

Cristiano Vergani

Responsabile R & D

Deparia Engineering S.r.l.

## **Il controllo delle cariche infettanti presenti nell'aria per mezzo della pressione ambientale**

*I casi di trasmissione di malattie per via aerogena sono purtroppo frequenti all'interno delle strutture sanitarie. Il controllo della pressione ambientale può essere un metodo efficace per eliminare o ridurre il rischio di contagio.*

I pazienti ricoverati nelle cliniche e negli ospedali ed il personale sanitario condividono un rischio costante: essere infettati da agenti patogeni trasmissibili. Molti di questi agenti si trasmettono solo in condizioni particolari, ad esempio per contatto diretto di fluidi corporei. In tal caso, a meno di incidenti, l'osservazione di elementari regole di prudenza e di igiene può garantire un buon margine di sicurezza. Alcuni germi vengono però dispersi nell'aria con la normale respirazione, oppure attraverso starnuti e colpi di tosse, formando un aerosol infetto che, in mancanza di un adeguato ricambio, può rimanere in sospensione per tempi molto lunghi. In casi particolari, i germi veicolati dall'aria possono comportare pericoli molto seri. Basti pensare ai pazienti che hanno subito un trapianto, perciò con difese immunitarie molto basse a causa dei trattamenti farmacologici anti-rigetto; oppure all'esposizione che subiscono i tessuti viventi durante le operazioni chirurgiche. Erroneamente, si pensa ai luoghi di cura come ad ambienti asettici e sterilizzati, dall'aria filtrata e condizionata. In realtà, la situazione è molto diversa. A parte alcuni locali molto particolari in strutture sanitarie bene attrezzate, destinate alla cura delle malattie infettive

ed ai trapianti, la media è scadente, ed il rischio di contrarre infezioni durante un ricovero è tutt'altro che trascurabile.

I mezzi impiegati in ambito sanitario per il controllo delle cariche infettanti aerodisperse sono molteplici. depuratori d'aria e lampade a raggi ultravioletti rappresentano dei presidi molto efficaci, non sempre utilizzati a causa dei costi elevati di impianto e di manutenzione. Frequentemente, gli impianti più completi vengono riservati ai locali particolarmente critici (sale chirurgiche), mentre in tutti gli altri locali a rischio si preferisce intervenire con accorgimenti nella progettazione e nell'esercizio degli impianti di ventilazione. Lo scopo è quello di agire in modo da stabilire un gradiente di pressione, in modo che l'aria fluisca dalle zone pulite verso quelle a più alta contaminazione, prevenendo così la diffusione delle cariche infettanti. In altre parole, per proteggere il paziente dall'ambiente è necessaria una sovrappressione; per proteggere l'ambiente circostante da un paziente infettivo è necessaria una depressione. Per avere una barriera efficace, sono necessarie velocità dell'aria da 0,1 a 0,3 m/s, con gradienti di pressione da 5 a 15 Pa.

### **Camere di degenza per pazienti esposti a rischio di infezione**

Una efficace pressurizzazione può essere ottenuta differenziando i flussi di mandata e di ripresa all'interno del locale. E' necessario mantenere una pressione positiva, immettendo aria esterna adeguatamente filtrata (filtri di classe HEPA): è buona norma, nei complessi che comprendono molti locali che si affacciano su corridoi, interporre dei vestiboli tra le camere e i corridoi stessi (Fig. 1). Il necessario livello di pulizia dell'aria corrisponde a quello di una camera bianca di classe 100, ovvero le particelle di diametro superiore a 0,5  $\mu\text{m}$  non devono superare le 3500 unità al metro cubo: questo valore corrisponde ad una presenza di UFC/m<sup>3</sup> (UFC = Unità Formanti Colonia cioè singoli

microrganismi in grado di proliferare) non misurabile, quindi assimilabile ad una condizione di sterilità. Un tale livello di pulizia si ottiene attraverso soluzioni impiantistiche diverse, che si possono tuttavia ricondurre a tre tipologie principali. Queste soluzioni, accomunate da una immissione di aria esterna filtrata, differiscono per le apparecchiature utilizzate come elementi terminali nell'ambiente, nonché per il rapporto prescelto tra aria di immissione e di ricircolo. Nel primo caso (Fig. 2), l'aria già precedentemente filtrata viene immessa in ambiente attraverso terminali equipaggiati con filtri ad alta efficienza. Nella seconda variante (Fig. 3), l'aria viene diffusa da due anemostati, quindi ripresa ed ulteriormente filtrata da depuratori installati all'interno della stanza. Nella terza soluzione (Fig. 4) l'aria, sempre diffusa da anemostati, viene ripresa da un impianto di filtrazione e convogliata in modo da formare una cortina di flussi laminari intorno al letto del paziente. Nella Tab. 1 troviamo il numero di ricambi/ora con aria esterna ( $n_0$ ) e con aria di ricircolo ( $n_r$ ), necessari nelle tre tipologie di impianto per rientrare nel livello di sterilità voluto (classe 100), al variare della quantità di particelle emessa dalle persone all'interno della stanza. E' evidente che le tre soluzioni richiedono diversi apporti di aria esterna e di ricircolo, con grandi differenze nei fabbisogni termici e di potenza installata: la soluzione A è la più indicata per i livelli di contaminazione molto bassi (in effetti oltrepassare i 20 ricambi/ora con aria esterna comporta costi molto alti e discomfort per gli occupanti). Per livelli via via crescenti, è conveniente passare alle soluzioni B e C. Per una scelta appropriata occorre tenere presente anche i problemi di comfort acustico, la flessibilità dell'impianto ed i costi di gestione: in ogni caso è assolutamente importante contenere il livello di contaminazione attraverso i consueti metodi di igiene e pulizia, per limitare il più possibile il ricorso a volumi di ricambio comunque eccessivi.

I livelli di pressurizzazione sono comunque influenzati da numerosi fattori:

1- l'azione del vento sugli edifici può comportare pressioni che variano da circa 50 Pa per gli edifici più bassi, fino ad arrivare a più di 200 Pa per gli edifici più alti; questi valori sono

molto più alti di quelli esistenti nei locali pressurizzati artificialmente. Per questo motivo, dato che in genere non ci troviamo in presenza di edifici a tenuta perfettamente ermetica, è facile prevedere delle temporanee infiltrazioni dovute all'azione del vento;

2- la temporanea apertura di porte e finestre può completamente annullare la pressurizzazione;

3- la tenuta degli infissi e dei serramenti può variare nel tempo per il normale deterioramento delle guarnizioni, diminuendo gradualmente l'efficacia della pressurizzazione.

### **Metodi di controllo automatico della pressione**

Per non compromettere l'efficacia della protezione a causa di eventi perturbanti (apertura di porte, colpi di vento ecc.), sono in uso diversi sistemi di controllo: di tipo attivo, con l'ausilio di dispositivi automatici, o di tipo passivo, tramite semplici accorgimenti di progetto.

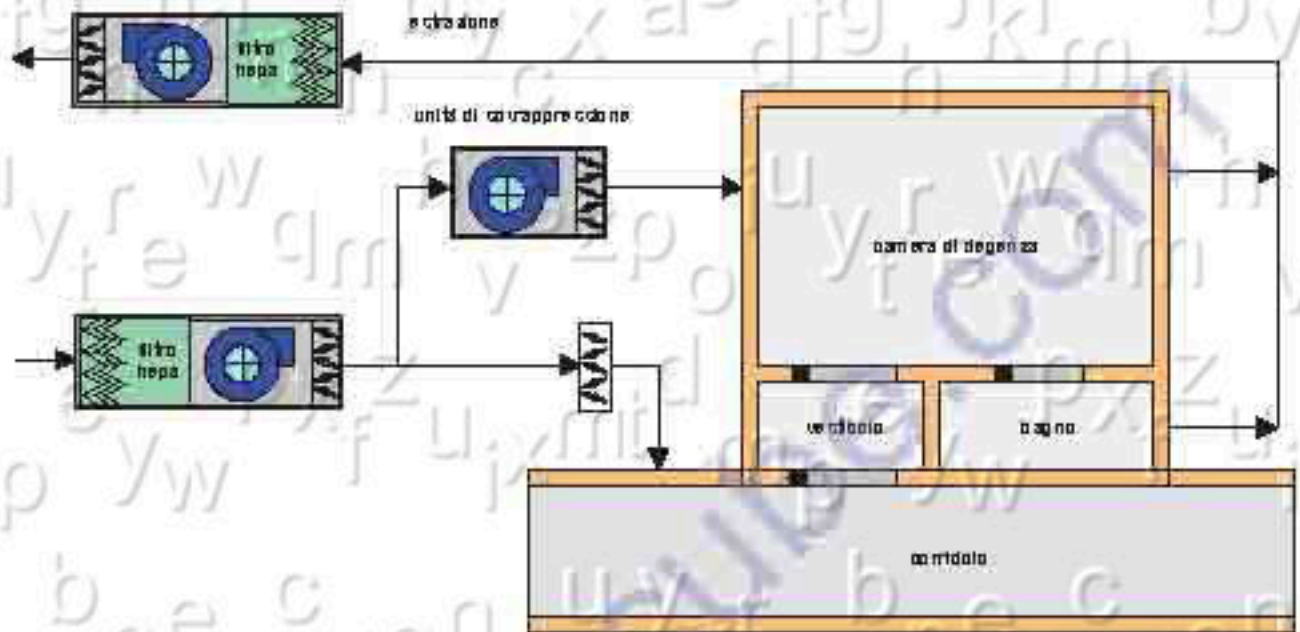
### **Controlli di tipo attivo**

In questo genere di impianto, vengono utilizzati flussi di estrazione e di immissione relativamente poco differenti, lo stretto necessario per ottenere il grado di sovrappressione o depressione desiderato. In caso di perturbazioni dovute all'apertura della porta o ad improvvisi colpi di vento, il flusso di immissione deve essere rapidamente variato da un sistema di controllo in modo da operare la necessaria compensazione. La Fig 5 mostra lo schema di principio di questo sistema. Il controllo è di tipo elettronico, caratterizzato dalle seguenti proprietà

- per compensare gli effetti del vento, il parametro monitorato può essere la pressione all'interno della camera (da mantenere, ad esempio, a 10 Pa) rilevata da un apposito trasduttore (pressostato);

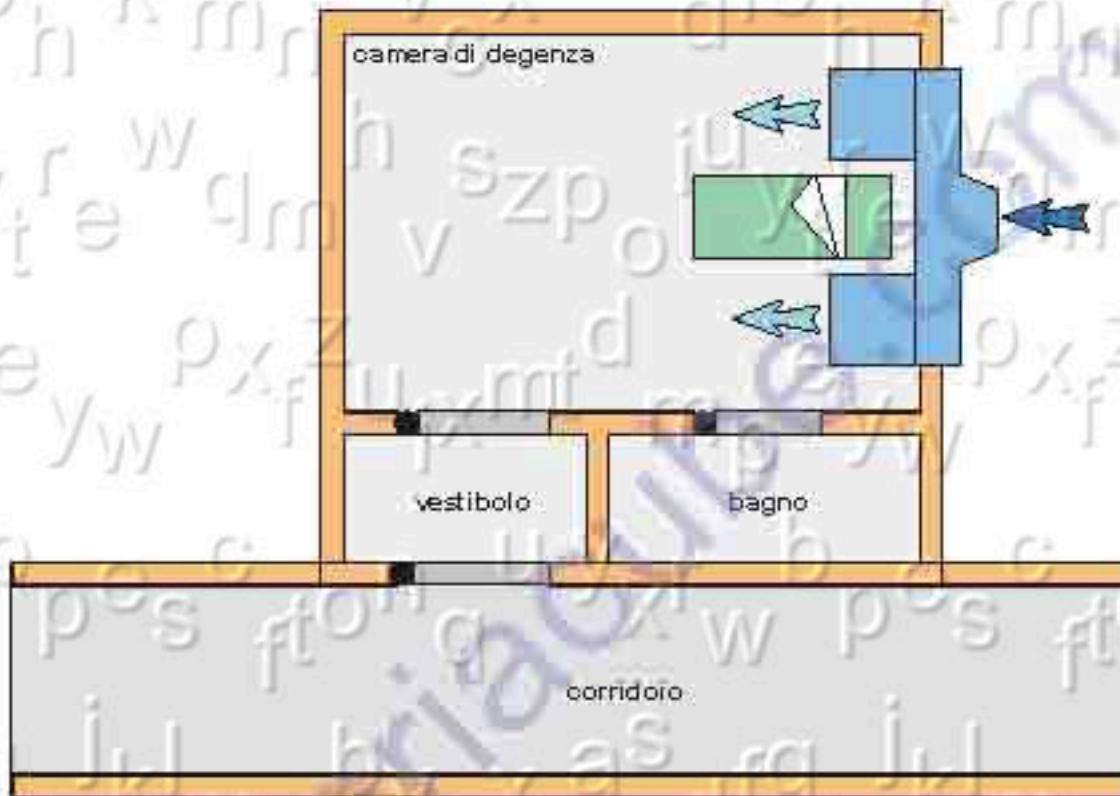
- per reagire all'apertura della porta, si rileva la velocità dell'aria al passaggio della soglia con un sensore anemometrico, in modo da mantenere la velocità di flusso necessaria ad evitare il passaggio controcorrente dei contaminanti;
- i dati provenienti dal pressostato e dall'anemometro vengono utilizzati per controllare il flusso di immissione agendo su diversi possibili componenti (portata dei ventilatori, apertura di serrande, strozzatura di speciali condotti Venturi ecc.);
- durante il funzionamento, il tempo di risposta del sistema deve essere molto veloce. Ad esempio, quando si apre la porta, l'impianto deve adeguare la sua portata in pochi secondi; altrettanto rapida deve essere la regolazione dopo la successiva chiusura. Allo stesso tempo, la compensazione non deve essere troppo brusca, in modo da non creare disagio per il paziente.

Questo sistema di controllo permette di intervenire in modo molto efficace, ma può anche comportare alcuni inconvenienti. Una sensibilità troppo elevata può facilmente innescare fenomeni di instabilità (in queste condizioni si possono avere oscillazioni incontrollate difficili da smorzare). Un altro possibile inconveniente, quando si debbano controllare molte stanze adiacenti, è rappresentato dalle reciproche influenze dei sistemi di controllo: è facile provocare delle "reazioni a catena" in tutto il gruppo, magari in seguito all'apertura della porta in una sola stanza. Bisogna dire che però la tecnologia si è molto affinata. In questi ultimi anni, rendendo disponibili in commercio controlli elettronici molto potenti ma allo stesso tempo dalla regolazione molto semplice (Fig. 6).

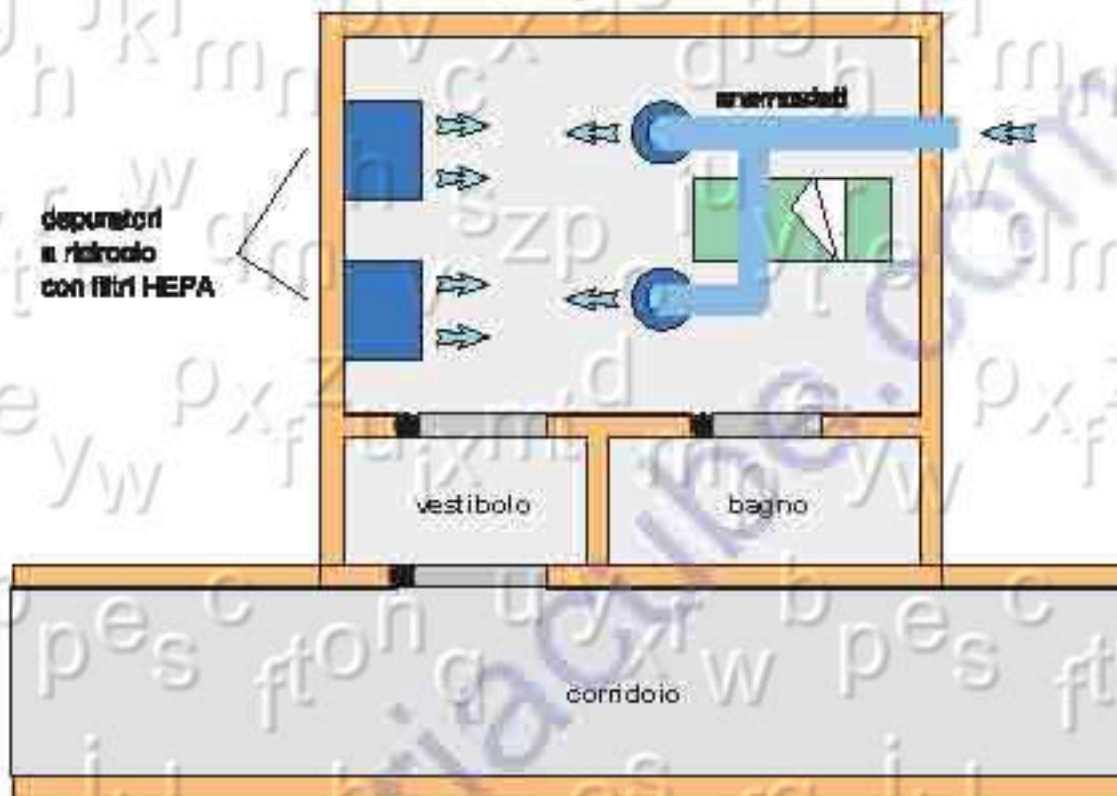


**Figura** Error! Unknown switch argument., schema di impianto per il controllo del gradiente di pressione in una camera di degenza.

La differenza di pressione tra camera e corridoio potrà assumere valori negativi o positivi a seconda dei casi: con un paziente esposto al rischio di infezioni (ad esempio in seguito a un trapianto) la camera dovrà essere in sovrappressione; al contrario, con un paziente altamente infettivo, la camera dovrà essere in depressione per contrastare la fuoriuscita dei germi. In quest'ultimo caso, anche l'aria espulsa dovrà essere accuratamente filtrata per evitare la dispersione di germi pericolosi.

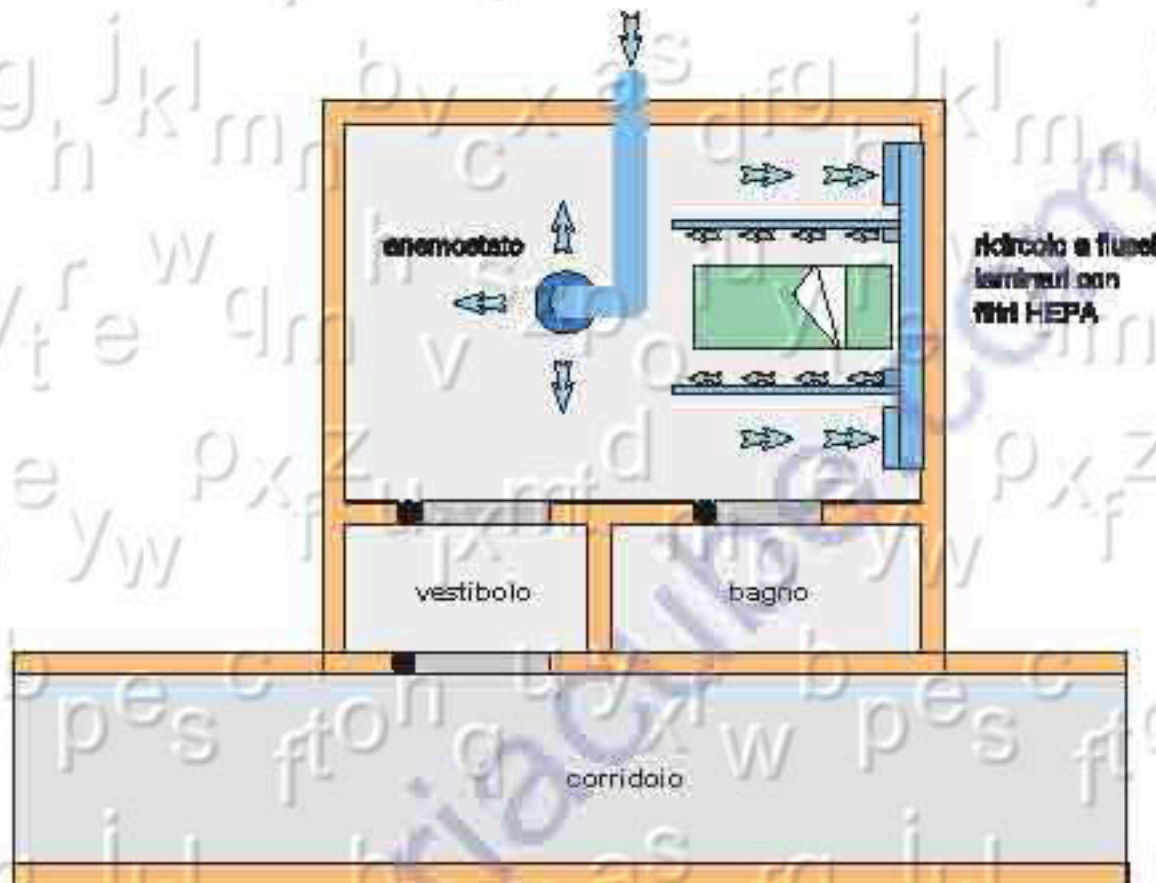


**Figura** Error! Unknown switch argument., lo schema di Fig. 1 può essere diversamente integrato a seconda dei casi: in questa prima variante si ha diffusione diretta in ambiente attraverso terminali dotati di filtri HEPA.



**Figura** Error! Unknown switch argument., in questo caso l'aria depurata viene introdotta da anemostati a soffitto: si ha quindi ripresa e ricircolo da parte di depuratori con filtri HEPA





**Figura** Error! Unknown switch argument., nella terza variante si ha immissione da anemostato con successiva ripresa, filtrazione ad alta efficienza e reimmissione sotto forma di cortine a flusso laminare

		Numero di particelle prodotte nella stanza (P/min)						
Caso	Ricambi /ora	50.000	100.000	150.000	200.000	250.000	300.000	350.000
A	n <sub>o</sub>	11	21	32	43	54	64	75
	n <sub>r</sub>	0	0	0	0	0	0	0
B	n <sub>o</sub>	7	7	7	7	7	7	7
	n <sub>r</sub>	74	84	95	106	117	127	138
C	n <sub>o</sub>	7	7	7	7	7	7	7
	n <sub>r</sub>	73	84	95	106	117	127	138

**Tabella** Error! Unknown switch argument. , numero di ricambi ora (n<sub>o</sub>=aria esterna, n<sub>r</sub>=ricircolo) necessari nelle tre soluzioni d'impianto

### Bibliografia

Salvigni, S., Piva, S., Mazzacane, S., 1995

Design parameters and economical aspects in ventilation systems for bone marrow transplant patients.

Proceedings of Healthy Buildings '95, Vol.2, 1111-1116.

Wildt de, M., 1995

Pressure hierarchy and indoor climate of hospital rooms.

Proceedings of Healthy Buildings '95, Vol.2, 1117-1122.