

Cristiano Vergani  
Responsabile R & S  
Deparia Engineering S.r.l.  
Email: [cristiano.vergani@deparia.com](mailto:cristiano.vergani@deparia.com)

## **“La qualità dell'aria negli aerei di linea”**

*L'atmosfera interna nei grandi aerei per il trasporto passeggeri è sotto accusa: il ricambio d'aria attuale non sembra adeguato a garantire un livello sufficiente di comfort e sicurezza.*

In tempi recenti, il ritorno alla ribalta delle malattie infettive facilmente trasmissibili per via aerogena (SARS), ha portato in evidenza i problemi causati da una ventilazione insufficiente o di scarsa qualità in ambienti densamente affollati come le carlinghe degli aerei passeggeri. Giustamente, personale di volo e viaggiatori si chiedono se e come il sistema di ventilazione nelle aeromobili sia in grado di proteggerli da un eventuale contagio causato da un compagno di viaggio inconsapevolmente malato (nei voli intercontinentali a lunga durata può facilmente capitare che un passeggero non accusi alcun sintomo al momento dell'imbarco, per manifestare poi la malattia durante il volo, al termine del periodo di incubazione).

Esistono altri problemi legati alla qualità dell'aria negli aerei di linea, come ben sanno gli assistenti di volo, che non mancano di far rilevare nelle sedi competenti i disagi che sono considerati alla base di malattie che vorrebbero riconosciute come professionali. In effetti, chi ha occasione di volare frequentemente, anche da passeggero, avrà avuto occasione di subire più volte le conseguenze di una cattiva qualità dell'aria, specialmente in alcune situazioni particolari.

I grandi aerei per il trasporto dei passeggeri sono dotati di un impianto di ventilazione e di condizionamento dell'aria relativamente sofisticato, teoricamente in grado di assicurare un comfort sufficiente agli occupanti sia durante le operazioni di terra, sia nelle varie fasi di decollo, raggiungimento della quota e della velocità di crociera, discesa e atterraggio. Come vedremo, ognuna

di queste fasi comporta dei problemi specifici da risolvere.

Sulla pista, l'aereo dovrebbe rimanere il tempo necessario alle operazioni di carico del carburante e dei bagagli, nonché di imbarco dell'equipaggio e dei passeggeri. Durante queste operazioni, l'impianto di ventilazione si limita ad aspirare aria esterna e ad immetterla in cabina: i motori principali sono spenti e l'energia proviene dalle batterie. Un evento frequente è rappresentato dalla aspirazione dei gas di scarico dei veicoli di servizio, o dei vapori di carburante. In caso di un breve prolungamento della sosta, i motori vengono accesi in attesa del decollo. In questo caso, l'aria può essere trattata termicamente per un maggior comfort. Se per un motivo qualunque la sosta dovesse prolungarsi, i motori si spengono e anche i ventilatori vengono disattivati per risparmiare le batterie. In queste condizioni, ogni ricambio d'aria attivo è escluso, e la "sopravvivenza" degli occupanti viene assicurata dalla sola apertura dei portelli d'imbarco, ammesso che le condizioni climatiche esterne lo consentano. Si tratta di situazioni che non dovrebbero capitare di frequente, e che possono mettere a dura prova la resistenza fisica dei passeggeri. In breve tempo la concentrazione di anidride carbonica e l'umidità relativa possono salire a livelli intollerabili. Purtroppo, a volte, queste soste si possono prolungare anche per ore, prima che le autorità aeroportuali decidano come sbrogliare il problema.

Durante la fase di decollo e di salita in quota, tutta la potenza dei motori è dedicata alla spinta del velivolo; la portata di ventilazione è mantenuta al minimo indispensabile, in quanto, durante il volo, l'aria non può essere prelevata direttamente dall'esterno ma viene sottratta ai compressori dei turbogetti. Mentre l'aeromobile sale, l'interno dell'aeromobile viene pressurizzato in modo da mantenere una "quota virtuale" non superiore a circa 2500 metri. Questo significa che, anche a grandi altezze, la pressione atmosferica ed il tenore di ossigeno della cabina sono paragonabili a quelle di una località di alta montagna. Si tratta di un parametro definito negli anni '50, con riguardo particolare alla economia di esercizio più che al comfort dei passeggeri: in particolare, la concentrazione di ossigeno è inferiore del 25% rispetto a quella al

livello del mare, un valore che può causare affaticamento e disagio in una frazione importante dei passeggeri (anziani, bambini, sofferenti di malattie cardiache o respiratorie).

Durante il volo, l'aria esterna compressa e riscaldata prelevata dai motori viene fatta passare in un filtro catalizzatore, che ha il compito di trasformare l'ozono in ossigeno. Come è noto, l'ozono, forma triatomica dell'ossigeno, è un gas fortemente reattivo ed ossidante, che esplica una azione irritante sulle mucose dell'occhio e dell'apparato respiratorio: il catalizzatore promuove la scissione della molecola, provocando così anche un benefico innalzamento del tenore di ossigeno, piuttosto scarso nell'aria prelevata in quota. Lo strato protettivo di ozono della nostra atmosfera si trova oltre gli 11.000 metri di altitudine, dove si possono attraversare zone a concentrazione relativamente elevata (*ozone plumes*). Poiché ad alta quota il livello di particolato è molto basso, non viene operata nessuna filtrazione ulteriore. A valle del catalizzatore, l'aria attraversa uno scambiatore di calore che ne abbassa la temperatura da circa 204°C ad un intervallo compreso tra 12,8°C e 18,3°C. A questo punto incontriamo una importante differenziazione che dipende dal tipo di aereo: infatti, alcuni modelli sono dotati di una ventilazione a tutta aria esterna, mentre in altri si effettua una miscelazione al 50% con aria di ricircolo filtrata. I primi sono chiaramente da preferire in termini di comfort, e i passeggeri più sensibili dovrebbero tenerne conto al momento della scelta del volo. Ad esempio, il Boeing 777 è in grado di provvedere 33,8 m<sup>3</sup>/h per passeggero, equamente suddivisi tra aria esterna e di ricircolo, mentre un 737-100 ne può assicurare 27,4 di sola aria esterna. Calcoli teorici, supportati da prove sul campo, indicano in circa 1000-1200 ppm la concentrazione media di anidride carbonica senza ricircolo e in 1250-1600 ppm con il ricircolo. In ogni caso, i volumi di ventilazione sono scarsi, inferiori a quelli richiesti dalle norme per i normali ambienti civili. L'aria di ricircolo viene filtrata con filtri HEPA prima della miscelazione; sembra che alcune Compagnie adottino dei filtri speciali antibatterici su alcune tratte considerate "a rischio", anche se sulla loro efficacia molti pareri sono discordi.

Il fatto che la ventilazione sugli aerei sia ridotta quasi al minimo indispensabile, incide sul rischio di trasmissibilità delle malattie infettive: oltre alla SARS, esistono varie malattie batteriche (tubercolosi, difterite, meningite, febbre Q, legionellosi) e virali (influenza, raffreddore, mononucleosi, morbillo, parotite, varicella) di cui è stata verificata la possibilità di trasmissione durante i voli. In particolare, è stata dimostrata la trasmissione della TBC fino alla distanza di 13 file di posti in un aereo con ventilazione a ricircolo. Per quanto riguarda i rischi durante le soste sulla pista, un solo passeggero con l'influenza è stato in grado di contagiare il 75% dei suoi compagni di viaggio durante una sosta forzata di due ore con impianto di ventilazione spento.

Un altro pericolo sempre in agguato per la qualità dell'aria è rappresentato dalle perdite di olio idraulico surriscaldato o dalla parziale combustione di guaine isolanti di cavi elettrici sovraccarichi. Questi incidenti sono più frequenti di quanto si pensi, in quanto raggiungono le cronache solo quando sono eclatanti: piccole ma ripetute dispersioni di agenti tossici come i tricresilfosfati (additivi dei fluidi idraulici) possono sfuggire all'attenzione ma provocare gravi conseguenze (neuropatie). Anche il monossido di carbonio a volte può essere presente in concentrazioni pericolose, e produrre le sue nefaste conseguenze (ipossia, confusione mentale, emicranie) prima che la fonte possa essere individuata e neutralizzata (surriscaldamenti).

Anche la fase di discesa è caratterizzata da una diminuzione dell'efficienza di ventilazione: nel volgere di pochi minuti si può avere una vera e propria "impennata" della concentrazione di anidride carbonica. Per fortuna si tratta di una fase piuttosto breve, ma l'impatto sui passeggeri, specialmente se già provati da una tratta prolungata di volo, non è affatto trascurabile.

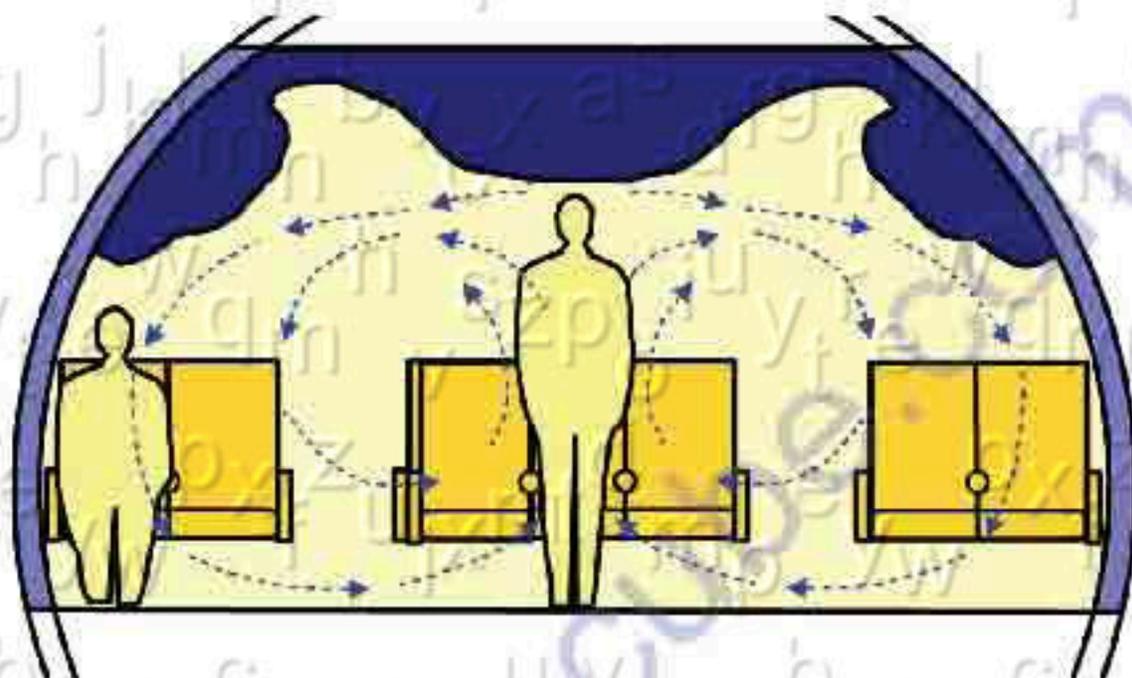
È noto che in molti Paesi è in vigore l'obbligo di disinfestazione dell'aereo all'arrivo, per evitare l'importazione di insetti potenzialmente pericolosi per la salute pubblica o per l'economia agricola o zootecnica. Questa operazione è effettuata per mezzo della nebulizzazione di pesticidi, in genere appartenenti alla

classe dei piretroidi (ad esempio permetrina). Per non allarmare i passeggeri, la dispersione del principio attivo avviene di solito nell'ultimo tratto del volo oppure immediatamente prima dello sbarco, senza preavviso e con modalità non evidenti. Una volta sbarcati passeggeri ed equipaggio, viene effettuata una seconda nebulizzazione ad una concentrazione superiore, con particolare riguardo al trattamento di tutte le superfici. In questo modo, residui di pesticida possono restare presenti per molto tempo e contaminare pesantemente l'atmosfera interna della carlinga anche nei voli successivi. I piretroidi possiedono proprietà irritanti e neurotossiche, e possono scatenare reazioni allergiche cutanee e respiratorie: di frequente, sintomi attribuiti genericamente al "mal d'aria" o alla "paura di volare", sono in realtà riconducibili all'esposizione a sostanze tossiche ed irritanti come la permetrina o i tricresilfosfati.

In origine, negli aerei la ventilazione si effettuava solo con tutta aria esterna: la pratica del ricircolo parziale è stata introdotta quando ci si è accorti che il ricircolo permette un risparmio di circa 60.000 euro all'anno per aereo (in un aereo da 200 posti che effettua 300 voli annui vuol dire 1 euro per passeggero). Per mantenere la pressurizzazione, servono solo 5 m<sup>3</sup>/h di aria esterna per persona: molti aerei offrono una ventilazione appena superiore. Probabilmente, se i passeggeri potessero scegliere, investirebbero volentieri un euro in più per garantirsi un volo con meno rischi per la propria salute. Possiamo solo sperare che, in uno spirito di competizione commerciale, qualche Compagnia possa adottare la qualità dell'aria come "plus" per rendere più appetibili i propri voli ai potenziali clienti.

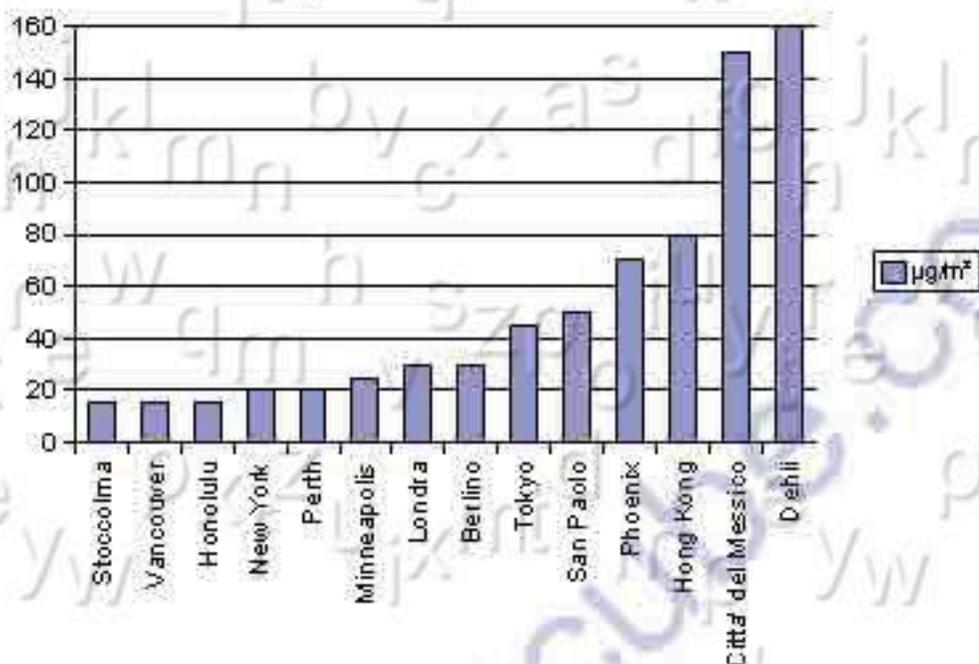
Modello di aereo	Ricambio ora	Volume cabina (m <sup>3</sup> )	Portata di ventilazione (m <sup>3</sup> /h)	Posti a sedere	Portata di ventilazione per passaggero (m <sup>3</sup> /h)
<b>Senza ricircolo:</b>					
Boeing 727-100	22,9	151	3460	131	26,4
Boeing 727-200	26,4	165	3103-4356	147	21,1-29,6
Boeing 737-100	26,1	120	3132	115	27,2
Boeing 737-200	23,9	131	2318-3132	130	17,8-24
Lockheed L1011-1/100	17,8	537	9558	238	40,2
Lockheed L1011-50	19,3	494	9533	400	23,8
McDonnell Douglas DC9-30	27,3	124	3384	119	28,4
McDonnell Douglas DC9-60	22,9	148	2783-3388	139	20-24,4
McDonnell Douglas DC10-10	22,8	419	9554	287-400	33,3-23,8
<b>Con ricircolo:</b>					
Albis Industrie 310	9,7	334	3240	234-260	13,8-12,5
Boeing 737-300	14,2	149	2117-2236	126	16,8-17,7
Boeing 747	14,7	790	11614-15800	452-482	24-34,9
Boeing 757	15,6	276	3863-4305	188	20,5-22,9
Boeing 767-200	10,4	319	3287-3319	220	14,9-15
Boeing 767-300	-	428	4752	261	18,2
McDonnell Douglas DC9-80/MD80	19,7	173	3409	172	19,8
McDonnell Douglas DC10-40	14,9	419	6242	380	16,4

Dati relativi alla ventilazione a seconda del modello di aereo e del costruttore. Come si può vedere, solo in pochi casi si raggiunge un ricambio sufficiente ad assicurare un buon livello di comfort e di sicurezza igienica (oltre i 24,5 m<sup>3</sup>/h per persona di aria esterna). Negli aerei con ventilazione a ricircolo parziale la percentuale di aria esterna è limitata al 50%.



Circolazione d'aria di ventilazione all'interno di una carlinga. Le principali griglie di mandata si trovano lungo il blocco centrale a soffitto, mentre le riprese si trovano in genere in coda all'aeromobile. Ogni posto a sedere dovrebbe inoltre disporre di bocchette individuali regolabili: non sempre questa regola viene rispettata.

## Livello del particolato totale in alcuni scali



Quando l'aereo rimane fermo sulla pista per tempi brevi, l'impianto di ventilazione viene fatto funzionare aspirando direttamente l'aria esterna: la vita operativa dei filtri HEPA inseriti sull'eventuale ricircolo risente molto della elevata polverosità presente in certi scali. Gli intervalli di manutenzione dovrebbero essere commisurati al livello medio di particolato presente nelle tratte frequentate abitualmente.

Problema	Conseguenze	Rimedi suggeriti
1. Ventilazione insufficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aria viziata e male odorante</li> <li>Maggiore rischio di trasmissibilità malattie infettive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilire i livelli standard minimi raccomandati per la ventilazione</li> <li>Boccette di aerazione obbligatorie per ogni posto a sedere</li> <li>Ricorso del rischio professionale SARS al personale di cabina</li> </ul>
2. Esposizione a fumi di scarico e a vapori tossici durante le operazioni a terra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritazione alle prime vie respiratorie, emicrania, nausea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimizzare l'esposizione per ridurre la presenza di inquinanti da parte dell'impianto di ventilazione</li> </ul>
3. Esposizione ad aria contaminata dai fluidi idraulici e riscaldati	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tremori, stitichezza, disturbi circolatori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standard di manutenzione più stringenti</li> <li>Monitoraggio dei contaminanti nei condotti di condizionamento</li> </ul>
4. Scarsa ossigenazione durante il volo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Senso di soffocamento, stabbilità controllata, emicemie respiratorie e cardiovascolari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mantenimento del livello di pressurizzazione corrispondente ad una quota minima non superiore a 1500-2000 metri (standard attuale 2439 metri)</li> </ul>
5. Sbalzi termici	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discomfort causato da raffreddamento per isolamento insufficiente del pontello, postazioni sprovviste di boccette di condizionamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilire i massimi gradienti di temperatura verticale ed orizzontale ammissibili</li> <li>Uso di pontelli riscaldati</li> <li>Generalizzare le boccette di condizionamento a tutte le postazioni</li> </ul>
6. Esposizione all'ozono	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritazione delle prime vie respiratorie e delle mucose oculari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoraggio dei livelli di ozono in cabina</li> <li>controllo accurato dell'efficienza dei convertitori catalitici ozono/ossigeno</li> </ul>
7. Esposizione a pesticidi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nausea, emicrania, asma, shock anafilattico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilare accuratamente la cabina dopo le disinfezioni</li> <li>Metodi di applicazione alternativi alla nebulizzazione fine</li> </ul>

La principale associazione sindacale americana degli assistenti di volo (AFA), che conta circa 50.000 aderenti, ha recentemente raccolto in un dossier tutti i fattori che concorrono a peggiorare la qualità dell'aria all'interno delle aeromobili, le conseguenze sulla salute registrate attraverso l'analisi di questionari distribuiti a passeggeri ed equipaggi e i rimedi raccomandati per un miglioramento della

situazione. Le varie Compagnie Aeree interessate non sembrano però ben disposte ad investire per migliorare il comfort dei loro mezzi, specialmente in questo momento di crisi del settore.

[www.airclubbe.com](http://www.airclubbe.com)