzazione dell'aria che scorre nelle vicinanze.

Durante questo percorso, l'aria non attraversa la massa fibrosa, ma semplicemente la lambisce, incontrando quindi una resistenza molto bassa allo scorrimento del flusso. L'aria ionizzata, a sua volta, carica elettrostaticamente le particelle in sospensione; in uno stadio successivo – Fig. 6 (1) – i filamenti carboniosi sono invece collegati elettricamente al potenziale di terra, attraendo così le particelle caricate e facendole precipitare.

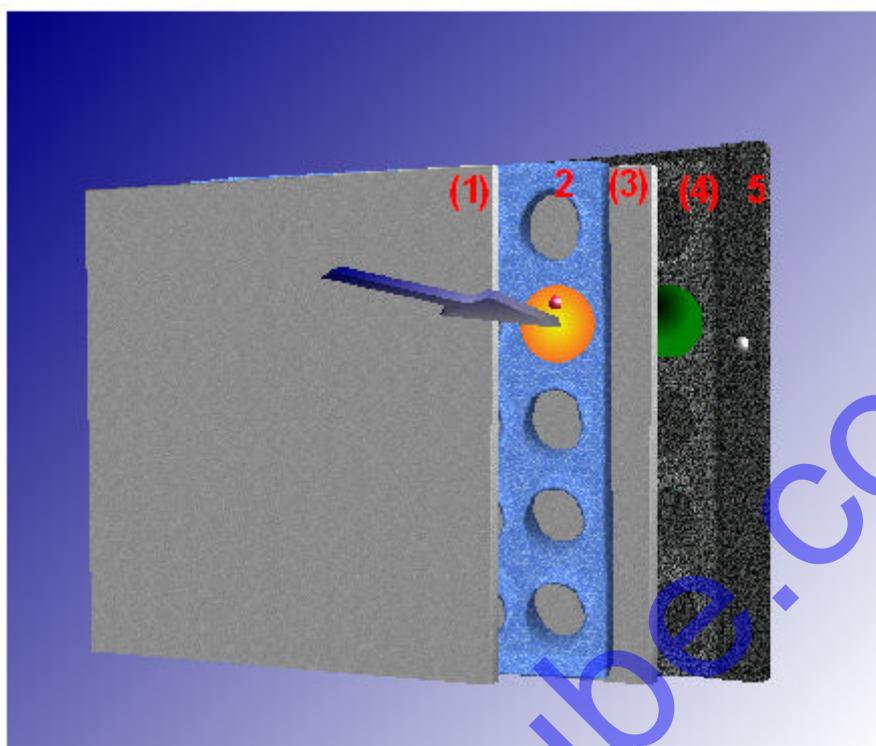
## 7. MIGLIORE IMPATTO AMBIENTALE DEL FILTRO ELETTROATTIVO

Una cura particolare è stata rivolta allo studio per ridurre il più possibile l'impatto ambientale del filtro Elettroattivo, principalmente attraverso una selezione accurata dei materiali di costruzione e alla programmazione del ciclo di vita del prodotto. L'impostazione di base consiste nell'adozione di materiali facilmente inceneribili o riciclabili. Inoltre, per garantire un trattamento corretto dei filtri a fine vita operativa, è stato ipotizzato un sistema di confezionamento con la doppia funzione di imballo per il filtro nuovo e di imballo per il ritorno del filtro "esaurito" al costruttore, il quale sarà responsabile del suo trattamento finale.

Le parti metalliche (cornici, elettrodi interni), non soggette ad usura, dovranno essere reimpiegate per l'assemblaggio di nuovi filtri, mentre il materiale filtrante, costituito da fibre poliestere, carboni esauriti e materiale precipitato, sarà avviato all'incenerimento, preferibilmente per mezzo di un termovalorizzatore. Al fine di classificare il materiale per l'accettazione da parte del consorzio provinciale per il trattamento dei RSU (SILEA – Società Intercomunale Lecchese per l'Ecologia e l'Ambiente) è stato programmato un test di valutazione da parte di una azienda specializzata indicata dal consorzio.

Grazie ad un *know-how* specifico sull'incenerimento dei materiali e sul trattamento dei fumi di combustione, è stato attrezzato un laboratorio di prova con muffola di incenerimento (Nabertherm L3/12) in grado di raggiungere i 1200°C, asservita ad un impianto di abbattimento delle emissioni dotato di reattore termico catalitico. Questa attrezzatura permetterà di effettuare le prove di combustione del prodotto unitamente alle analisi dei fumi, delle ceneri residue e al calcolo del bilancio termico. Ulteriore obiettivo di queste prove è la verifica della completa assenza di clorocomposti tra i residui di combustione, un parametro molto importante ai fini ambientali e di classificazione del prodotto nei confronti della termodistruzione. Una importante riduzione dell'impatto ambientale è ipotizzabile in virtù della probabile sostituzione dei filtri tradizionali da parte dei filtri Elettroattivi: nel caso di sostituzione di filtri elettrostatici tradizionali, si eviterebbero i frequenti lavaggi periodici che comportano consumi energetici non indifferenti e dispersione di detergenti non biodegradabili nelle acque di scarico.

Nel caso invece di sostituzione di filtri non elettrostatici, a parte il minore consumo energetico determinato dalle minori perdite di carico, valutato intorno al 50% (quindi corrispondente ad una proporzionale riduzione nelle emissioni di CO<sub>2</sub> prodotta nella generazione di energia elettrica), esiste una notevole riduzione, a parità di prestazioni, nella massa di materiale non riciclabile: allo stato attuale, un filtro tradizionale di classe F8, realizzato in materiale plastico e cellulosa, interamente da avviare all'incenerimento o allo smaltimento in discarica (destino attuale della quasi totalità dei filtri per aria), pesa almeno il 300% in più della massa non riciclabile contenuta in un equivalente filtro Elettroattivo.



**Fig. 6 - Struttura di massima del filtro Elettroattivo (gli stadi 1, 3 e 4 sono facoltativi):**

1. prefiltro per particolato e inquinanti grossolani
2. stadio di ionizzazione caricato elettrostaticamente da un alimentatore A.T.
3. matrice fibrosa ricoperta di biossido di titanio  $TiO_2$
4. stadio di deflessione elettrostatica (ad un potenziale di segno uguale e minore intensità rispetto a 1)
5. elettrodo di terra (collettore) e postfiltro di sicurezza (in assenza dell'elemento 3 può essere addizionato di  $TiO_2$ ).

L'aria attraversa il filtro entrando nei fori, ed attraversa uno spazio dove si trova un campo elettrico molto intenso (stadio di ionizzazione), al punto da provocare la ionizzazione delle molecole dei gas atmosferici e, di conseguenza, il caricamento elettrostatico delle particelle in sospensione. Le particelle cariche precipitano nello stadio collettore connesso a terra. Lo stadio di ionizzazione e il collettore sono costituiti dallo stesso materiale, cioè fibra poliestere ricoperta di carbone attivo, ma con caratteristiche molto differenziate per grammatura. Gli stadi intermedi sono riservati alle applicazioni dove è necessario ricercare le massime prestazioni di efficienza: possono essere evitati nelle normali installazioni di ventilazione generale.

Lo stadio che costituisce la sezione di ingresso del filtro è realizzato con del materiale a grammatura molto elevata, che quindi offre una elevata resistenza al passaggio dell'aria: in questo modo, si crea un percorso preferenziale verso i passaggi a sezione cilindrica praticati nello spessore della matrice. Praticamente, l'intero flusso d'aria scorre all'interno di questi passaggi, le cui pareti sono formate dalle estremità delle fibre elettroconduttive tranciate dal processo di foratura.

Applicando alla matrice un potenziale elettrico dell'ordine di diversi kilovolt, ogni singola terminazione fibrosa funziona da elettrodo di ionizzazione per effetto corona, saturando il volume del cilindro di passaggio con un eccesso di ioni, positivi o negativi a seconda della polarità del potenziale applicato.

Questo eccesso di ioni permette di trasferire una carica elettrica sulle particelle in transito che, una volta caricate, possono essere attratte dalla superficie dello stadio successivo, il collettore, connesso elettricamente a terra. In questo modo si ottiene una precipitazione elettrostatica molto efficiente degli inquinanti sotto forma di corpuscolo, anche di dimensioni fortemente submicroniche (lo spettro di abbattimento è in funzione dei parametri di progetto, e può estendersi inferiormente a diametri intorno a 0,01  $\mu\text{m}$ ).

Tra lo stadio di ionizzazione ed il collettore (che, ricordiamo, sono caratterizzati da una superficie estremamente estesa formata da carbone attivo) viene ad instaurarsi permanentemente un campo elettrico di notevole intensità: questo fatto comporta la presenza, sempre grazie all'effetto corona, di alcune specie chimiche ossidanti estremamente reattive (ozono, radicali liberi).

Di conseguenza, le sostanze organiche volatili presenti in sospensione nell'aria oppure condensate sulle particelle precipitate o in via di caduta, sono sottoposte ad un processo di degradazione ossidativa, tanto più intenso in presenza di siti con proprietà catalizzanti come quelli offerti dal carbone attivo stesso oppure da una certa quantità di additivi catalizzatori aggiunti alla matrice (ad esempio  $\text{TiO}_2$ ).

La fonte di energia è fornita dal campo elettrico sotto forma di elettroni liberi o ceduti dai reagenti formati per ionizzazione. Abbiamo quindi dei fenomeni di ossidazione chimica e di ossidazione catalitica a temperatura ambiente, senza la necessità di addurre alcun reagente supplementare dall'esterno. Quindi, in questo modo è possibile ottenere una azione efficace di abbattimento anche sugli inquinanti in fase gassosa.

## 8. ASPETTI ENERGETICI E AMBIENTALI DI UN FILTRO

I consumi energetici di un filtro per aria possono essere stimati conoscendo il valore medio delle perdite di carico mostrate durante la vita operativa, utilizzando la formula seguente:

$$E = \frac{(Q \bar{P} T)}{(\eta 1000)}$$

dove  $Q$  è la portata in  $\text{m}^3/\text{s}$

$\bar{P}$  è il valore medio delle perdite di carico in Pa

$T$  è la durata della vita operativa in ore

$\eta$  è il rendimento del ventilatore

Ad esempio, un tipico filtro ad efficienza medio-alta (F8-F9), nell'arco di un anno (8760 ore), a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  di portata, avente una perdita di carico media di 250 Pa, richiederà 3129 kWh di energia elettrica, ipotizzando per il ventilatore un rendimento del 70%.

Se stabiliamo un costo per kWh<sup>1</sup> di 0,11 €, avremmo un costo annuale, per la sola energia elettrica, pari a circa 344 €, un importo molto superiore a quello di acquisto (il costo commerciale medio di un filtro del genere è intorno ai 70 €).

In termini di contributo ai gas serra, considerando che 1 kW elettrico prodotto in Italia comporta l'emissione in atmosfera di 0,504 kg di CO<sub>2</sub> (valore medio dichiarato dall'ENEL per il 2004), avremo annualmente il rilascio di  $3129 \times 0,504 = 1577$  kg di anidride carbonica.

Il filtro Elettroattivo può essere realizzato in varie esecuzioni e con strutture differenti, in base ai parametri di progetto desiderati: in particolare, uno degli oggetti principali dell'attività di ricerca e sviluppo di questo prodotto, è stata quella relativa alla messa a punto di un filtro per la ventilazione generale, intercambiabile a quelli attualmente usati nelle Unità di Trattamento Aria destinate al condizionamento dell'aria in ambito civile.

Le prime prove di validazione dei prototipi hanno mostrato dei valori estremamente interessanti dal punto di vista dell'efficienza di abbattimento delle polveri e della perdita di carico iniziale, al di là delle aspettative (efficienza di classe H13 – H14 rispetto a EN 1822 su particelle di 0,2 µm, con una perdita di carico iniziale < 10 Pa).

Sulla base di questi risultati, sono stati messi a punto dei filtri con caratteristiche di efficienza adatte per il mercato della ventilazione generale, che comprendono un prefiltro e filtro finale di sicurezza, entrambi in medium fibroso piano e continuo di bassa grammatura (Fig. 7).



**Fig. 7 – Filtri Elettroattivi® per la ventilazione generale disponibili in varie versioni per misura ed efficienza (comparabile a classi da F7 ad H10).**

<sup>1</sup>Eurovent – Cecomaf “LCC Guidelines for Air Handling Units”



**Fig. 8 – Esempio di applicazione in un importante complesso di edifici ad uso uffici per questi filtri installati nei plenum di aspirazione di ventilconvettori canalizzati.**

Sono in corso le prove di laboratorio per la certificazione di questi filtri secondo la proposta di norma UNI prE02058460 ““Filtri per aria elettrostatici attivi per la ventilazione generale – Determinazione dell'efficienza di filtrazione”, attualmente in fase di inchiesta pubblica. I dati preliminari indicano, ad esempio, per filtri Elettroattivi di efficienza sovrapponibili a F7 – F8 - F9 (classi D-EM  $80 \leq E_m < 90$ , C-EM  $90 \leq E_m < 95$  e B-EM  $95 \leq E_m < 99$ , su particelle da  $0,4 \mu\text{m}$ ), una perdita di carico iniziale di circa 60 - 80 Pa a  $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$  (nota bene: con prefiltro e postfiltro incorporati, responsabili di gran parte delle perdite di carico osservate).

Per alimentare questi filtri occorre un alimentatore ad alta tensione e bassa corrente, in grado di erogare alcune centinaia di microampere a 10 kV: la potenza installata è tipicamente di 6 W. A questo punto, se immaginiamo di utilizzare un filtro Elettroattivo al posto del normale filtro a medium filtrante in carta previsto nel nostro esempio di stima dei costi energetici, si potrebbe ragionevolmente stimare almeno un dimezzamento della media delle perdite di carico (sono in corso delle prove dal vero per stimare le effettive perdite di carico finali dopo un anno: nelle UTA il filtro Elettroattivo non incorpora prefiltro e postfiltro, proprio come avviene con i filtri a medium tradizionale, poiché nella filtrazione dell'aria esterna, i prefiltri arrestano una grande quantità di particelle grossolane e devono essere sostituiti ad intervalli molto più frequenti dei filtri a media e alta efficienza che hanno il compito di proteggere. In queste condizioni, la perdita di carico finale del filtro elettroattivo è solo di pochi Pa superiore a quella iniziale).

Dato che la stima non prevede il contributo di prefiltri e postfiltri, la perdita di carico media potrebbe essere molto inferiore ma, per eccesso di prudenza, limitiamoci a considerare non più di un dimezzamento di questo valore: in tal caso, se stimiamo 125 Pa, avremo un consumo elettrico del ventilatore di 1564 kWh, a cui dovremo aggiungere il consumo dell'alimentatore ( $0,006 \text{ kWh} \times 8760 \text{ h} = 53 \text{ kWh}$ ) per un totale di 1617 kWh, con una diminuzione di  $3129 - 1617 = 1512 \text{ kWh}$ . In questo modo, per ogni filtro F7 sostituito da un Elettroattivo, si potrebbe, per ogni anno, evitare di immettere in atmosfera un quantitativo di  $\text{CO}_2$  pari a  $1512 \times 0,504 = 762 \text{ kg}$ , limitandoci ad una stima conservativa.

Si può quindi affermare che una possibile adozione generalizzata di questa nuova tipologia di filtri, potrebbe portare almeno ad una diminuzione intorno al 50% delle emissioni di  $\text{CO}_2$  causate dalla filtrazione nel settore del condizionamento dell'aria. Questo risultato comporterebbe anche un netto aumento della efficienza nell'abbattimento degli inquinanti all'interno degli ambienti confinati, a tutto vantaggio della salute degli occupanti.

## 9. EVOLUZIONE DEGLI ASPETTI NORMATIVI

La normativa attualmente vigente nel nostro Paese in tema di ventilazione generale, in particolare la norma UNI 10339:1995 “Impianti aeraulici a fini di benessere”, prescrive il grado e la metodologia di filtrazione da adottare sull'aria esterna immessa negli ambienti per il ricambio e sull'aria interna parzialmente ricircolata, in base alla tipologia di locale.

Nel processo di continuo recepimento della normativa comunitaria, nel corso del 2005 è stata pubblicata la norma UNI EN 13779, che introduce, tra l'altro, alcune novità per quanto riguarda la filtrazione dell'aria negli impianti di condizionamento. Attualmente, nell'ambito del Comitato Termotecnico Italiano la cui segreteria tecnica è affidata all'AICARR, all'interno del SC5 GC1 un apposito Gruppo di Lavoro (al quale l'autore partecipa attivamente), si sta occupando della revisione aggiornata della UNI 10339 in relazione alla norma comunitaria citata: si tratta di un aggiornamento importante, perché il campo d'applicazione è molto più ampio di quello della vecchia norma, in quanto esteso a tutti gli ambienti confinati, residenziali e non. Inoltre, la norma conserverà, per la prescrizione dei filtri, il sistema del prospetto suddiviso per categorie d'ambiente, più familiare per i progettisti italiani rispetto alla tabella estremamente sintetica della norma europea (Tab.1).

A differenza del passato, il nuovo prospetto della UNI 10339 indicherà un dimensionamento dei filtri differenziato in base al grado di inquinamento dell'aria esterna (su una scala di tre livelli, in base alla classificazione del territorio: 3 = zona caratterizzata da concentrazioni di inquinanti molto elevate; 2 = zona caratterizzata da concentrazioni mediamente elevate; 1 = zona caratterizzata da inquinamento assente o moderato) e al livello di qualità dell'aria interna desiderato, o meglio, concordato con il committente (anche in questo caso in riferimento a tre possibili livelli qualitativi, mantenendo comunque le concentrazioni degli inquinanti interni al di sotto delle soglie di raccomandazione indicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità). Un prospetto di possibile adozione è riportato in Tab. 2. La Tab. 3 riporta invece un prospetto riassuntivo delle classificazioni dei filtri attualmente in uso. Da un rapido esame delle tabelle, si evince chiaramente che l'impiego di filtri ad efficienza medio-alta sarà ampiamente raccomandato, in unione a filtri per gas nelle zone caratterizzate da livelli di inquinamento esterno molto elevati (aree urbane trafficate).

**Tab. 1 - Filtri da usare secondo l'aria esterna per qualità interna desiderata (EN 13779)**

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/F8	F7	F6
ODA 4 – aria con concentrazioni elevate di polveri e gas	G4/F8	G3/F7	G3/F6
ODA 5 – aria con altissime concentrazioni di polveri o gas	G4/GF/F9	G4/GF/F8	G3/F6

**Tabella 2 – Classi di filtrazione secondo bozza della nuova UNI 10339**

Classificazione ambienti	Livello di qualità aria esterna	Classe di filtrazione secondo IAQ desiderata			Numero stadi di filtrazione
		alta	media	bassa	
<b>1 EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA e assimilabili:</b>					
1.1 abitazioni civili	ODA 1	F6	F5	G4	1
1.2 collegi e luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	ODA 2	F7	F6	F5	1
	ODA 3	F8/GF	F7	F6	2
1.3 Alberghi, pensioni					
<b>2 EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI:</b>					
2.1 uffici in genere	ODA 1	F7	F6	F5	1
2.2 locali riunione	ODA 2	F8	F7	F6	2
2.3 centri elaborazione dati	ODA 3	F9/GF	F8/GF	F7	2
<b>3 OSPEDALI, CLINICHE E ASSIMILABILI:</b>					
3.1 degenze, corsie, visite mediche, soggiorni, terapie fisiche	ODA 1	F7	F6	F5	1
	ODA 2	F8	F7	F6	2
	ODA 3	F9/GF	F8/GF	F7	2
3.2 camere sterili e infettivi, maternità, anestesia, radiazioni	ODA 1	H14	H13	H12	3
	ODA 2	H14	H13	H12	3
3.3 prematuri, sale operatorie locali assimilabili	ODA 3	H14/GF	H13/GF	H12	3
<b>4 EDIFICI ASSOCIATIVI E DI CULTO:</b>					
4.1 cinematografi, teatri, sale gioco	ODA 1	F7	F6	F5	1
	ODA 2	F7	F6	F5	2
4.2 sale congressi e luoghi di culto	ODA 3	F8/GF	F7/GF	F6	2
<b>5 AMBIENTI PER ATTIVITÀ RICREATIVE:</b>					
5.1 bar, ristoranti e sale da ballo	ODA 1	F7	F6	F5	1
5.2 cucine	ODA 2	F7	F6	F5	2
	ODA 3	F8/GF	F7/GF	F6	2
<b>6 EDIFICI COMMERCIALI E ASSIMILABILI:</b>					
6.1 grandi magazzini, supermercati, negozi in genere	ODA 1	F6	F5	G4	1
	ODA 2	F7	F6	F5	2
6.2 negozi alimentari, aree lavorazione alimenti in supermercati	ODA 3	F8/GF	F7/GF	F6	2
<b>7 EDIFICI SPORTIVI E ASSIMILABILI:</b>					
7.1 piscine, palestre e assimilabili	ODA 1	F6	F5	G4	1
	ODA 2	F6	F5	G4	1
7.2 quartieri fieristici	ODA 3	F7	F6	F5	2
<b>8 EDIFICI PER ATTIVITÀ SCOLASTICHE:</b>					
8.1 aule in genere	ODA 1	F6	F5	G4	1
	ODA 2	F7	F6	F5	1
8.2 laboratori	ODA 3	F8/GF	F7/GF	F6	2

Classificazione dei filtri in base a UNI EN 779 ed UNI EN 1822; GF = filtri per gas inquinanti

Il prospetto VI della UNI 10339 rappresenta il riferimento principale per la scelta dei filtri da impiegare sul trattamento dell'aria esterna: in tabella è riportato un prospetto di possibile adozione nell'aggiornamento di questa norma fondamentale, alla luce delle novità introdotte dalla norma EN 13779 sulla ventilazione residenziale e dalle attuali norme di prova sui filtri (EN 779 e EN 1822).

La tabella consente di adottare i filtri idonei in base al livello di inquinamento presente all'esterno e al livello di *Indoor Air Quality* desiderato all'interno. Il numero di stadi di filtrazione si riferisce alla necessità di proteggere i filtri ad alta efficienza facendoli precedere

da filtri di classe inferiore. (Nota bene: questa tabella è ancora oggetto di discussione ed è riportata solo a titolo esemplificativo).

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 efficienza ponderale (arrestanza); i filtri F, per polveri fini, sono invece testati nei confronti di particelle (aerosol) di 0,4 µm di diametro, e classificati per valori di efficienza media in numero. Complessivamente, le classi di efficienza sono numerate da 1 a 9 in modo direttamente proporzionale.

**Tab. 3 – Classificazione dei filtri per ventilazione generale**

Classe del filtro EN 779	Efficienza media ponderale $A_m$ %	Efficienza media per particelle di 0,4 µm $E_m$ %	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

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 in accordo a UNI EN 779 e UNI EN 1822 per i filtri ad altissima efficienza (attualmente indicati come AS).

## 10. PROGETTO DI NORMA PER I FILTRI ELETTROSTATICI ATTIVI

Al fine di potere certificare le prestazioni di questo filtro innovativo e quindi di permetterne l'inserimento a capitolato nei nuovi impianti di condizionamento dell'aria l'associazione dei costruttori di depuratori elettrostatici, ha redatto una proposta di norma che permettesse la prova in condizioni standardizzate dei filtri elettrostatici in genere e, in particolare, dei filtri aventi caratteristiche innovative simili a quello oggetto di questa relazione.

Tale norma è stata messa a punto attraverso uno specifico Gruppo di Lavoro (al quale gli autori partecipano attivamente) attivato presso il Comitato Termotecnico Italiano all'interno del SC5 GC1 e presentata all'UNI nel mese di giugno del 2005. Attualmente si trova in fase di inchiesta pubblica e ne è prevista la pubblicazione definitiva come norma UNI nei primi mesi del 2006. Tale norma, che si rifà nel suo impianto generale alla norma comunitaria EN 779 che riguarda i filtri non elettrostatici, introduce una nuova classificazione, riportata nella Tab. 4. Questa norma individua quattro classi d'efficienza, nei confronti di un aerosol formato da particelle aventi dimensione di 0,4 µm. 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 sporcamento.

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. Ciò permetterà al progettista di valutare opportunamente l'eventuale sostituzione alternativa di filtri tradizionali con i filtri elettrostatici attivi di nuova generazione.

**Tab. 4 – Classificazione dei filtri elettrostatici attivi**

$(\Delta p < 30 \text{ Pa})$	$(\Delta p > 30 \text{ Pa})$	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	$E_m \leq 99$

*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.*

## 11. PROGETTO DI NORMA PER INQUINANTI GASSOSI

L'intero progetto di norma si può inquadrare nell'ottica di sviluppo di un nuovo standard europeo (CEN) con risvolti sia nazionali in ambito UNI che internazionali in quello ISO di cui l'Italia attraverso l'ente normatore italiano detiene la segreteria del Comitato Tecnico TC 142 “*Air Cleaning equipment for air and other gases*”. Il tema principale dei lavori svolti da uno specifico *working group* è anche lo sviluppo di un apparato e di un metodo di prova per i sistemi di abbattimento dei contaminanti gassosi che trovano impiego nella ventilazione generale, sostanzialmente nell'ambito del condizionamento.

Attualmente non esiste una norma ufficiale e riconosciuta dalla comunità internazionale che regola le prove di apparati di filtrazione di questo tipo. Nella bibliografia di riferimento si possono trovare rari esempi di test effettuati con lo scopo di certificare e classificare i prodotti in oggetto. Come normative si possono citare la ISO/TS 11155-2 “*Air Filters for Passenger Compartments Part 2: Test for Gaseous Filtration*” relativa però ai filtri che equipaggiano le automobili e la bozza di norma statunitense ASHRAE 145.2P “*Method of Testing Gaseous Contaminant Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency*”.

Il gruppo di ricerca responsabile delle attività del Laboratorio di Condizionamento dell'aria e Refrigerazione del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano partecipa attivamente al lavoro sulla filtrazione dell'aria da contaminanti gassosi utilizzando tipici gas inquinanti di tipo organico al fine di studiare l'influenza dei parametri più comuni sulle prestazioni di filtri chimici in scala 1 : 1.

## 12. CONCLUSIONI

Nell'ambito del comfort ambientale e più ampiamente negli impianti di trattamento dell'aria, molti segnali indicano l'avvicinarsi di una nuova stagione per la filtrazione e la purificazione dell'aria di ricircolo con lo sviluppo di nuove tecnologie in più stadi, spesso integrazione evoluta di tecnologie già note.

Sul mercato stanno salendo alla ribalta apparecchi innovativi capaci di purificare l'aria ambiente da gran parte dei contaminanti in essa contenuti: polveri, agenti batterici e gas inquinanti in generale. Prospettive inattese si sono aperte di recente grazie ad alcune importanti realizzazioni impiantistiche che rappresentano un'autentica primizia nel campo della climatizzazione di benessere.

Questi sistemi potranno contribuire al raggiungimento di una migliore qualità dell'aria unitamente ad una ventilazione ricondotta a valori ragionevoli in termini di impatto energetico come stanno dimostrando le unità di ricircolo di nuova generazione installate presso un importante complesso di edifici ad uso uffici (Maciachini Center) che sta sorgendo a Milano nell'area dell'ex stabilimento della Carlo Erba, storica azienda farmaceutica meneghina.

## BIBLIOGRAFIA NORMATIVA

- [1] Legge 9 gennaio 1991: *“Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”*, Repubblica Italiana, 1991
- [2] UNI 10339: *“Impianti aeraulici al fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'ordine e la fornitura”*, UNI, 1995.
- [3] Decreto M.I.C.A. 2 aprile 1998: *“Modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi”*, Ministero Industria Commercio e Artigianato, 1998
- [4] EN 1822-1: *“High efficiency air filters (HEPA and ULPA) – Part 1: Classification, performance testing, marking”*, CEN, 1998
- [5] EN 779:2002, *Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration performance*, CEN, 2002
- [6] EN 13779: *“Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems”*, CEN 2005