

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

Malattie infettive e trattamento dell'aria: una sfida impegnativa

Una delle guerre più dure ed impegnative che hanno segnato l'umanità è stata quella combattuta, ma non ancora vinta, contro le grandi malattie infettive. Malaria, tubercolosi, febbre gialla, tifo, morbi che si credevano ormai sconfitti, stanno oggi sorprendentemente tornando d'attualità, insieme con le infezioni emergenti, come il virus Ebola. Vediamo come si interviene a livello impiantistico nelle strutture specializzate per la lotta a queste malattie.

Le malattie infettive rappresentano oggi un pericolo incontrollabile nel Terzo Mondo, dove farmaci e vaccini sono un lusso per pochi e i concetti di prevenzione ed igiene sono inapplicabili. Da qualche tempo, però, anche nel mondo progredito ed industrializzato si deve talvolta far fronte all'insorgere di epidemie sempre più difficili da trattare. Le cause di tutto ciò sono molteplici e complesse, anche se alcune sono state riconosciute come decisive. Tra queste, gli sconvolgimenti sociali e climatici giocano un ruolo importantissimo. Guerre e disastri naturali provocano lo spostamento di grandi masse di persone in condizioni tali da far proliferare ogni sorta di malattia infettiva. I cambiamenti climatici possono provocare squilibri ambientali a favore di insetti vettori, che si possono moltiplicare in modo esponenziale: in molte zone del nostro pianeta, uno o due gradi di temperatura media in più ed un tasso di umidità crescente possono provocare una vera e

propria invasione di zanzare ed un ritorno immediato della malaria a livelli epidemici. A questo aggiungiamo che, con i viaggi intercontinentali, un individuo ammalato si può spostare a migliaia di chilometri di distanza prima di manifestare i sintomi della malattia. Inoltre, l'uso incontrollato di pesticidi ed antibiotici ha determinato una pressione evolutiva fortissima sugli insetti vettori e sugli agenti patogeni, con il risultato di favorire la sopravvivenza di ceppi resistenti sempre più tenaci. La distruzione dell'habitat di certi animali ha inoltre provocato l'emergere di malattie sconosciute, confinate fino ad oggi in nicchie biologiche che oggi non esistono più: ad esempio, alcuni virus di febbri emorragiche (Ebola, febbre di Marburg) sono passati in tempi recenti dalle scimmie all'uomo, provocando epidemie gravissime molto difficili da controllare. Tra gli agenti infettivi ritornati prepotentemente alla ribalta, uno dei più pericolosi è senz'altro quello della tubercolosi, molti casi si sono rivelati pressoché impossibili da curare, mostrandosi insensibili a tutti i chemioterapici correntemente utilizzati. Il bacillo della tubercolosi si trasmette per via aerogena e si contraddistingue per l'elevata infettività: è stata dimostrata la possibilità di ammalarsi con l'inalazione anche di una sola unità del micobatterio in fase attiva. Sono noti almeno due episodi recenti di diffusione epidemica della TBC durante voli aerei, con decine di persone infettate da ceppi ad elevata resistenza. Sicuramente altri casi su mezzi di trasporto diversi sono sfuggiti all'attenzione, dato che i passeggeri non sono registrati. Queste caratteristiche della TBC (elevata infettività, trasmissione aerogena) unitamente al fatto che la malattia è conosciuta da molto tempo, hanno fatto sì che le misure di prevenzione contro la tubercolosi abbiano generato ed ispirato tutto l'insieme delle norme e delle raccomandazioni dedicate al trattamento dell'aria nelle unità ospedaliere specializzate nelle malattie infettive pericolose. In molti Paesi, tra i quali anche l'Italia, esistono delle task-force per intervenire in caso di sospetti focolai di contagio di malattie ad elevata infettività e pericolosità. Si tratta di unità di pronto intervento dotate di tutto l'equipaggiamento necessario ad intervenire in condizioni di emergenza, isolare ed ospedalizzare i soggetti contagiati in speciali reparti di degenza.

Tali reparti sono dotati, tra l'altro, di specifici accorgimenti impiantistici per il trattamento dell'aria, le cui particolarità andremo qui di seguito ad esaminare.

Soluzioni impiantistiche

Le strutture previste per il ricovero dei pazienti affetti da malattie infettive ad alto rischio di contagio, devono essere costruite ed equipaggiate in modo da ridurre il più possibile ogni rischio di diffusione degli agenti patogeni. In questa sede ci occuperemo evidentemente degli aspetti connessi con il trattamento dell'aria che, come vedremo, rivestono un'importanza fondamentale.

Le indicazioni trattate riguardano l'evacuazione dell'aria potenzialmente infetta dai locali, la ventilazione in generale degli ambienti e la depurazione dell'aria. Gli aspetti della ventilazione in generale comprendono a) la diluizione e la rimozione dei contaminanti; b) i flussi d'aria tra le camere; c) la ventilazione nell'intera struttura; d) il mantenimento di una pressione negativa nelle camere e e) la ventilazione delle strutture accessorie. La depurazione dell'aria comprende il trattamento per mezzo di filtri ad altissima efficienza, con il possibile impiego aggiuntivo dell'irraggiamento ultravioletto a fini disinfettanti.

Ventilazione

I sistemi di ventilazione per i reparti di ricovero dovrebbero essere progettati o ristrutturati in collaborazione con lo staff sanitario. Le camere di degenza dovrebbero di regola essere raggruppate in una sola sezione dell'edificio, dove sia possibile intervenire in modo efficace sulle infrastrutture per realizzare gli impianti come necessario. Devono essere individuati precisamente gli spazi che, oltre al ricovero in isolamento, dovranno essere adibiti alle altre funzioni (locali di trattamento, di analisi, di stoccaggio e disinfezione dei rifiuti, ecc.). Oltre agli interventi strutturali, ci si dovrà preoccupare di pianificare gli interventi periodici di manutenzione e controllo (controllo delle tenute delle canalizzazioni e relativa pulizia e disinfezione; sostituzione dei filtri; controllo delle portate).

Estrazioni d'aria localizzate

Il loro scopo è quello di catturare le particelle infettanti aerodisperse il più vicino possibile alla fonte di emissione, in modo da evitare la loro diffusione e quindi l'entità del rischio a carico del personale. Innanzi tutto si dovrà, per quanto possibile, attivare un controllo delle fonti di emissione: in alcuni casi, per evitare la dispersione di aerosol da parte del paziente infetto, si dovranno usare delle tende o delle cappe per la captazione dei contaminanti in prossimità del ricoverato. Le estrazioni d'aria localizzate, se attuabili, sono da assolutamente privilegiare in rapporto ad altri tipi di intervento meno efficienti). In ogni caso, le soluzioni a confinamento totale (tende) sono preferibili rispetto a quelle parziali (cappe), in quanto minimizzano la possibilità di fuga dell'aerosol.

Dispositivi di confinamento totale

Le tende sono in genere realizzate per mezzo di cortine in materiale vinilico trasparente, il cui volume è messo in comunicazione, per mezzo di un'apertura nella parte superiore, con l'impianto di estrazione d'aria del locale. In alcuni casi, l'aria è filtrata e ricircolata per mezzo di apparecchiature poste all'interno della stessa struttura di confinamento, per ridurre ulteriormente il rischio di diffusione. Queste strutture devono essere dimensionate in modo adeguato, per ottenere una rimozione totale delle particelle aerodisperse nel più breve tempo possibile dopo la rimozione del paziente. Il tempo necessario per aspirare un dato numero di particelle dipende da una moltitudine di fattori: il numero di ricambi/ora dell'ambiente, la disposizione delle immissioni e delle estrazioni, la configurazione fisica dello spazio confinato.

Dispositivi di confinamento parziale

Sono in genere costituiti da una cappa posta nelle immediate vicinanze del paziente, se possibile in modo da catturare direttamente qualsiasi particella emessa durante tosse e starnuti. La velocità dell'aria dovrà essere almeno di 3 m/s nella zona di respirazione, per assicurare un'efficace rimozione delle goccioline.

Scarico dell'aria reflua

L'aria proveniente dalle tende o dalle cappe può essere scaricata all'interno della stanza, dopo adeguato trattamento, oppure condotta all'esterno. Dovendola scaricare all'interno, dovrà prima attraversare un filtro ad altissima efficienza. Il ventilatore dovrà essere posto a valle del filtro, in modo da mantenere la parte "sporca" del sistema in pressione negativa.

Ventilazione generale

La ventilazione può essere impiegata per scopi differenti: per diluire e rimuovere i contaminanti, per controllare i flussi d'aria tra camera e camera, per determinare la movimentazione generale dell'aria nell'edificio.

Diluizione e rimozione dei contaminanti

Gli effetti di diluizione e rimozione dei contaminanti aerodispersi si ottengono immettendo nella stanza una determinata quantità di aria esterna incontaminata, che si va a miscelare con quella ambientale in condizioni controllate; la miscela è quindi evacuata verso l'esterno, dove dovrà essere trattata per l'eliminazione degli agenti patogeni. Questo procedimento permette di ridurre considerevolmente la concentrazione delle particelle di aerosol.

Tipologie di ventilazione generale

Per diluire e rimuovere l'aria contaminata si possono usare fondamentalmente due metodi di ventilazione: a tutta aria primaria e a ricircolo parziale. Nel primo caso, si immette aria esterna preventivamente filtrata e trattata termicamente. L'aria immessa, dopo avere attraversato tutto il volume dell'ambiente, è aspirata, decontaminata ed espulsa verso l'esterno. Ventilando a tutta aria primaria, è possibile utilizzare direttamente aria esterna trattata oppure proveniente da un sistema di distribuzione centralizzato che serve più aree contemporaneamente. Questo sistema è preferibile nelle aree a contaminazione certa (camere di degenza e trattamento terapeutico, poiché elimina ogni

rischio legato alla ricircolazione di patogeni verso altre aree.

Nella soluzione a ricircolo, invece, solo una porzione dell'aria è espulsa all'esterno e rimpiazzata con aria fresca: la quota rimanente viene ricircolata nello stesso ambiente oppure verso ambienti adiacenti. In questo caso è possibile una contaminazione delle aree indenni: in genere è preferibile riservare questa soluzione ad aree a basso rischio di contaminazione, oppure limitare il ricircolo all'ambiente di origine, utilizzando una filtrazione molto spinta.

Volume di ventilazione

In genere, per questo tipo di locali l'ammontare della ventilazione è quantificato in ricambi totali per ora. La fattibilità tecnica di raggiungere un certo tasso di ricambio è legata alle possibilità operative ed energetiche dell'impianto di trattamento aria. Negli impianti da realizzare ex-novo il problema non dovrebbe porsi: nelle operazioni di retrofitting di impianti esistenti, invece, la spesa eccessiva e le complicazioni tecniche potrebbero porre un limite oltre una certa capacità di ventilazione. In tal caso si dovrà intervenire supplendo alla quota mancante di ricambio con una quota ricircolata adeguatamente trattata. Per ridurre efficacemente la concentrazione dei contaminanti aerodispersi occorrono circa 12 ricambi ora con tutta aria esterna, riducibili fino a 6 in presenza di dispositivi ausiliari di ricircolo ultrafiltrato che coprano la differenza (vedi più avanti).

Configurazione dei flussi di ventilazione tra gli ambienti

La dinamica della ventilazione deve essere attentamente studiata per evitare zone di stagnazione o di corto circuito, in altre parole di passaggio diretto di aria tra bocchette di immissione e di ripresa (Fig.1). La configurazione ottimale del flusso prevede che l'aria immessa debba lambire prima di tutto il contenuto della stanza (arredi, attrezzature, apparecchi ecc.) quindi le possibili fonti di contaminanti (il paziente), prima di essere raccolta ed espulsa. In questo modo si minimizzano le possibilità di trasferire i contaminanti sulle superfici esposte dell'ambiente. Un metodo di posizionamento indicato

dovrebbe essere quello di avere l'immissione dell'aria nella estremità opposta a quella dove è situato il paziente, mentre la ripresa dovrà essere prevista nei pressi del paziente stesso. Un altro metodo, da preferire quando la temperatura dell'aria immessa è minore di quella ambiente, è quello di posizionare l'immissione a livello del soffitto e la ripresa vicino al pavimento.

La movimentazione dell'aria è comunque fortemente influenzata dai differenziali di temperatura, dal posizionamento delle griglie di immissione/ripresa, dalla presenza degli arredi e delle attrezzature, dalla configurazione fisica degli spazi: in presenza di queste numerose variabili, è consigliabile verificare il comportamento dei flussi d'aria per mezzo di generatori di fumo. In ogni caso, ci si dovrà assicurare che esista un alto grado di miscibilità tra l'aria immessa e l'aria ambientale, in modo che si abbia un ricambio efficace, evitando il più possibile la formazione di "sacche" stagnanti. In ogni caso, esisterà sempre una differenza tra il numero di ricambi/ora teorico e quello reale, proprio a causa di un'imperfetta miscelazione dell'aria. Per tenere conto di questa variazione, si dovrà utilizzare un indice di moltiplicazione (da 1 = ottima miscelazione, a 10 = pessima miscelazione) da utilizzare per incrementare il numero di ricambi/ora rispetto alle prescrizioni. E' quindi necessario cercare di ottenere un indice di miscelazione più basso possibile. Una verifica può essere ragionevolmente effettuata nei vari ambienti da un tecnico esperto con un generatore di fumo: se il fumo si muove in tutto il volume della stanza avremo un buon indice di miscelazione. Le zone stagnanti potranno così divenire evidenti e dovranno essere corrette, indirizzando diversamente i flussi d'aria, oppure spostando arredi, tendaggi, lampade ecc.).

Movimentazione generale dell'aria nell'edificio

Al fine di evitare il possibile trasferimento di cariche infettanti dalle zone contaminate a quelle pulite, è necessario indirizzare precisamente la movimentazione dell'aria in tutto l'edificio interessato.

Direzionamento del flusso d'aria

L'impianto di ventilazione deve essere sempre progettato e realizzato in modo tale, da instaurare un flusso diretto dalle zone più pulite verso quelle più contaminate. Per esempio, l'aria deve sempre scorrere dai corridoi verso le camere di degenza. In alcuni casi particolari (procedure molto invasive sui pazienti es. sale chirurgiche) il flusso deve invece essere direzionato dall'ambiente interessato verso il corridoio, per evitare l'ingresso di aria più sporca rispetto a quella ultrafiltrata immessa.

Uso della pressione negativa per direzionare il flusso

La direzione della movimentazione dell'aria può essere controllata creando una pressione minore (negativa) nella zona dove si desidera un maggiore afflusso. Questo risultato può essere ottenuto prelevando aria in quantità maggiore nella zona interessata rispetto a quella immessa perifericamente. Il livello di pressione negativa necessario per ottenere il flusso desiderato può variare in base a diversi fattori (percorso dell'aria, forma e dimensione delle aperture tra gli ambienti ecc.). In questo caso, è necessario un esame individuale dei vari ambienti da parte di un tecnico esperto adeguatamente attrezzato per effettuare un bilanciamento appropriato delle portate.

Differenziale di pressione

La minima differenza di pressione necessaria per determinare e mantenere un flusso d'aria da una zona all'altra è molto piccola, pari a circa 0,25 Pa: qualunque pressione maggiore o uguale potrebbe essere in teoria sufficiente, tenendo conto che pressioni maggiori si possono facilmente ottenere solo con ambienti opportunamente sigillati. Per ottenere una pressione negativa in una stanza dotata di un impianto di ventilazione, innanzi tutto occorre effettuare un bilanciamento assegnando alla estrazione una portata superiore del 10% rispetto all'immissione. Nella maggior parte dei casi, si avrà in tal modo una pressione negativa sufficiente. In caso contrario, si dovranno individuare e sigillare le vie di fuga presenti (infissi di porte e finestre, tubazioni idrauliche ecc.).

La necessità di aprire e chiudere porte dovrà essere ridotta al minimo indispensabile per il passaggio di cose e persone, per non alterare il differenziale di pressione: per una maggiore regolarità e sicurezza di funzionamento, è possibile ricorrere a sistemi automatici comandati da pressostati, in grado di aumentare istantaneamente la portata di immissione in caso di apertura delle porte.

La presenza di un'anticamera può essere utile per ridurre ulteriormente il rischio di fuga di aerosol infetto dalle camere di degenza. Alcune anticamere possono essere a loro volta ventilate oppure no: in ogni caso dovrà essere mantenuto un gradiente di pressione negativo con la camera. In ogni caso, la presenza di anticamere non può assolutamente dispensare dal ricorso alla pressione negativa.

Metodi alternativi per ottenere una pressione negativa

Nel caso in cui l'impianto di ventilazione principale sia inadatto a garantire la necessaria pressione negativa, si dovrà intervenire con dei dispositivi supplementari in grado di estrarre aria dall'ambiente interessato. Esistono in commercio unità portatili autonome, dotate di filtri, per la ventilazione di singole camere, capaci di mantenere un livello sufficiente di pressione negativa. Un rimedio d'emergenza può essere rappresentato dall'installazione di un ventilatore centrifugo di estrazione attraverso una finestra o un muro perimetrale. Tuttavia, questa non deve essere considerata una soluzione definitiva, poiché non apporta aria fresca e determina un fattore di diluizione scadente.

Un sistema alternativo per ottenere la necessaria differenza di pressione, consiste nella pressurizzazione dei corridoi rispetto alle camere: idealmente, per ottenere l'effetto voluto, si dovrebbe aumentare la quota di immissione d'aria nel corridoio. A volte, per semplicità ed economia, si preferisce ridurre la ripresa, per mezzo di serrande, mantenendo inalterata la mandata (occorre però prestare attenzione a non ridurre i ricambi per ora al di sotto del necessario). In ogni caso questo metodo non è applicabile in presenza di camere, lungo il corridoio, in cui non si desideri avere una pressione negativa. A volte, questo metodo porta più complicazioni che semplificazioni e deve essere scelto solo

quando non siano praticabili altre soluzioni.

Monitoraggio della pressione negativa

Lo stato di pressione negativa in un ambiente può essere controllato osservando lo spostamento dell'aria (ad esempio con del fumo), oppure misurando la differenza di pressione con gli ambienti circostanti.

Per osservare il flusso d'aria in prossimità della porta d'ingresso con un piccolo generatore di fumo (Fig.2), si dovrà far defluire il fumo lentamente, in prossimità della base della porta o della griglia di transito (se presente). Di norma, il fumo deve essere aspirato velocemente verso l'interno del locale: la prova è negativa se, viceversa, rimane stazionario o addirittura è respinto. La porta deve essere perfettamente chiusa ed i dispositivi di ventilazione, anche quelli ausiliari (es. dispositivi di captazione localizzata, depuratori d'aria portatili ecc.) devono essere in funzione.

Per monitorare la pressione si possono impiegare dei manometri elettronici differenziali, periodicamente oppure in modo continuo. Il segnale fornito dal manometro può essere registrato, può attivare un allarme in caso di pressione insufficiente, oppure può essere utilizzato come segnale di feedback per regolare le portate dei ventilatori in base al fabbisogno (in caso di apertura delle porte ecc.). Il posizionamento del punto di presa di questi manometri è critico: la pressione dovrebbe essere monitorata esattamente nel punto di passaggio dell'aria tra i locali (p.e. sotto il bordo inferiore della porta). Questo perché la presenza di particolari flussi nell'ambiente può facilmente alterare la misura: infatti, la pressione può essere negativa ad una certa altezza della porta e diventare positiva vicino alla base della stessa (Fig.3). Se il punto di presa non può essere collocato stabilmente nella posizione ideale, si deve validare la misura rispetto a quella ideale, verificando che non sussistano scostamenti. Questi dispositivi sensibili alle pressione dovrebbero essere equipaggiati con un allarme ritardato per segnalare la mancata chiusura della porta. Il ritardo deve essere tale da consentire le normali aperture per il passaggio del personale, in modo da segnalare solo le situazioni anomale.

E' assolutamente necessario controllare periodicamente la funzionalità del sistema di ventilazione e dei sensori di monitoraggio. Negli ambienti particolarmente critici (degenza di pazienti in fase fortemente infettiva, laboratori per l'isolamento degli agenti infettivi) il controllo deve essere giornaliero.

Uso dei filtri HEPA

Per definizione, i filtri HEPA devono avere un'efficienza di captazione del 99,97% su particelle maggiori o uguali a 3 micron di diametro: in pratica, questi filtri sono in grado di far scendere la conta delle particelle comprese tra 1 e 6 micron, al di sotto dei livelli misurabili. Per questo motivo rappresentano un mezzo efficace per abbattere l'aerosol infetto emesso dai pazienti con tosse, starnuti e la normale respirazione. Questi filtri sono impiegati sia per filtrare l'aria espulsa verso l'esterno, che per il trattamento dell'aria da ricircolare, sempre a monte del posizionamento dei ventilatori: ovvero, devono lavorare sempre e comunque in depressione.

Frequentemente, l'aria di ripresa non è direttamente scaricata all'esterno, ma è prima fatta transitare in un recuperatore di calore, per limitare i costi di esercizio: in tal caso, occorre installare i filtri a monte del recuperatore, in modo che al suo interno scorra aria sicuramente priva di contaminanti. Non è raro, infatti, che una discontinuità nel dispositivo di scambio termico consenta un contatto diretto tra i flussi in entrata ed in uscita, con le immaginabili conseguenze in presenza di agenti patogeni.

Il ricircolo di aria filtrata HEPA

In genere, l'aria proveniente da locali a rischio non dovrebbe mai essere ricircolata, neppure dopo filtrazione: esistono tuttavia dei casi dove il ricircolo non è evitabile per vari motivi (impossibilità tecnica dovuta alla collocazione dell'ambiente). In ogni caso, si deve evitare di ricircolare l'aria filtrata verso altri ambienti. L'unica possibilità accettabile è quella di ricircolare l'aria filtrata nell'ambiente stesso. Questo scopo può essere raggiunto in modi diversi: a) con un impianto canalizzato dotato di filtri al suo interno (Fig.4), b) per mezzo di dispositivi di ricircolo (depuratori) dotati di filtri, installati a soffitto o a parete (Fig.5), c)

utilizzando depuratori d'aria portatili.

Unità portatili per la ricircolazione dell'aria

Questi dispositivi sono da prendere in considerazione solo quando, per vari motivi, non sia stato possibile ottenere dal normale impianto di ventilazione i ricambi ora necessari a garantire la desiderata qualità dell'aria. La loro efficacia si basa sulla possibilità di captare l'aria ambientale nella sua totalità, un compito molto difficile da attuare completamente. Il rendimento di una particolare unità può cambiare secondo molte variabili: la configurazione della stanza, la presenza di mobili e di persone, il posizionamento dell'apparecchio e l'orientamento delle griglie di presa e mandata dell'aria. Per questi motivi, il rendimento può variare sensibilmente da locale a locale, oppure spostando l'apparecchio all'interno del locale stesso. La collocazione dovrà quindi essere scelta con cura una volta per tutte, impedendo quindi al personale di spostare la macchina o di intervenire arbitrariamente sui comandi. La portata del dispositivo dovrà essere tale da garantire almeno 12 ricambi per ora. Un metodo rapido ed efficace per verificare il corretto posizionamento dei dispositivi portatili di filtrazione, consiste nell'utilizzo del fumo come tracciante: si deve verificare che, con l'apparecchio in funzione, non esistano sacche di stagnazione nell'intero volume dell'ambiente. Alcuni modelli sono equipaggiati con lampade sterilizzatrici a ultravioletti, per inattivare le cariche infettanti in modo ancora più efficace. La presenza di un adeguato irraggiamento ultravioletto ad una lunghezza d'onda di 254 nm (UV-C) può diminuire la concentrazioni degli agenti infettivi in un modo equivalente ad un notevole incremento di ricambi ora, in misura però molto variabile secondo il microrganismo coinvolto. Data la pericolosità degli ultravioletti a queste lunghezze d'onda, ci si dovrà inoltre accertare che le persone non possano esservi direttamente esposte in nessun modo.

Installazione, manutenzione ed ispezione dei filtri

Si tratta di operazioni molto critiche, da effettuare con la massima cura, specialmente se il sistema impiegato consente il ricircolo verso altri ambienti. Trascurare questi aspetti

può portare ad incidenti gravissimi, come purtroppo è accaduto in diverse occasioni. I filtri devono essere installati controllando attentamente che non esistano trafilaggi tra filtro e alloggiamento: inoltre, deve essere stabilita una programmazione precisa del controllo e del ricambio periodico di ogni filtro. Ad ogni installazione o ricambio deve essere effettuata una prova di tenuta con un generatore di aerosol DOP e un contatore di particelle. In ogni caso, un test deve essere comunque effettuato ogni 6 mesi. Ogni filtro deve essere equipaggiato con un dispositivo (p.e. manometro differenziale) in grado di avvisare quando è il momento di procedere alla sostituzione. I filtri HEPA devono essere preceduti da adeguati prefiltri, in modo da incrementarne la vita utile il più possibile. Due stadi di prefiltrazione, del rendimento complessivo pari al 90%, possono estendere la durata di un filtro HEPA del 900%. La manutenzione dei filtri deve essere effettuata esclusivamente da personale adeguatamente addestrato ed equipaggiato con tute e respiratori a ciclo chiuso. I filtri esauriti devono essere riposti in appositi contenitori a tenuta ed avviati all'incenerimento in apposite strutture autorizzate (le strutture dedicate al trattamento delle malattie infettive pericolose sono preferibilmente dotate di un inceneritore interno, per evitare l'eccessiva movimentazione di rifiuti contaminati).

Emissione dell'aria reflua all'esterno

Per motivi di sicurezza, l'espulsione dell'aria verso l'esterno deve essere eseguita seguendo delle regole precauzionali ben precise, nonostante la filtrazione. Infatti, non si può mai escludere al 100% una possibile emissione di cariche infettanti. Mentre all'interno della struttura, in caso di contaminazione, esistono più livelli di barriere per contenere le conseguenze, un'emissione diretta verso l'esterno potrebbe risultare catastrofica.

I condotti di emissione devono essere posti in alto, più lontano possibile da prese d'aria e zone frequentate da persone o animali. Si dovranno inoltre mettere in atto tutte le misure necessarie ad evitare un possibile rientro nell'edificio dell'aria espulsa. In particolare, lo scarico dovrà essere effettuato al di fuori della zona di turbolenza provocata dal vento nei dintorni della sagoma dell'edificio (Fig.6). Nel caso in cui una o più di queste

misure precauzionali non siano praticabili, si dovrà aggiungere uno stadio supplementare di filtrazione di classe HEPA.

www.driaonline.com

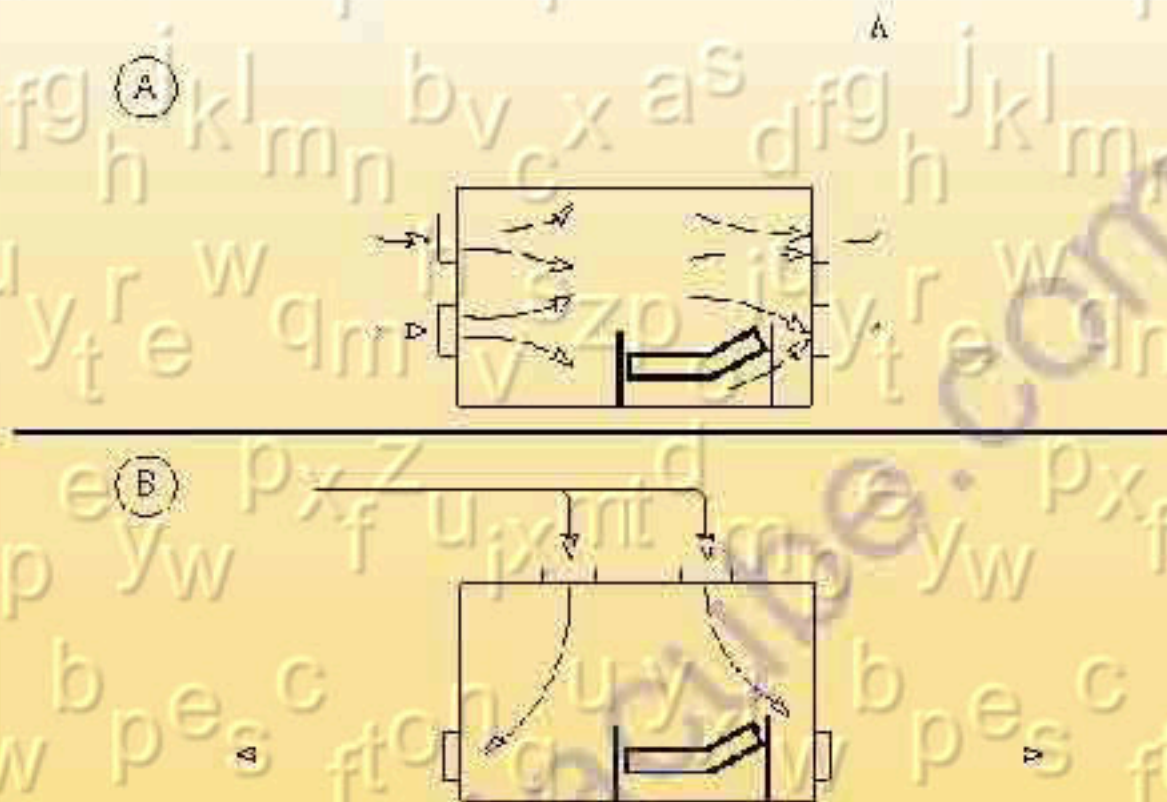


Figura 1

Configurazioni consigliate per ottimizzare la miscelazione dell'aria, evitando possibili cortocircuiti immissione / ripresa. La soluzione B è preferibile dovendo immettere aria ad una temperatura sensibilmente inferiore a quella dell'ambiente.

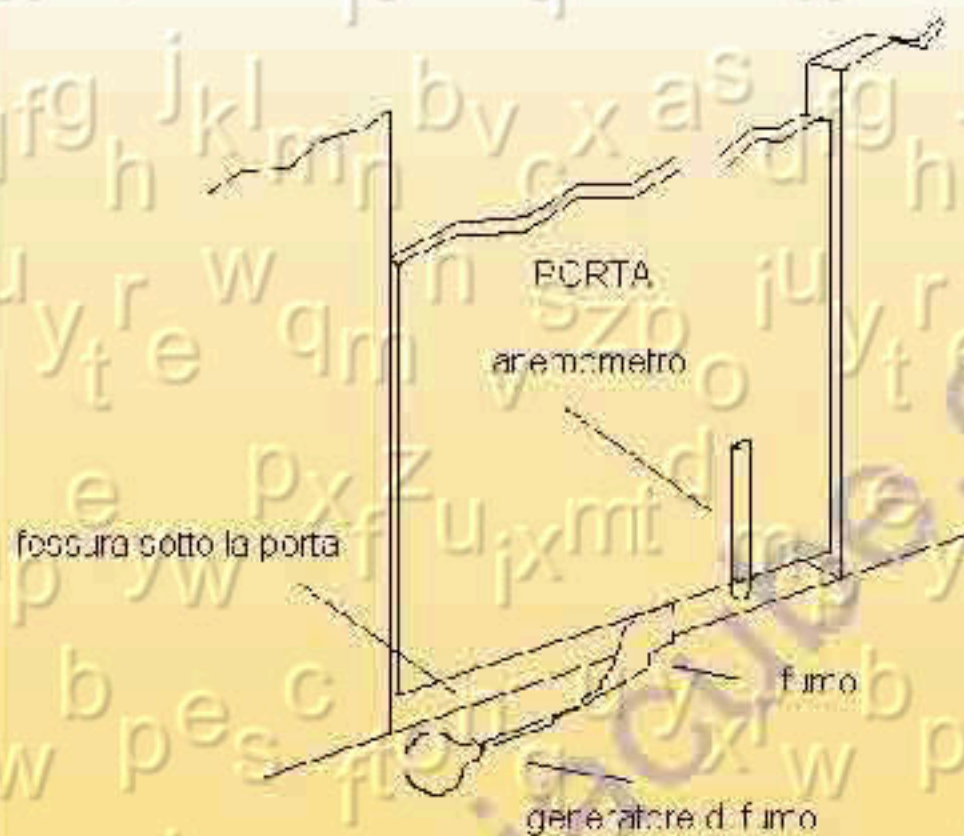


Figura 2

Prova di trascinamento del fumo e posizionamento dell'anemometro per verificare la differenza di pressione ad es. tra camera e corridoio. In presenza di una corretta pressione negativa, il fumo deve essere velocemente aspirato all'interno della camera.

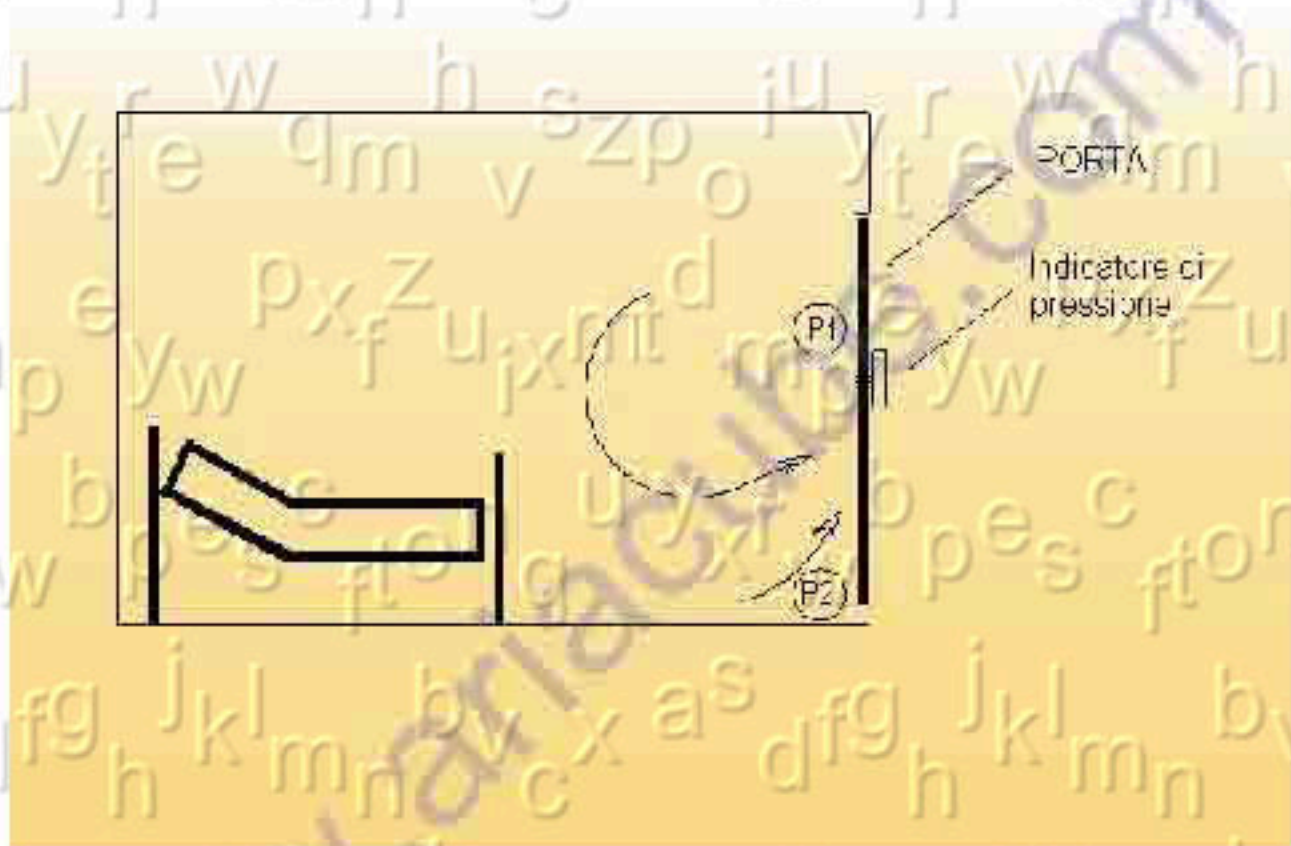


Figura 3

Una scelta corretta del punto di misura è essenziale per rilevare il livello di pressione negativa nella camera. La misura deve essere fatta nel punto P2, in corrispondenza della fessura di comunicazione con l'esterno.

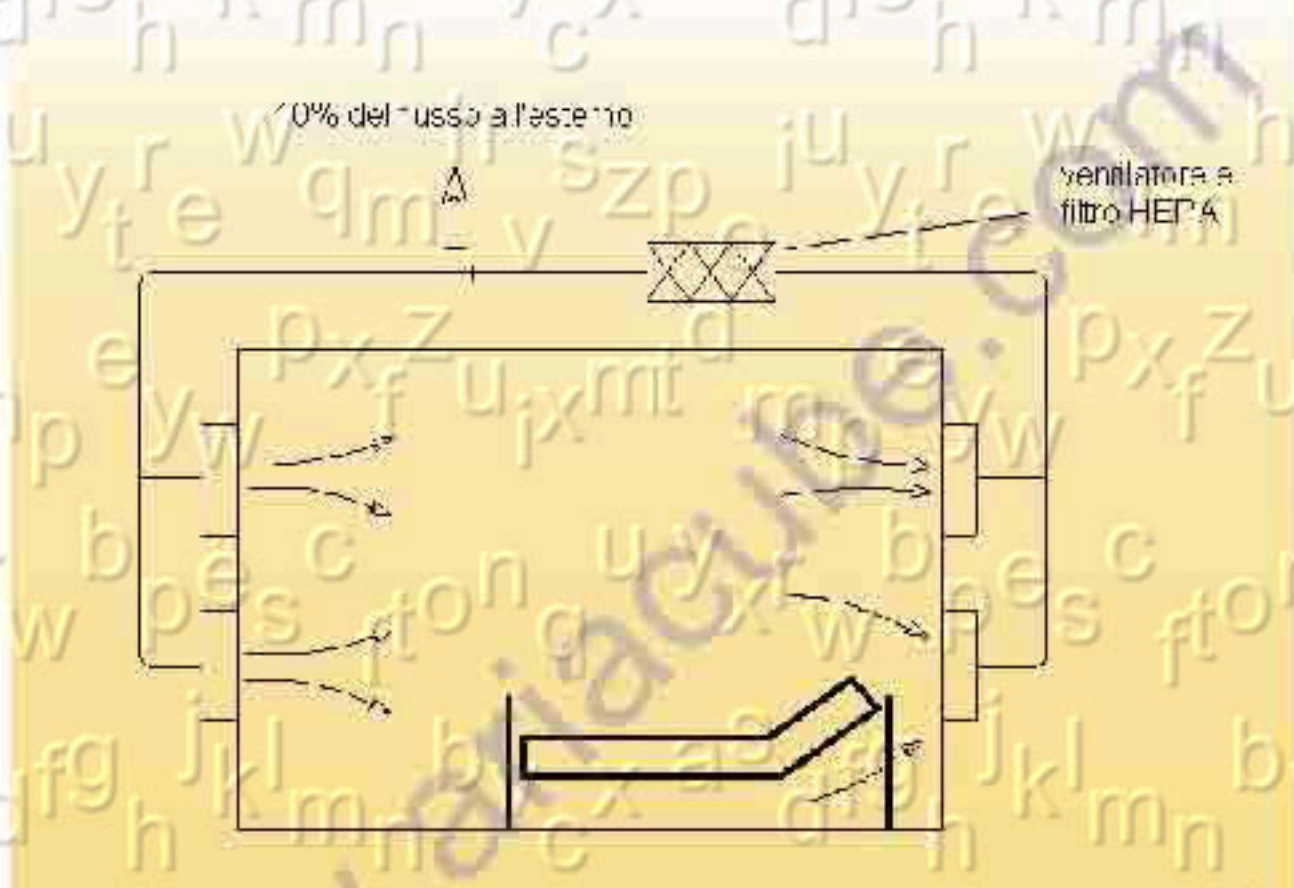


Figura 4

Impianto canalizzato a ricircolo equipaggiato con filtro HEPA. Il 10% del flusso di mandata viene deviato all'esterno, così da determinare una diminuzione di pressione nella camera.

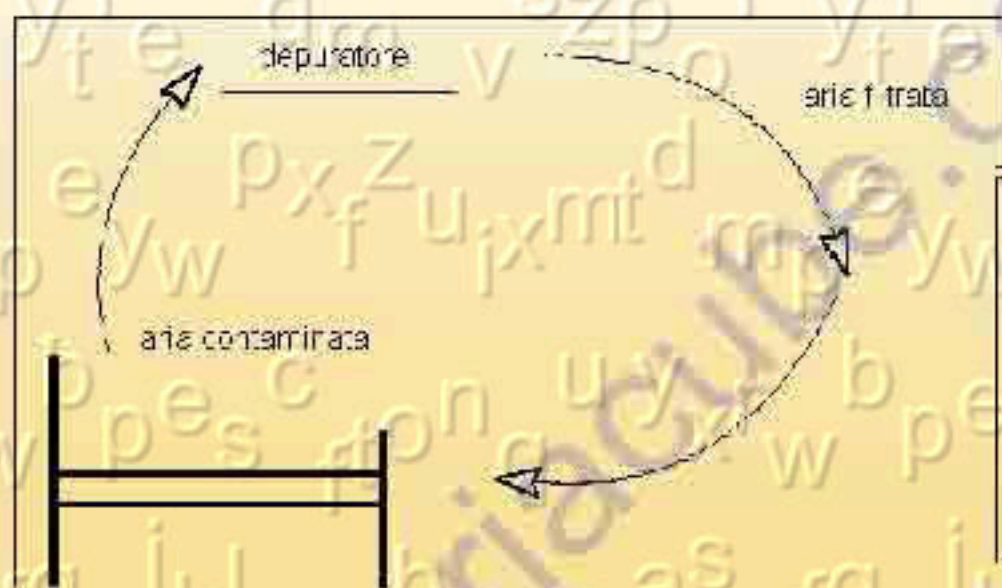


Figura 5

Sistema a ricircolo basato sull'impiego di un depuratore a plafone con filtro ad alta efficienza. Per un corretto funzionamento, l'apparecchio deve essere installato al centro del terzo di soffitto più vicino al paziente. Questo tipo di installazione deve essere aggiunta quando l'impianto di ventilazione non è in grado di assicurare il numero di ricambi d'aria necessario (almeno 12). La depurazione può ridurre il numero di ricambi fino a un minimo di 6.

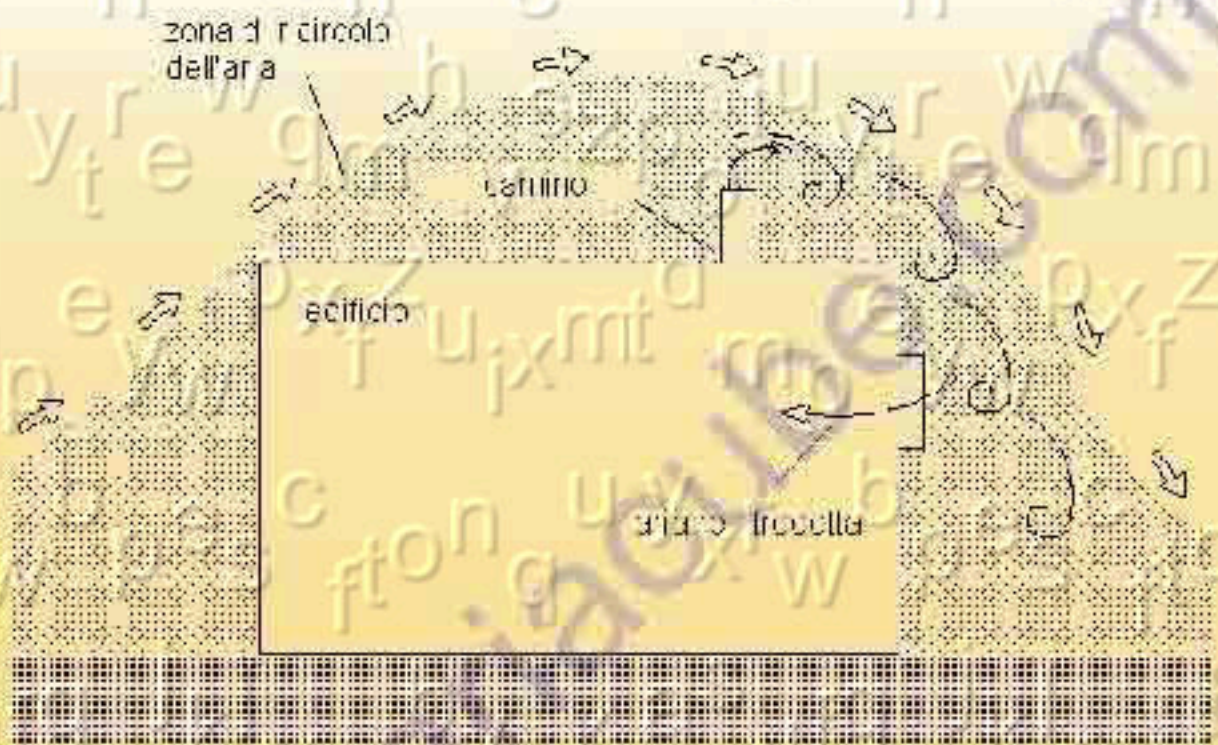


Figura 6

Zona di ricircolo dell'aria determinata dallo scorrimento del vento sull'edificio. L'aria reflua dall'impianto di ventilazione deve essere evacuata al di fuori di questa zona per evitare rischi di possibile reimmissione.