

Cristiano Vergani
Responsabile R & D
Deparia Engineering S.r.l.
E-mail cristiano.vergani@deparia.com

La filtrazione dell'aria nel bilancio energetico degli edifici

La riduzione dei consumi energetici rappresenta ormai un dovere inderogabile per tutte le economie avanzate, ciò porta inevitabilmente ad un aumento dei costi dell'energia e all'introduzione di vincoli sempre maggiori sul rendimento energetico degli impianti. Il trattamento dell'aria negli edifici richiede grandi quantità di energia, soprattutto a causa, escludendo gli aspetti termo-igrometrici, delle perdite di carico indotte dai filtri e dalle canalizzazioni. Mentre per queste ultime è difficile introdurre a breve dei miglioramenti sensibili, per quanto riguarda i filtri è possibile fin d'ora contenere i consumi energetici in modo consistente.

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). 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 al raggiungimento, nel 2015, del 28% dei consumi complessivi (stima GRTN - Gestore Rete Trasmissione Nazionale). Di questa quota, un importo molto elevato (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 in genere 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 e dell'elettronica, che richiedono grandi volumi d'aria in condizioni controllate di umidità e temperatura.

La filtrazione ha un ruolo importante dal punto di vista energetico

Per i motivi riportati, non deve stupire il fatto che la gestione energetica degli edifici sia un argomento fortemente dibattuto 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 disponibile (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 urbanizzate ed industrializzate del nostro Paese, su livelli preoccupanti per concentrazione 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. Dunque la domanda per una migliore filtrazione dell'aria è in aumento: contemporaneamente, si cerca di contenere il più possibile l'incidenza energetica degli impianti. A prima vista, sembrano due esigenze inconciliabili. Tuttavia, il progresso della filtrazione dell'aria sta procedendo, proprio a causa della evidente evoluzione in atto nello scenario energetico. L'industria dei filtri è da tempo impegnata nella ricerca di nuove tecnologie, capaci di offrire minori perdite di carico a parità di prestazioni: un esempio riuscito è rappresentato dall'introduzione dei filtri in medium cartaceo o sintetico a superficie estesa, i quali utilizzano un sistema di pieghe ravvicinate che mostrano, a parità di superficie frontale, una superficie effettiva di filtrazione quasi doppia rispetto a quella posseduta dai filtri realizzati con tecnologie tradizionali. Questi nuovi filtri esibiscono, in effetti, una riduzione delle perdite di carico iniziali fino al 50%.

Ad ogni modo, questo non è ancora sufficiente per rispondere pienamente alle nuove esigenze del mercato. Quello che veramente servirebbe, è un filtro caratterizzato sia 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 F secondo UNI EN 779, può essere caratterizzato da perdite di carico iniziali pari a 100 – 150 Pa, che possono aumentare fino a 400 – 500 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):

Caratteristiche ideali di un filtro molto efficiente ed 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".

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 relativamente complessi e costosi, sia come importo di installazione, sia dal punto di vista della manutenzione periodica. I filtri elettrostatici, 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 0,5 mA per 1000 m³/h di portata). Inoltre, alla fine della vita operativa, mentre i filtri "meccanici" sono semplicemente sostituiti, i filtri elettrostatici possono essere ripristinati attraverso un lavaggio: anche se ciò comporta un allungamento dei tempi di ammortamento (il che permetterebbe di recuperare ampiamente i maggiori costi iniziali) in realtà ciò si tramuta in operazioni di manutenzione periodica abbastanza onerose (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 per le applicazioni nella ventilazione generale.

Quali dovrebbero essere, allora, le caratteristiche di un filtro ideale per rispondere ai requisiti di massima efficienza e di minimo costo globale (LCC – Life Cycle Cost) per un impiego di larga scala nei moderni impianti di condizionamento?

- 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 *p/w/s* 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,
- un'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.

In commercio, per ora, esistono pochissimi filtri che si avvicinano all'insieme di queste caratteristiche ideali: ad ogni modo, alcuni importanti marchi del settore offrono dei prodotti innovativi che, pur richiedendo un maggior investimento iniziale, permettono sul lungo periodo dei risparmi molto consistenti sui costi di gestione, assicurando allo stesso tempo un livello molto elevato di qualità dell'aria.

Aspetti energetici ed ambientali dipendenti dalle perdite di carico di un filtro

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

$$E = \frac{Q \cdot \overline{P_T}}{\eta \cdot 1000}$$

dove

Q è la portata in m^3/s

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

T è la durata della vita operativa in ore

η è il rendimento del gruppo ventilante (inverter, motore, trasmissione, girante)

Ad esempio, un tipico filtro ad efficienza medio-alta (F8-F9), nell'arco di un anno (8760 ore), a $1 m^3/s$ 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 che, indicativamente, un kWh di costa 0,11 euro (costo dell'energia riportato negli esempi di calcolo pubblicati da Eurovent), avremo un costo annuale, per la sola energia elettrica, pari a circa 344 euro. Cioè un importo decisamente molto superiore a quello di acquisto, che per un filtro di questa classe si aggira intorno agli 80 euro.

Da questo calcolo, si evince facilmente che la scelta di un filtro in base al solo costo di acquisto, senza tenere in debito conto le perdite di carico, può portare a conseguenze economicamente molto spiacevoli. Alcuni costruttori, per facilitare il cliente nella scelta più idonea, mettono a disposizione un apposito software per il calcolo LCC, del quale conviene senz'altro approfittare. In ogni caso, se non si vogliono fare troppi calcoli, è utile sapere che tra gli addetti ai lavori circola una cosiddetta *rule of thumb* (la regola del pollice degli anglosassoni, che corrisponde al nostro "calcolo a spanne"...) che dice: "Un Pascal, un euro". Ovvero, ogni Pa in più di perdite di carico ci costerà un euro di energia in più per anno... un dato che basta ed avanza per decidere che, d'ora in poi, sarà bene dedicare la dovuta attenzione alla scelta dei filtri da inserire nel nostro impianto.

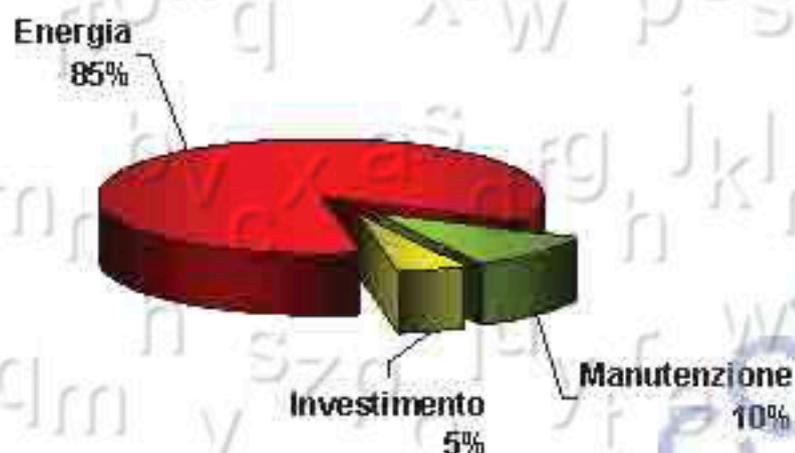


Figura 1 – L'indice LCC (Life Cycle Cost) permette di stimare i costi complessivi della filtrazione dell'aria lungo l'intero arco di vita dell'impianto: il grafico è riferito ad un periodo di 10 anni. Come si può vedere, conviene considerare attentamente il "peso" dei costi energetici, che sostanzialmente dipendono dal valore medio delle perdite di carico indotte dai filtri e dalle canalizzazioni.

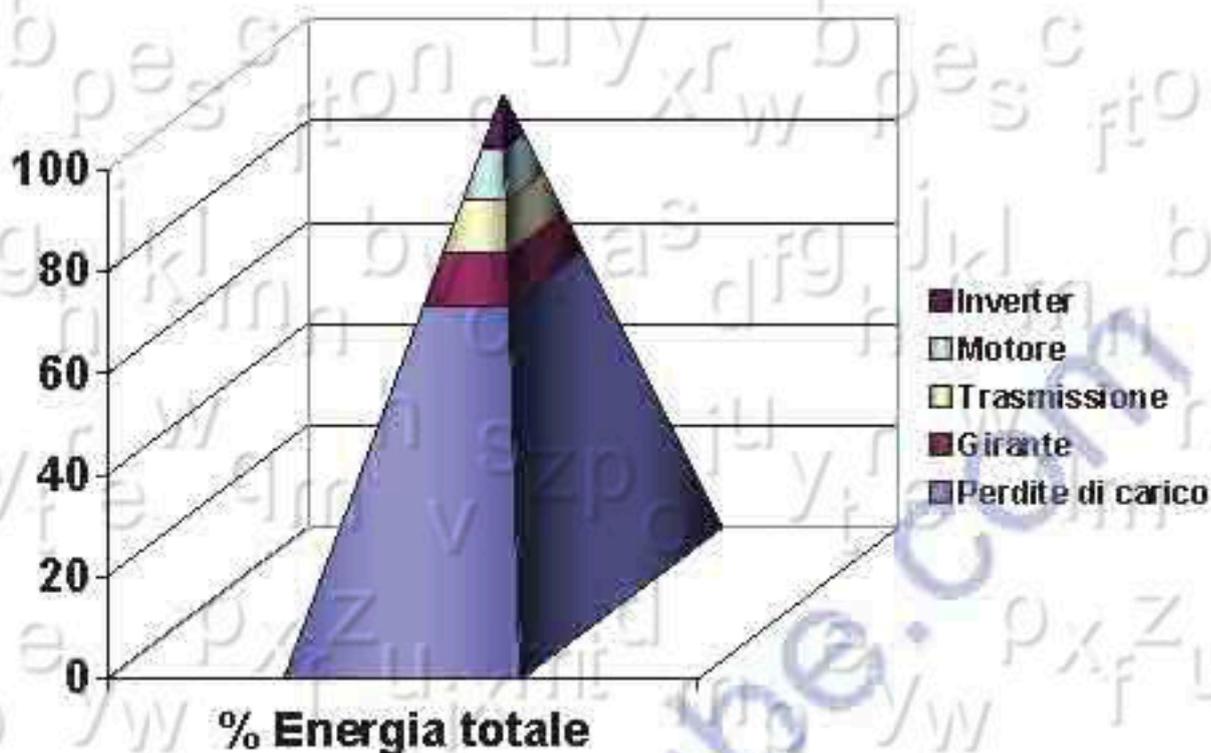


Figura 2 – Piramide dei consumi energetici nella movimentazione meccanica dell'aria.



Figura 3 – I filtri rappresentano, dopo le condotte, la fonte più importante di perdite di carico nell'impianto di ventilazione.

Life Cycle Cost (Costo del Ciclo di Vita)

Per un qualunque equipaggiamento o impianto, il Life Cycle Cost rappresenta il costo globale, relativo al tempo di operatività stabilito (ad es. 10 anni), comprendente:

- acquisto
- installazione
- manutenzione
- consumo di energia
- smaltimento

LCC = la somma di $(C_{ci} + C_h + C_e + C_o + C_m + C_{mr} + C_{amb} + C_s)$

Dove:

C_{ci} = costo di acquisto

C_h = costi di installazione, di collaudo e di addestramento del personale

C_e = costo dell'energia per il funzionamento

C_o = costi operativi, di supervisione

C_m = costi di manutenzione (programmata e straordinaria) e di riparazione

C_{mr} = costi per il mancato funzionamento

C_{amb} = costi ambientali (contaminazioni, emissioni)

C_s = costo di smaltimento a fine vita (inclusi i costi di ripristino e di smaltimento dei servizi ausiliari)

Nel caso dei filtri per aria, la voce di gran lunga più importante è rappresentata dai costi energetici.

L'importo dei costi deve inoltre essere corretto, in relazione al tempo considerato, tenendo conto del valore di inflazione e del tasso di interesse.

Bibliografia

Eurovent Recommendation 10 "Calculating of Life Cycle Cost for Air Filters"

Fläkt Woods Group "Calculate ventilation Life Cycle Cost and count on savings"

Siti di consultazione su Internet

Clean air with economic benefit

http://www.camfilair.com/cou_camfil/filtertechnology/lcc/index.cfm