Pressurizzare in economia con i depolveratori

Mantenere pressurizzati gli ambienti attraverso i normali impianti HVAC può essere a volte molto dispendioso. Un alternativa da prendere in considerazione è quella di impiegare un depolveratore, a cui affidare il compito di assicurare una determinata pressione differenziale in ambiente.

Luca Ferrari

Un depolveratore dotato di 16 cartucce filtranti pressurizza la sala compressori di una centrale elettrica. Le griglie di aerazione poste nella parete permettono il ricambio d'aria previsto, mantenendo controllata la sovrappressione all'interno della struttura (Camfil APC).

I depolveratori ad alta efficienza sono normalmente noti per essere impiegati in campo industriale per assicurare un determinato grado di pulizia nell'ambiente produttivo e/o per garantire l'espulsione in atmosfera di gas/aria neutralizzati dalle principali particelle inquinanti.
Capita però talvolta che le strutture collocate in prossimità di questi edifici industriali, come uffici, sale conferenze, sale di controllo, sale server, e altri locali in genere, siano messe nella necessità di richiedere una qualche forma di protezione contro le infiltrazioni delle polveri derivate dagli stessi processi di produzione confinanti o viceversa, meno frequente, dalle particelle contaminanti presenti nell'aria esterna.
La pressurizzazione degli ambienti come protezione dalle infiltrazioni inquinanti in combinazione con adeguati processi filtranti rappresenta l'approccio più efficace per risolvere queste sfide. Cosi mentre l'impiego di filtri ad alte prestazioni inseriti nell'unità HVAC rappresentano la soluzione più comune al problema, i depolveratori con cartucce filtranti ad alta efficienza possono risultare una valida ed economica alternativa.

La pressurizzazione

Di norma è tramite un sistema di ventilazione meccanica che si ottiene il rispetto dei livelli di pressurizzazione degli spazi definendo cosi locali/ambiente isolati o semi - isolati.
Con questa tecnica, utilizzata da molti anni nel settore sanitario, si proteggono i pazienti affetti da patologie di immunodeficienza in camere di isolamento a pressione positiva, mantenendo quindi un flusso d'aria dal reparto verso l'esterno, in modo da tutelare il malato dai contaminanti e dagli eventuali agenti patogeni presenti nelle altre zone dell'ospedale. Al contrario un paziente con una malattia virale e contagiosa, viene sistemato in una camera di isolamento posta in depressione verso l'esterno, evitando così il diffondersi della malattia ad altri pazienti e preservando nel contempo la salute del personale infermieristico.
In modo del tutto simile, negli ambienti industriali, la pressurizzazione positiva viene utilizzata per mantenere particelle o contaminanti gassosi fuori dai locali di processo, creando una barriera d'aria tra l'esterno e l'interno. Va de se che in questo modo la protezione dell'ambiente interno causa la diffusione delle polveri e/o dei gas, generati dalle attività produttive, attraverso le discontinuità delle pareti e/o delle altre possibili aperture, verso gli altri locali confinanti.
Succede così che gli ambienti posti in vicinanza degli impianti industriali risultino particolarmente esposti alle infiltrazioni delle polveri e dei gas aerodisperse dal processo produttivo, situazione questa che può compromettere le minime misure di IAQ sui posti di lavoro, oltre ad arrecare di norma anche seri problemi all'efficienza delle attrezzature, in particolare a quelle elettriche/elettroniche.
Al contrario, in una struttura farmaceutica o mineraria dove vengono elaborati composti tossici e/o pericolosi, viene mantenuta internamente una pressione negativa, a volte in combinazione con ulteriori sistemi di contenimento, onde evi-

tare che le emissioni di gas e delle polveri generate nei processi di fabbricazione possano contaminare le altre aree dello stabilimento.

La scelta di pressurizzare

La decisone di pressurizzare un determinato ambiente non deve essere presa esclusivamente in funzione del massimo valore consentito della concentrazione delle sostanze inquinanti monitorate, ma deve prendere in considerazione anche molteplici altri fattori.

Chi e cosa proteggere

Se lo spazio da pressurizzare contiene apparecchiature di scarso valore, l'intero processo potrebbe avere un costo di impianto e di esercizio non giustificabile. Viceversa se dobbiamo preservare macchinari/sistemi complessi e soprattutto costosi, certamente vale la pena investire per assicurarsi una pressurizzazione della struttura. In modo meno discrezionale, se le polveri o i gas emessi raggiungono livelli non accettabili in prossimità della zona degli uffici, diventa quasi obbligatorio proteggere gli occupanti e rispettare le norme sulla tutela della salute delle persone.

Condizioni climatiche locali

In aree geografiche relativamente calde per periodi prolungati dell'anno, ad esempio nel nostro mezzogiorno, si deve considerare che la pressurizzazione di un edificio comporta l'introduzione di una grande quantità di aria esterna calda e umida, modo per cui aumenta inevitabilmente il carico termico da smaltire con il condizionamento d'aria. In questi casi si potrebbero dover sostenere costi energetici non plausibili. Viceversa, nelle aree più fredde o quantomeno durante la stagione invernale, è possibile usufruire del "free cooling" e utilizzare il sistema di pressurizzazione per il condizionamento, risparmiando notevolmente anche sui costi necessari ad evitare surriscaldamento dei data center e delle altre apparecchiature elettriche.

Ritorno del capitale investito

La pressurizzazione degli ambienti per risultare conveniente, deve assicurare un ROI inferiore ai due anni; l'esperienza sul campo dimostra che in molti casi questo periodo di tempo risulta addirittura inferiore.

Impianto HVAC o depolveratore?

Le unità di trattamento dell'aria quando sono utilizzate per pressurizzare aree con particolari processi industriali contaminanti vengono spesso dotate di una serie di batterie di filtri (anche pre e post) in grado di assicurare la rimozione anche delle più minuscole particelle inquinanti. Tuttavia questi filtri di norma non vengono progettati per impieghi gravosi di depolverizzazione come quello dei processi di fabbricazione e si può dunque trovarsi nella necessità di sostituirli di frequente, dopo pochi mesi o addirittura settimane di utilizzo, e di conseguenza ritrovarsi a sostenere costi di esercizio decisamente sproporzionati.

Viceversa le cartucce filtranti dei depolveratori sono concepite per gestire gli elevati carichi inquinanti degli ambienti

Una serie di depolveratori, ognuno contenete 6 cartucce filtranti, pressurizza i locali elettrici di una struttura per la lavorazione del rame. Le unità sono in esercizio da oltre due anni e non necessitano ancora di un ricambio delle cartucce filtranti. I ventilatori vengono regolati da inverter e sensori di pressione in ambiente (Camfil APC).

industriali. Quando utilizzati in un sistema di pressurizzazione, i filtri a cartuccia dei depolveratori possono rimanere efficienti anche dopo diversi anni di esercizio. Una differenza sostanziale tra i due sistemi di filtrazione è certamente data dal fatto che i filtri a cartucce del depolveratore vengono regolarmente "rigenerati a nuovo" con impulsi automatici di aria compressa in contropressione, getti che rimuovono con continuità lo sporco accumulato sulle superfici filtranti delle cartucce indirizzandolo verso il dispositivo di raccolta.

Per determinare quale sistema possa risultare più economico e/o efficiente tra il depolveratore o l'unità HVAC bisogna confrontare:

– il costo fisso iniziale dell'acquisto dei macchinari ivi compresi i relativi filtri;

– il costo dell'energia elettrica necessaria al funzionamento dell'intero sistema;

– l'aspettativa di vita dei filtri nelle condizioni di lavoro previste; sulla base della frequenza dei ricambi programmati, è possibile arrivare ad una stima del costo annuale che tiene conto non solo il prezzo di filtri in sostituzione, ma comprende anche il lavoro svolto, i tempi di inattività delle attrezzature, delle scorte, dello smaltimento finale, ecc.

L'utilizzo di un depolveratore può essere preso in considerazione per nuove installazioni, in aggiunta al preesistente impianto o nel caso di una sua completa sostituzione.

Viceversa l'installazione a posteriori al posto dell'unità di trattamento dell'aria è ugualmente possibile, ma economicamente più impegnativa e complessa, a seconda della configurazione e della posizione. E' proprio infatti quest'ultima uno dei maggiori ostacoli alla sostituzione, in virtù del fatto che può capitare che l'unità HVAC sia posizionata all'interno della struttura o nella sua copertura, zone queste dove può essere problematico, per gli ingombri e/o peso, inserire il nuovo depolveratore.

Tab.1 - Nuova classificazione delle polveri EN 60335-2-69, appendice AA

Categoria	Limite massimo di concentrazione (mg/m^3)	Emissione massima ammissibile (%)
L	MAK > 1	1,0
M	MAK ≥ 0,1	0,1
H	MAK < 0,1	< 0.005

Legenda
L (Basso rischio – polveri con un fattore MAK (limite massimo di concentrazione) maggiore o uguale a 1 mg/m^3.
M (Medio rischio) – polveri con un fattore MAK (limite massimo di concentrazione) maggiore o uguale a 0,1 mg/m^3.
H (Alto rischio) – polveri con un fattore MAK (limite massimo di concentrazione), comprese le polveri cancerogene o polveri contenenti elementi cancerogeni e/o patogeni inferiori a 0,1 mg/m^3.

Tab. 2 - Prestazioni tipiche di sistemi di depolverazione

Tipo	Efficienza di separazione ponderale (%)	Minimo diametro polveri (mm)	Carico di polveri ammesso (mg/m^3)
Cartucce	100	0,5	5000
Cicloni	85	10	2000
Scrubber	90	5	2000
Separatori a umido	99	1	500
Precipitatori elettrostatici	95	2	200

Linee guida dei depolverizzatori

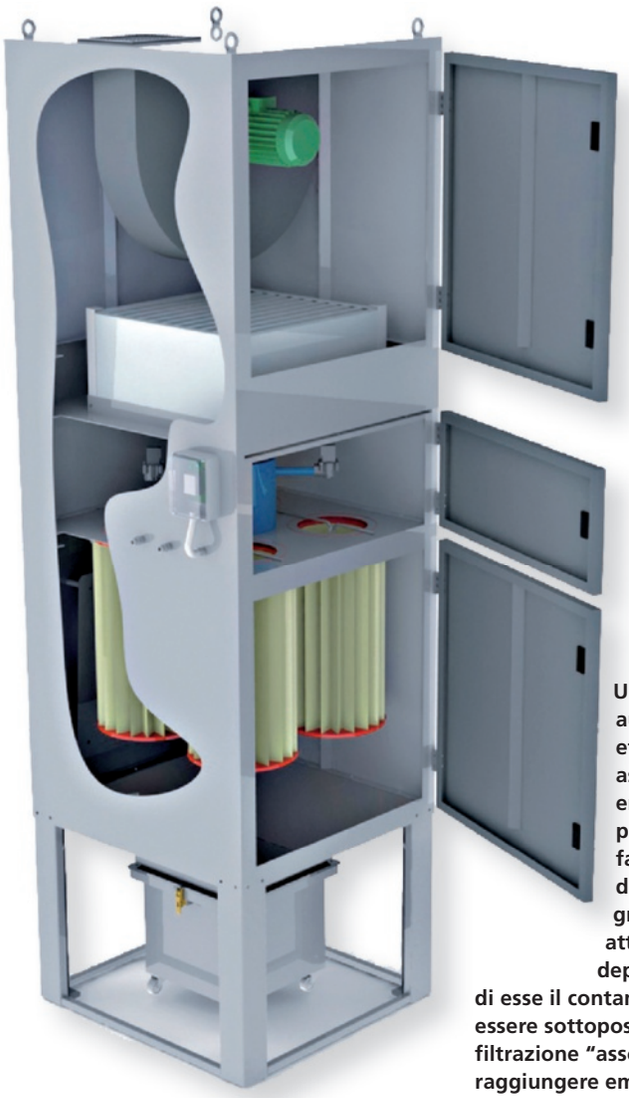
In relazione alla sicurezza nell'ambiente di lavoro ed al grado di pericolosità potenziale delle polveri, lo standard di riferimento dettato dalla normativa EN 60335-2-69, appendice AA, suddivide in tre categorie le polveri potenzialmente pericolose. Questo standard si applica anche alle macchine che utilizzano sostanze dannose quali amianto, ecc. o liquidi per i quali valgono anche altre normative nazionali. La concentrazione massima di una sostanza nell'aria mg/m^3 dell'ambiente di lavoro che può essere tollerata senza provocare effetti nocivi alla salute, è indicata dal fattore MAK. (tabella 1). I depolveratori con cartucce offrono un efficienza di filtrazione molto più alta e operano con minori perdite di carico rispetto a quelli con filtri a tasche (tabella 2).

L'impiego di questa tecnologia diventa poi necessaria quando bisogna assicurare la protezione dei lavoratori e/o delle attrezzature particolarmente sensibili ad elevati livelli di polveri sottili in ambiente. Per questo tipo di applicazioni è sempre raccomandato l'utilizzo dei filtri a cartucce che rispettino i limiti imposti dalla categoria M (tabella 1), meglio se realizzati con tecnologia con nanofibre.

Di norma è utile prevedere anche un unità filtrante di classe G (tabella 3) posta a monte del depolveratore con lo scopo di eliminare le particelle più voluminose e di conseguenza aumentare l'efficienza di filtrazione dell'intero sistema, ottenendo nel contempo anche una diminuzione delle perdite di carico dell'impianto.

Il depolveratori sono di norma collocati all'esterno del fabbricato e bisogna e quindi assicurarsi che tutti i componenti risultino adeguatamente resistenti agli agenti atmosferici.

L'esperienza dimostra inoltre che non bisogna fare cieco affidamento sul valore di riferimento dell'efficienza minima (tabella 3) nella scelta dei materiali filtranti. Il controllo delle emissioni risulta una misura più utile (tabella 1), e conviene dunque chiedere al produttore di fornire una



Unità con filtro a cartucce autopulenti ad alta efficienza e filtro finale assoluto. L'aria inquinata entra nel filtro passando per una precamera che favorisce la separazione delle particelle più grossolane; il flusso poi attraversa le cartucce depositando all'esterno di esse il contaminante per poi essere sottoposta ad un'ulteriore filtrazione "assoluta" permettendo di raggiungere emissioni inferiori a 1 mg/m³ (Hascon Filtration).

garanzia sul limite massimo di emissioni in ambiente espresso in milligrammi per metro cubo d'aria. Le cartucce filtranti dei depolveratori devono essere sostituite almeno ogni due o tre anni. Oltre a questo periodo di tempo la cartuccia risulta quasi sempre logorata e dunque non più in grado di garantire l'efficienza prevista. Per applicazioni rivolte ad ambienti ad alta criticità, a seguito di possibili perdite di aria nei condotti, è necessario prevedere ulteriori filtri a valle del depolveratore per essere sicuri di raggiungere il risultato di pulizia richiesto. Allo stesso modo dove sia richiesto un controllo anche degli odori deve essere considerato l'utilizzo a valle dei filtri a carboni attivi.

Per mantenere nei valori di progetto la portata d'aria da immettere nell'ambiente è necessario dotare il depolveratore di una regolazione inverter sul ventilatore al fine di ottenere un controllo puntuale ed efficiente della pressurizzazione. Questo tipo di comando viene posto in combinazione con un sensore di pressione in ambiente in modo che la logica di controllo possa effettuare in real time le necessarie dinamiche di controllo.

Se l'ambiente da pressurizzare deve essere protetto anche da contaminanti gassosi, sarà necessario l'impiego di uno scrubber a umido. In questo caso l'eventuale

Tab. 3 - Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale EN 779:2012. La norma contiene i requisiti che devono essere soddisfatti dai filtri antipolvere; descrive i metodi di prova e il banco di prova per misurare le prestazioni di un filtro.

Gruppo	Classe	Perdite di carico finali (Pa)	Arrestanza media (Am) con polvere sintetica (%)	Efficienza media (Em) su particelle 0.4 µm (%)	Efficienza minima su particelle 0.4 µm (%)
Grossolani	G1	250	50 ≤ Am < 65	-	-
	G2	250	65 ≤ Am < 80	-	-
	G3	250	80 ≤ Am < 90	-	-
	G4	250	90 ≤ Am	-	-
Medi	M5	450	-	40 ≤ Em < 60	-
	M6	450	-	60 ≤ Em < 80	-
Fini	F7	450	-	80 ≤ Em < 90	35
	F8	450	-	90 ≤ Em < 95	55
	F9	450	-	95 ≤ Em	70

Di norma vengono utilizzate unità di termoventilazione per la pressurizzazione dei locali industriali (in questo caso cabine di verniciatura). L'impiego dei depolveratori, in sostituzione o in abbinamento, può risultare in alcuni casi una soluzione valida ed economica (Aria Pulita Impianti).

ulteriore presenza di polveri obbliga comunque l'installazione, a monte dello scrubber a umido, di un depolveratore a cartuccia.

Ambienti climatizzati e non

Se i locali non necessitano di aria climatizzata il calcolo della portata d'aria del depolveratore deve tenere conto della qualità dell'aria indoor (ricambi aria) e delle exfiltrazioni d'aria verso l'ambiente esterno attraverso le chiusure perimetrali esterne (serramenti e porte) e le imperfezioni della struttura dell'edificio (giunzioni, fessure, incrinature, fori, permeabilità dei materiali e altro ancora). Viceversa se lo spazio da pressurizzare richiede anche il riscaldamento o il raffreddamento, la portata d'aria del depolveratore dovrebbe in essere in media tra il 10 e il 20 per cento di quella dell'unità HVAC. Questo metodo di dimensionamento presuppone che l'impianto HVAC sia progettato in modo da tenere già conto delle infiltrazioni e non sarà dunque sottoposto ad un extra carico energetico per neutralizzare l'immissione di una maggiore quantità di aria umida.
Le linee guida per ventilazione degli spazi industriali suggeriscono una differenza del 5 per cento tra la portata d'aria immessa e quella espulsa. Nella maggior parte dei casi, una taratura accettabile è quello di impostare un differenziale di pressione di almeno 10 ± 2 Pa.
Per evitare fenomeni di sovrappressioni incontrollate con conseguenti elevate velocità dell'aria in ambiente e relativi fenomeni di turbolenza, risulta importante utilizzare un sensore di pressione in ambiente in modo di regolare la portata d'aria immessa tramite l'inverter del ventilatore.

© RIPRODUZIONE RISERVATA