

Il rischio chimico in campo aeronautico e aeroportuale

M.I. BARRA¹, M.R. FIZZANO¹, G. NOVEMBRE¹

¹INAIL – Direzione Generale – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

INTRODUZIONE

Nell’ambito del progetto della CONTARP Centrale relativo alla valutazione dei rischi professionali nel settore aeronautico, sono state condotte indagini finalizzate a monitorare l’esposizione ad agenti chimici degli addetti della linea volo e del personale viaggiante.

Dalla revisione della letteratura scientifica e dai sopralluoghi effettuati sono stati individuati alcuni potenziali fattori di rischio derivanti da esposizione professionale agli agenti chimici qui di seguito riportati:

- Composti Organici Volatili (VOC) sia a terra che in volo;
- anidride carbonica a terra e in volo;
- ozono solo in volo.

Sono state poi individuate situazioni campione, considerabili rappresentative della realtà italiana, sulle quali approfondire le indagini per la valutazione dei livelli di concentrazione degli agenti chimici aerodispersi.

Le campagne di monitoraggio, per la misura degli agenti chimici presenti sulla linea volo, sono state condotte presso uno stabilimento di produzione di elicotteri e presso tre aeroporti di diversa tipologia uno di grande valenza internazionale e due piccoli stagionali.

Per la misura dei possibili agenti chimici nocivi a cui può essere esposto il personale che opera in volo, sono state condotte delle campagne di monitoraggio su voli aerei di corto, medio e lungo raggio, sui velivoli MD 80, A319, A330, A320.

PERSONALE A TERRA

Carburante

Il carburante generalmente usato in ambito aeronautico appartiene al gruppo JP (jet propellant), che a temperatura ambiente è un liquido incolore, facilmente volatile e con odore simile al cherosene.

Dai nostri sopralluoghi è emerso che, nel caso degli aeroporti civili, sono utilizzati il JP-1 o il JP-A1 costituiti da una miscela complessa e variabile in percentuale di composti organici appartenenti a diverse classi chimiche, dagli alcani agli aromatici.

In ambito militare viene generalmente utilizzato invece il JP-8 il quale è una complessa miscela di composti C4-C14: alcani (n- e isoalcani), olefine, nafteni e aromatici.

Nella seguente Figura 1 sono riportati i principali additivi dei carburanti avio [1].

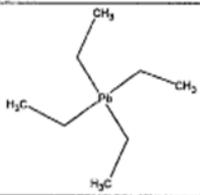
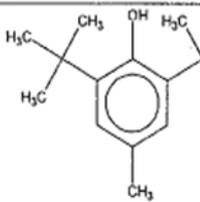
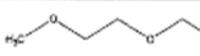
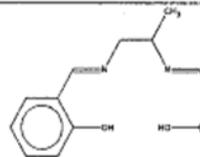
Aviation fuel additives			
	Anti-knock additives	Tetra-ethyl lead (TEL)	
		Ethylene dibromide	
	Anti-oxidants	2,6-ditertiary butyl-4-methyl phenol	
	Electrical conductivity/ static dissipater additives	Stadis [®] 450	Proprietary mixture
	Corrosion inhibitor/ lubricity improver	"DCI-4a"	Proprietary mixture
	Anti-icing additives	Di-ethylene glycol monomethylether	
	Metal deactivators	N,N'-disalicylidene-1,2-propane diamine	
	Biocides		
	Thermal Stability Improver additives	(mainly military applications) – "+100"	Proprietary mixture
	Leak detection	Tracer A [®]	Proprietary mixture

Figura 1: principali additivi dei carburanti avio

La mansione principalmente esposta al carburante avio è quella del carburantista (Figura 2).



Fig.2: Carburantista.

Il carburantista è l'addetto al rifornimento carburante e, in alcuni casi, effettua anche verifiche tecniche sui serbatoi come la taratura (T-level) o lo scarico degli stessi e prove di tenuta delle flange di carico del carburante.

I rischi di esposizione sono legati soprattutto ai componenti volatili presenti nella miscela, ma non sono molti gli studi finalizzati all'analisi dell'esposizione professionale di tale mansione.

A livello tossicologico i più comuni effetti sulla salute conseguenti ad una esposizione a JP-8 riportati in letteratura sono: fatica, calo dell'attenzione, mal di testa, nausea, vomito, iperattività vegetativa e, talora, è stata anche riscontrata diminuzione nella capacità di mantenere l'equilibrio. Sono anche riferiti irritazione della pelle e neurotossicità [2].

L'interesse per uno studio igienistico industriale riguardante l'esposizione a JP nasce dal fatto che, anche se notoriamente i tempi di esposizione sono brevi, le grandi quantità di volume utilizzate durante il rifornimento di un velivolo potrebbero rendere significativa la concentrazione globale di sostanze pericolose a cui i lavoratori sono esposti nel tempo.

Basandosi sui dati presenti nella scheda di sicurezza, sulle informazioni desunte dalla letteratura e sui limiti di esposizione professionale cogenti o emanati dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) la nostra attenzione si è focalizzata sulle sostanze riportate nella seguente Tabella 1, ove sono anche indicati i limiti di esposizione

professionale sulle 8 ore lavorative secondo la normativa italiana (D.Lgs 81/2008 – All. XXXVIII¹ e XLIII) e secondo l’ ACGIH-2010.

Tabella 1: Sostanze individuate e relativi limiti di esposizione professionale					
	Sostanze Inquinanti	TLV-TWA (mg/mc³)		TLV-STEL (mg/mc³)	
		Normativa italiana	ACGIH	Normativa italiana	ACGIH
Idrocarburi alifatici	Pentano	2000	1770		
	Esano	72	176		3500
	Eptano	2085	1639		2050
	Ottano	-	1401		
	Nonano	-	1049		
	Decano	-	-		
	Undecano	-	-		
Idrocarburi aromatici	Benzene	3,25	1,6		8
	Toluene	192	75,36		
	Trimetilbenzene	100	123		
	Xilene	221	434	442	651
	Etiltoluene	-	-		
	Etilbenzene	442	434	884	543

Il JP è una miscela complessa per la quale non esiste uno specifico metodo ufficiale di analisi che permetta la misura della concentrazione delle sostanze volatili emesse. Pertanto è stata caratterizzata la composizione chimica del carburante e messa a punto una metodica di analisi specifica relativa agli inquinanti di nostro interesse (Tabella 1).

Poiché si tratta di un Metodo interno, sono stati sviluppati i parametri di prestazione caratteristici per le prime applicazioni. [3]

In Figura 3 si riporta un esempio cromatogramma relativo ad alcuni analiti indagati.

¹ Come modificato dal Decreto interministeriale 6/8/2012 - Terzo elenco di valori indicativi di esposizione professionale in attuazione della direttiva 98/24/CE del Consiglio e che modifica la direttiva 2009/39/CE della Commissione

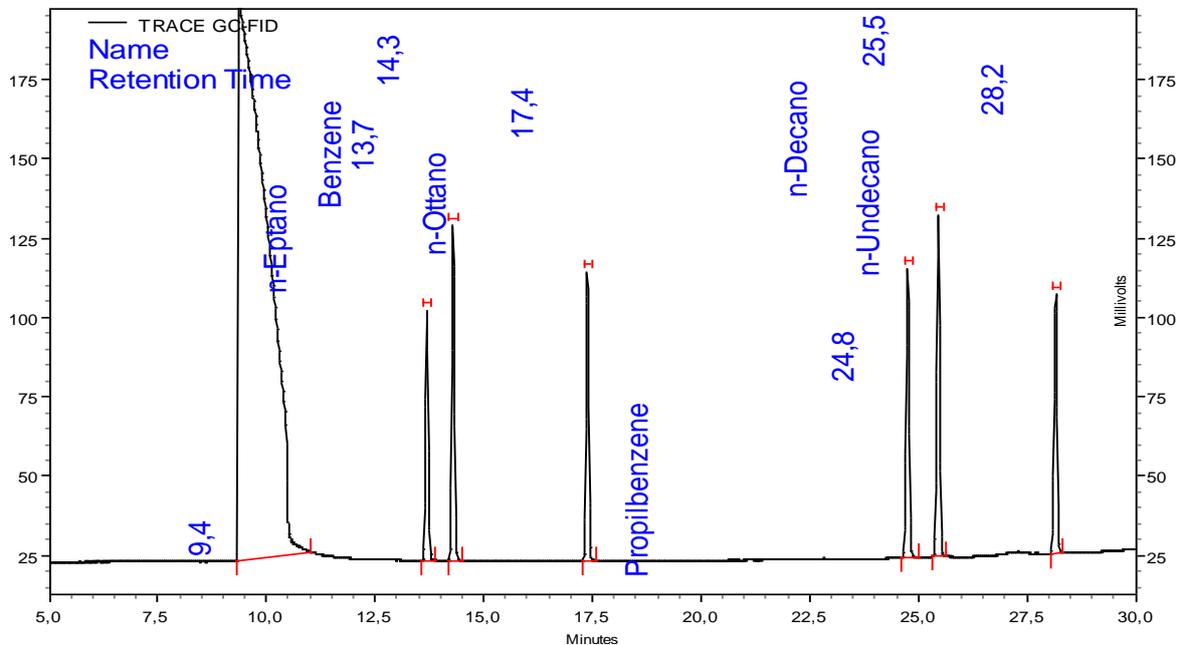


Figura 3: Esempio di cromatogramma

I campionamenti sono stati effettuati seguendo la norma UNI EN 689 [4]; si sono eseguiti sia prelievi personali che ambientali per un tempo rappresentativo dell'intero turno lavorativo.

Il campionamento personale è stato eseguito con una pompa a basso flusso (0.2 l/min) collegata ad una fiala di carbone attivo ed in seguito le analisi sono state effettuate in laboratorio con tecnica gas cromatografica accoppiata a rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID).

Per la misura dell'esposizione a vapori del carburante sono stati effettuati diversi sopralluoghi, che hanno riguardato una industria aeronautica per la produzione velivoli e due piccoli aeroporti stagionali.

In tutti i casi le operazioni di rifornimento carburante venivano eseguite in condizione di ventilazione naturale. Va sottolineato che il carburantista spesso è coinvolto in altre attività connesse alle linee volo, pertanto il monitoraggio è stato condotto per tutta la durata del turno e non solo durante le fasi di rifornimento carburante.

In Tabella 2 sono riportati i risultati ottenuti.

Tabella 2: Campionamento personale, concentrazione dell'inquinante in aria (mg/mc³)

		Campionamento				
Sostanze Inquinanti		A	B	C	D	E
Idrocarburi alifatici	Pentano	4,7	1,3	-	-	0.07
	Esano	0,5	0,4	-	-	-
	Eptano	0,5	0,3	-	0.01	0.16
	Ottano	1,3	0,4	-	0.01	0.21
	Nonano	3,4	0,4	-	-	-
	Decano	1,5	0,9	-	0.01	0.10
	Undecano	0,5	0,8	-	0.01	0.13
Idrocarburi aromatici	Benzene	0,4	0,4	-	-	0.03
	Toluene	0,6	0,6	-	-	0.21
	Trimetilbenzene	0,2	1,1	-	-	-
	Xilene	0,1	-	-	-	-
	Etiltoluene	1,1	1,1	-	-	-
	Etilbenzene	0,3	0.8	-	-	-
	Propilbenzene	-	-	0,01	0,03	0.35

I casi A e B sono relativi ai rifornimenti degli elicotteri, effettuati prevalentemente in hangar, utilizzando il carburante JP-8. Nel caso A, oltre ai rifornimenti, sono state eseguite operazioni di svuotamento del serbatoio per misurare la capacità effettiva della riserva. Infine va sottolineato che i campionamenti A e B sono stati eseguiti rispettivamente nei mesi di settembre e dicembre, quindi in condizione meteorologiche diverse, a cui è riconducibile la leggera differenza dei valori ottenuti.

I casi C, D ed E riguardano, invece, i rifornimenti degli aerei, effettuati direttamente in pista. Nei primi due casi è stato utilizzato il carburante JP-1 nel terzo il Jet A1. Il numero dei rifornimenti

effettuati durante il periodo di campionamento vanno da 1 (caso C) a 6. Inoltre nel caso E sono state effettuate alcune prove di tenuta delle flange di carico del carburante.

Come è evidente, l'esposizione professionale si mantiene sempre al di sotto dei limiti di riferimento (TLV- TWA).

Si evidenzia una differenza tra i casi di rifornimenti di elicotteri e quelli di aerei, riconducibile anche all'ambiente semiaperto nel primo caso (hangar), completamente all'aperto nel secondo (linea volo). Una certa influenza deriva anche dalle altre operazioni effettuate dal carburantista che contribuiscono ad aumentare l'esposizione agli agenti chimici indagati.

Gli stessi monitoraggi sono stati effettuati anche sugli operatori aeroportuali (Figura 4):

- operatore unico aeroportuale, che svolge l'attività manuale di carico e scarico bagagli;
- operatore polivalente di rampa che, oltre alle attività suddette, è abilitato alla guida dei mezzi di movimentazione merci.

Di norma tali figure operano in squadre coordinate da un responsabile delle operazioni sottobordo detto anche addetto alla rampa [5].



Figura 4: Addetti al carico –scarico bagagli

I campionamenti personali degli operatori aeroportuali confermano la non esposizione professionale significativa ad idrocarburi alifatici o aromatici.

Anidride carbonica

L'anidride carbonica (CO₂) è il maggiore prodotto della combustione dei gas di scarico.

Dai sopralluoghi effettuati negli aeroporti civili interessati dal progetto è emerso che sono diverse le mansioni coinvolte nelle operazioni a bordo pista, che possono essere esposte ai prodotti di combustione.

Tra queste sono state individuate alcune attività rappresentative:

- addetto alla rampa;
- operatore aeroportuale.

I rilievi sono stati eseguiti mediante il Monitor Multi gas PGM-50 della Rae Systems, un rilevatore istantaneo di gas che fornisce un monitoraggio continuo dei livelli di concentrazione dei gas (Tabella 3).

Tabella 3: Specifiche del Monitor Multi gas PGM-50 della Rae Systems nella configurazione adottata	
Configurazione:	misura di 1 gas con pompa di campionamento e datalogging
- Misura concentrazione CO ₂	Sensore NDIR (a infrarossi non dispersivo)
- Misura concentrazione VOC	sensore PID (10.6 eV) a banda aperta
flusso pompa di campionamento	150 cc/min
intervallo di datalog	60 sec
calibrazione	due punti di calibrazione (aria pulita e gas standard di riferimento)



Nella seguente Tabella 4 sono riportati i valori limite di esposizione per l’anidride carbonica riportati nel D.Lgs 81/2008 e indicati dall’ACGIH.

Tabella 4: Valori Limite di esposizione CO ₂ (ACGIH 2010)				
CO ₂ (N° cas 124-38-9)	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
D.Lgs. 81/2008 ²	5000	9000	-	-
ACGIH 2010	5000	9000	30000	54000

Dai rilievi è emerso che la concentrazione di anidride carbonica si mantiene intorno ai 400 ppm, durante tutta la fase di assistenza al parcheggio, con un innalzamento al momento dell’arrivo

² Come modificato dal Decreto interministeriale 6/8/2012 - Terzo elenco di valori indicativi di esposizione professionale in attuazione della direttiva 98/24/CE del Consiglio e che modifica la direttiva 2009/39/CE della Commissione

dell'aereo (Figura 5). Valori costanti sono stati rilevati durante la fase di scarico bagagli (Figura 6).

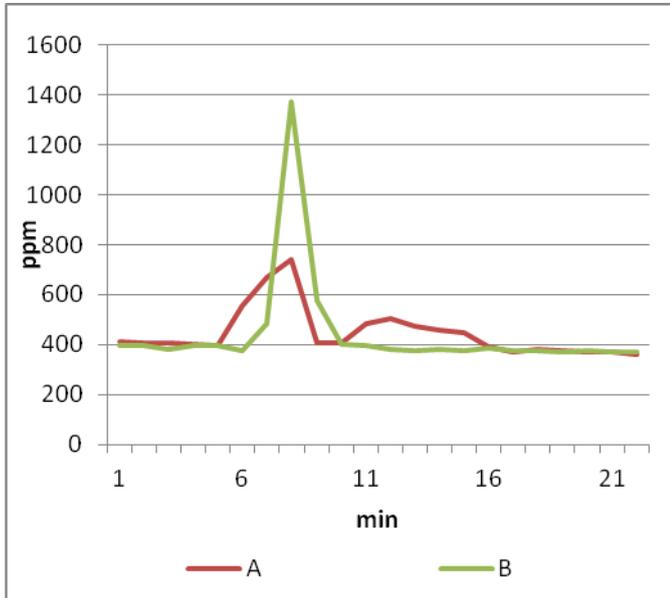


Figura 5: Assistenza al parcheggio

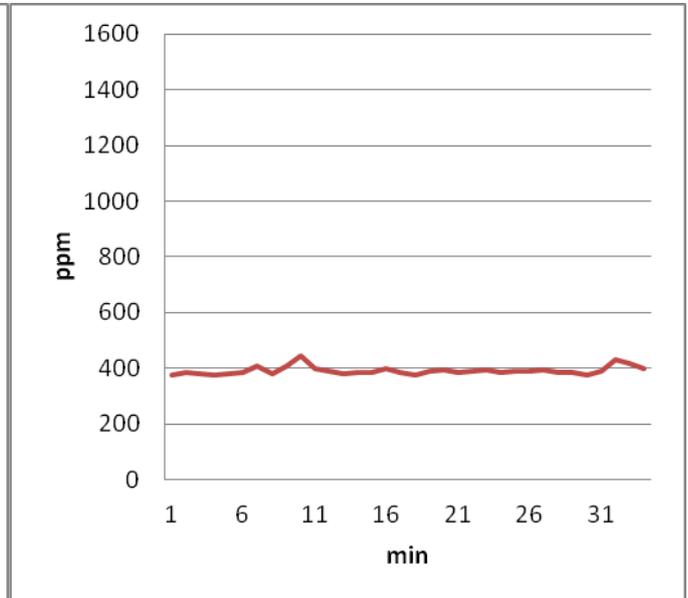


Figura 6: Addetto carico /scarico bagagli

Valori dello stesso ordine di grandezza sono stati riscontrati durante i campionamenti eseguiti nelle aree di stazionamento dei mezzi dei vigili del fuoco.

PERSONALE IN VOLO

L'ambiente all'interno degli aerei costituisce un sistema molto particolare. In uno spazio relativamente piccolo e, parallelamente, per un tempo anche molto lungo, viene a trovarsi un elevato numero di persone; l'attività degli occupanti spazia da una situazione di completa sedentarietà (passeggeri) ad una di grande attività (assistenti di volo).

La vicinanza prolungata di tanti passeggeri, la pressurizzazione dell'ambiente, il basso tasso di umidità e l'esposizione a comuni contaminanti biologici e chimici rendono l'aria meno respirabile e potenzialmente dannosa sia per i passeggeri che per il personale di bordo.

L'aria respirata all'interno dell'aereo è una miscela di aria esterna poi riciclata (Figura 7).

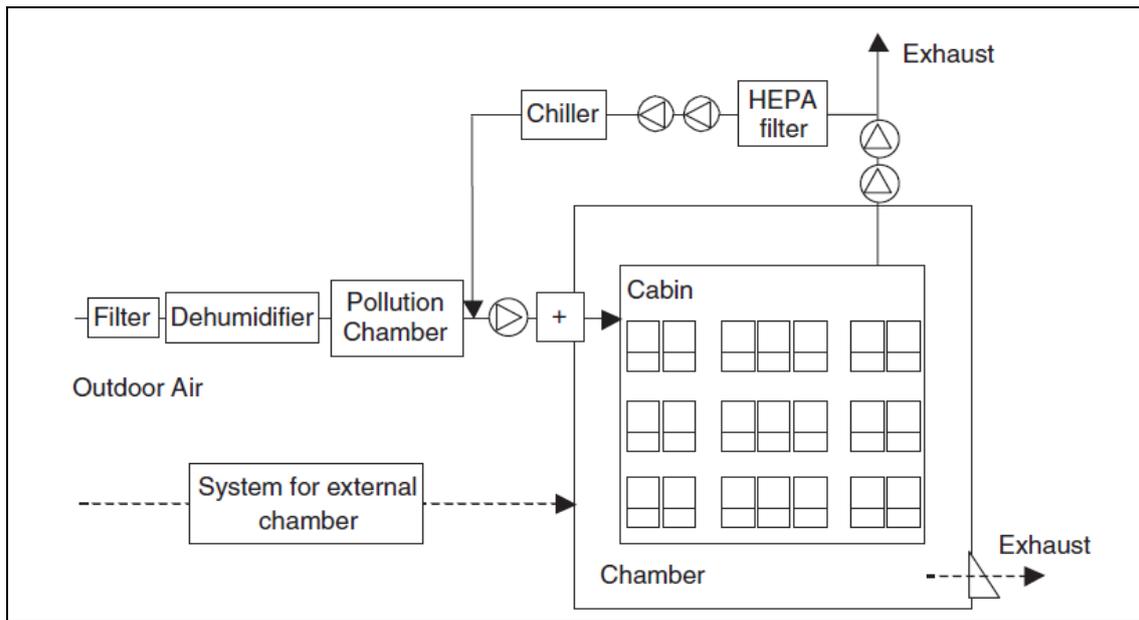


Fig. 7: Schema di un sistema di ventilazione dell'aria [6]

Gli aerei moderni sono equipaggiati con sistemi di controllo ambientale (ECS) che assicurano condizioni di volo sicuri e confortevoli sia per i passeggeri che per l'equipaggio. In questo meccanismo di controllo l'aria esterna è aspirata dal sistema di alimentazione degli aeromobili, miscelata con l'aria filtrata interna ed introdotta in cabina. L'ECS è stato progettato per ridurre gli inquinanti atmosferici che possono eventualmente entrare in cabina dall'esterno e per controllare i valori di pressione, temperatura e umidità dell'aria.

La qualità dell'aria esterna è fondamentale in quanto potrebbe essere potenzialmente contaminata ed essere a sua volta fonte di inquinamento per l'ambiente interno.

Uno studio dell' American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) [7] individua alcune possibili fonti di contaminazione per l'aria interna dei velivoli commerciali; le più significative sono riportate nella seguente Tabella 5

Tabella 5: Possibili contaminanti e fonti	
Fluidi antigelo	Potrebbero essere introdotti all'interno della cabina tramite guarnizioni non perfette.
Fumi esausti	Generati da altri veicoli, potrebbero essere introdotti nell'ambiente di cabina durante le operazioni a terra.
Carburante	Potrebbe essere introdotto nell'ambiente di cabina durante le operazioni di rifornimento.
Fluidi idraulici e olio motore	Potrebbe entrare nella cabina a causa di guarnizioni non perfette.
Ozono	Potrebbe essere introdotto in cabina a causa della ridotta efficienza dei sistemi schermanti.
Pesticidi	Potrebbero derivare dalle operazioni effettuate allo scopo di prevenire l'importazione di insetti o altre specie responsabili della trasmissione di malattie, soprattutto nelle zone tropicali.
Spray e pitture anticorrosione	Potrebbero derivare dall'uso di pitture e vernici usate per prevenire la corrosione.
Solventi	Potrebbero derivare dalle operazioni di pulizia e manutenzione.

Da un esame preliminare dei possibili contaminanti sono stati individuati e monitorati alcuni inquinanti presenti quali: i VOC la CO₂ e l'ozono.

Ozono

Alle alte altitudini di crociera nell'atmosfera si registrano alti livelli di ozono (500–800 ppb, >10000 m; SAE International, 2000) pertanto per evitare che possa penetrare in cabina, quando l'aereo è in quota, sono presenti dei convertitori catalitici al fine di ridurre l'esposizione dei passeggeri e del personale di bordo.

I principali effetti dell'ozono sulla salute sono a carico delle vie respiratorie dove si verifica l'induzione di una risposta infiammatoria e l'alterazioni della permeabilità sia degli epitelii di rivestimento che degli endotelii vascolari. L'insieme di queste alterazioni determina una riduzione della funzione polmonare e, comparsa di iper-reattività bronchiale, fino alla possibile insorgenza di edema polmonare. L'induzione di una risposta infiammatoria in seguito ad esposizione ad ozono è indicata da vari studi sperimentali. In particolare, si ritiene che tale inquinante induca una risposta fisiologica attraverso i tre seguenti meccanismi [8]:

a) modificazione della permeabilità cellulare per fenomeni di perossidazione dei lipidi di membrana;

b) alterazioni della permeabilità delle vie respiratorie per azione distruttiva diretta sui componenti citoscheletrici cellulari;

c) rilascio da parte delle cellule epiteliali ed endoteliali del microcircolo alveolare di vari mediatori pro-infiammatori (citochine, fibronectina, fattore attivante le piastrine, vari metaboliti dell'acido arachidonico).

Alcuni autori, tuttavia, ritengono che le concentrazioni di ozono che si raggiungono dopo inalazione a livello delle vie aeree inferiori non siano sufficienti per indurre di per se stesse un danno diretto sulle mucose respiratorie. In tal caso è stato ipotizzato che a basse concentrazioni l'ozono potrebbe modificare, per fenomeni di ossidazione, i componenti molecolari del sottile strato di muco, che riveste le vie respiratorie con conseguenti alterazioni della sua viscosità con formazione di composti tossici secondari dotati di attività pro-infiammatoria.

Pochi sono gli studi sulla concentrazione degli agenti chimici in volo; uno studio di Spengler et al. [9] riporta valori di ozono in volo compresi tra 0.05 e 0.1 ppm, misurati con campionatori passivi su voli nazionali statunitensi.

In Italia i valori limite di concentrazione e di esposizione per l'ozono attualmente in vigore sono riportati in Tabella 6:

Tabella 6: Valori limite di concentrazione e di esposizione per l'ozono		
AMBIENTE ESTERNO		µg/m³
concentrazione media su 8 ore	110 ⁽³⁾	
concentrazione oraria di "attenzione"	180 ⁽⁴⁾	
concentrazione oraria da non raggiungere più di una volta al mese	200 ⁽⁵⁾	
concentrazione oraria di "allarme"	360 ⁽⁴⁾	
AMBIENTE DI LAVORO (ACGIH 2010)		(mg/m³) (ppm)
TLV-TWA – lavoro pesante (media su 8 ore)	0,05	0,025
TLV-TWA – lavoro moderato (media su 8 ore)	0,08	0,04
TLV-TWA – lavoro leggero (media su 8 ore)	0.10	0,05
TLV- TWA – lavoro inferiore a 2h	0.20	0,10

³ Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16.5.1996

⁴ Decreto del Ministero dell'Ambiente 25/11/1994

⁵ Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28.3.1983

Le campagne di monitoraggio in volo condotte nell'ambito di tale studio hanno riguardato sia voli a medio che a corto raggio. Le misure sono state rilevate sia in cabina pilotaggio (Figura 8), che in cabina passeggeri.



Figura 8: Cabina pilotaggio

Per le indagini è stato utilizzato il misuratore portatile Aeroqual Serie 500 le cui specifiche tecniche sono riportate nella seguente Tabella 7.

Tabella 7: Specifiche tecniche Aeroqual 500	
Unità di misura	ppm
Risoluzione	0.01 ppm
Tempo di risposta	<60 s
Data loggin	4.300 punti
Accuratezza di calibrazione	<0.1 ppm 0-1 ppm; <±15% 1-10 ppm
Intervallo di rivelabilità	0-10 ppm (minimo: 0.01, massimo: 15ppm)



I risultati ottenuti mostrano che i livelli di ozono si sono sempre mantenuti al di sotto di 0.05 ppm, limite indicato dall'ACGIH per esposizioni lavorative di 8 ore nel caso di lavoro leggero e

ben al di sotto del limite di 0.1 ppm indicato per esposizioni lavorative di durata inferiore alle 2 ore, tempo paragonabile a quella dei voli nazionali.

Nel nostro caso è stato possibile effettuare monitoraggi su un numero esiguo di voli e ciò non consente una valutazione esaustiva del rischio, inoltre lo strumento portatile utilizzato effettua misure in continuo e fornisce, quindi, un’indicazione puntuale dei valori di concentrazione e non direttamente un valore di esposizione professionale; tuttavia i risultati estremamente contenuti non hanno confermato la necessità di effettuare campionamenti personali sulle 8 ore lavorative.

Anidride carbonica

La concentrazione di anidride carbonica in un ambiente chiuso è spesso utilizzata come indicatore della qualità dell’aria, valori compresi tra 800 e 1000 ppm sono generalmente considerati come adeguati [10].

Al fine di evidenziare il benessere complessivo del personale di bordo sono state effettuate campagne di monitoraggio in volo e sono stati scelti voli a lungo raggio, in quanto i lavoratori permangono un tempo più lungo nell’aereo

Durante le campagne di monitoraggio i prelievi sono stati eseguiti durante tutte le fasi del volo: decollo, crociera ed atterraggio e sono state indagate le diverse zone dell’aeroplano: cabina di pilotaggio (o cockpit) e cabina passeggeri, come indicato in Figura 9 che riporta una planimetria standard del velivolo A330.

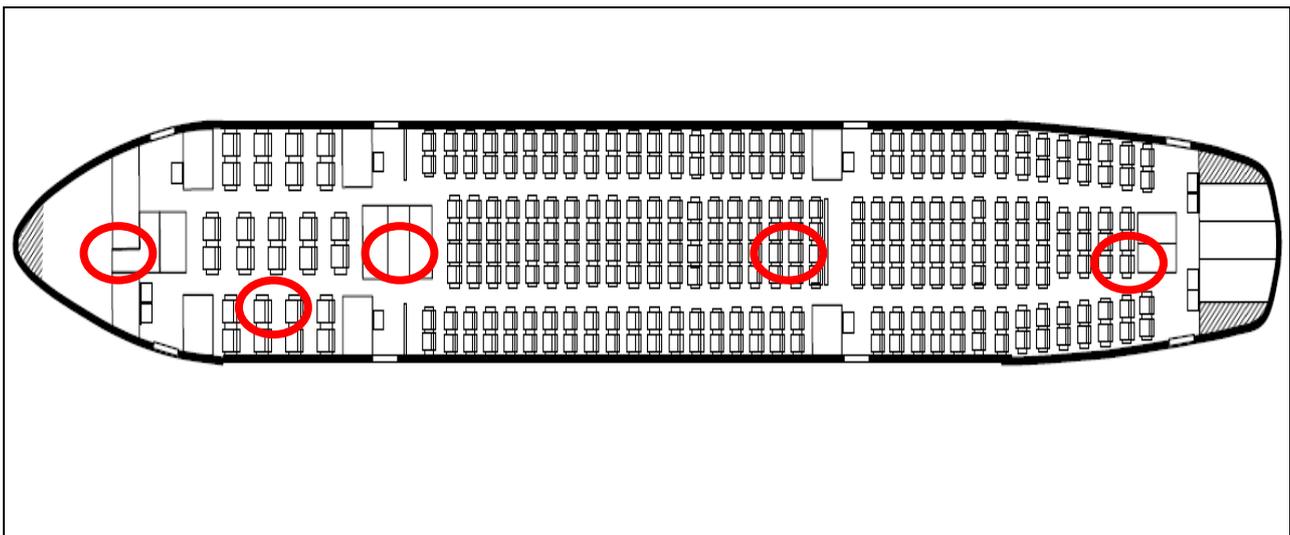


Figura 9: Zone di campionamento durante volo lungo raggio su velivolo A330

Le misure sono state condotte con un misuratore istantaneo, il cui sensore ha le caratteristiche riportate in Tabella 3.

I livelli riscontrati di anidride carbonica sono compresi tra i 400 e i 2000 ppm, mantenendosi pressoché costanti tra 800 e 1000 ppm in fase di crociera. In Figura 11 sono riportati a titolo esemplificativo due casi relativi, rispettivamente, al monitoraggio effettuato presso la postazione occupata dal personale di bordo addetto alla preparazione della colazione (Figura 10) e durante la consumazione della stessa, presso un posto occupato normalmente da un passeggero (3A).



Figura 10: Personale di bordo addetto alla preparazione della colazione

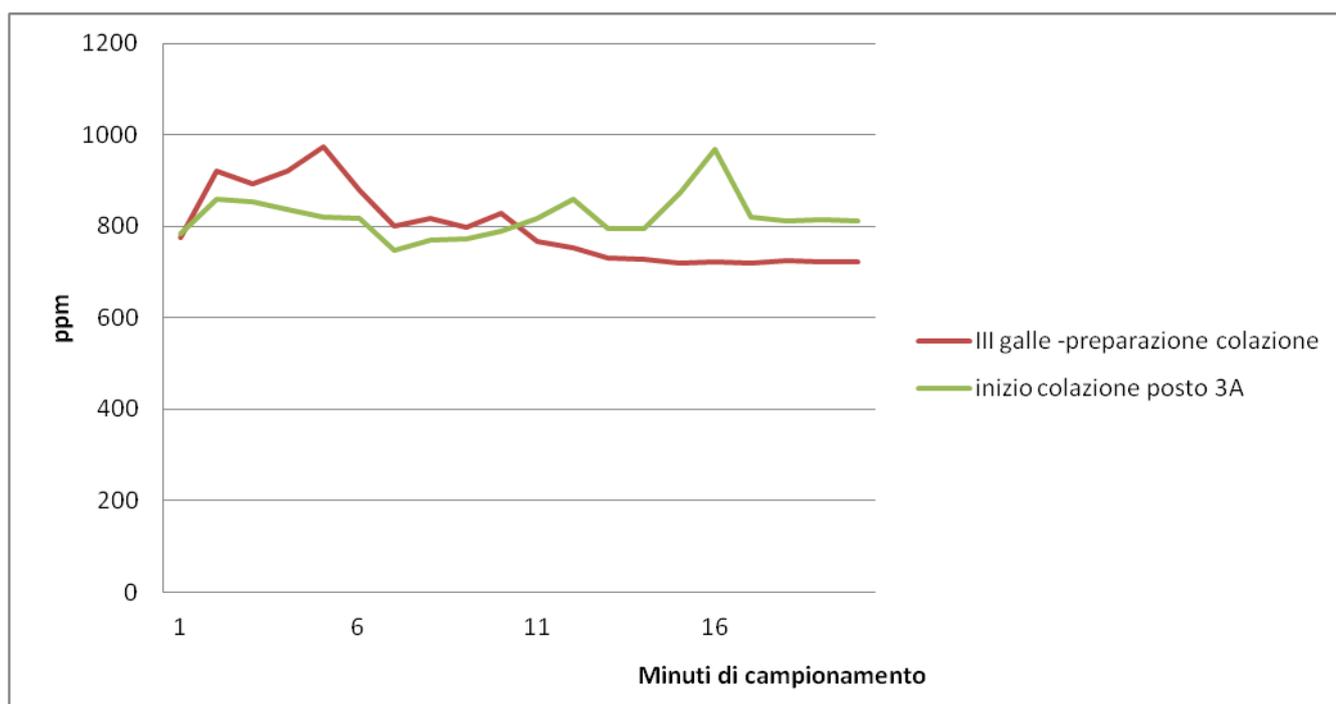


Figura 11: Concentrazione dell'anidride carbonica in volo

I valori più elevati si registrano nella fase di rullaggio e decollo, sia in cabina di pilotaggio che nella postazione occupata dal personale di bordo.

Lo stesso andamento è riportato nello studio condotto in Inghilterra [10] e questo è stato attribuito al funzionamento del sistema di ventilazione non è ancora a regime come nella fase di crociera che potrebbe verificare l'ingresso in cabina di altri inquinanti provenienti dall'esterno.

I risultati complessivi mostrano, comunque, valori di anidride carbonica sempre molto al di sotto del limite di esposizione professionale (D.Lgs. 81/2008 e ACGIH -Tabella 4) che è pari a 5000 ppm (TLV-TWA).

Come prevedibile, i livelli dell'anidride carbonica in cabina di pilotaggio risultano, in valore assoluto, maggiori nei decolli successivi al primo, quando la sosta è breve, e ciò è sicuramente riconducibile al mancato rinnovo di aria nella cabina (Figura 12).

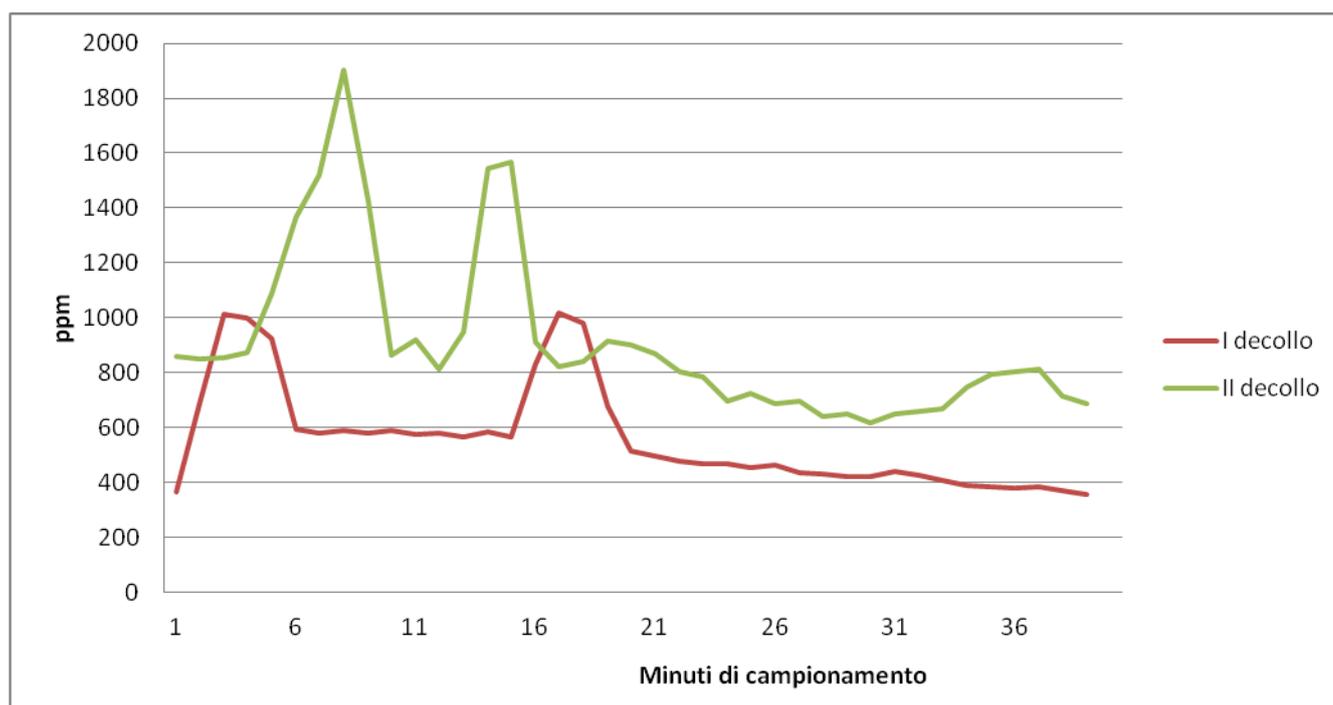


Figura 12: Valori di anidride carbonica in cabina di pilotaggio durante la fase di decollo

Composti Organici Volatili

La classe dei Composti Organici Volatili (VOC) comprende una serie molto vasta di sostanze, alcune delle quali possono essere presenti nell'interno dell'aereo o perché introdotte dall'esterno o perché rilasciate dai prodotti usati ad esempio per la pulizia (Tabella 5). La concentrazione di tali sostanze è tipicamente più alta in ambienti chiusi. Non sono stati stabiliti

limiti di esposizione professionale relativamente ai Composti Organici Volatili totali, anche se esistono limiti per alcune delle singole sostanze.

Le campagne di monitoraggio sono state condotte sui voli a corto e lungo raggio, utilizzando un rilevatore portatile le cui caratteristiche tecniche sono riportate in Tabella 3.

I valori complessivi sono sempre risultati inferiori a 2 ppm, per tale motivo non si è ritenuto necessario effettuare anche campionamenti personali con fiala per l'intero turno lavorativo.

CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati è evidente che tutti gli inquinanti monitorati presentano concentrazioni basse senza superamenti dei valori limite di esposizione professionale; quindi nelle condizioni ambientali e con le precauzioni, procedurali e tecniche adottate è minimizzata l'esposizione dei lavoratori.

Nel caso del personale di terra che opera in linea volo la presenza di agenti chimici potenzialmente pericolosi richiede una costante attenzione nella esecuzione delle operazioni in particolare per quelle afferenti alla mansione di carburantista.

Formazione, informazione e sensibilizzazione degli operatori restano gli obiettivi da perseguire per ottenere, il rispetto delle procedure di lavoro emanate dal servizio di prevenzione e protezione e la partecipazione attiva al processo di miglioramento della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro.

Nel caso degli operatori di bordo i valori degli agenti chimici monitorati in volo sono assolutamente cautelativi per la salute. In questo caso è fondamentale porre particolare attenzione alla manutenzione e al corretto funzionamento dei sistemi di aereazione, poiché eventuali malfunzionamenti potrebbero portare ad un innalzamento anche preoccupante dei livelli di inquinanti.

BIBLIOGRAFIA

[1] Chris Winter, *Hazardous chemicals on Jet aircraft: case study-jet engine oils and aerotoxic syndrome*, Current topic in toxicology, 2006, 3, 65-88

- [2] E. Pahula et al, *Jet fuel exposure in the United States air force*, Appl. Occup. Environ. Hyg. 1997, 12(9)
- [3] Barra M.I., Fizzano M.R, Novembre G.: *Caratterizzazione del carburante per velivoli aeronautici ai fini della valutazione del rischio da esposizione professionale - 5° Seminario di aggiornamento dei professionisti Contarp – Taormina 6-8 novembre 2007.*
- [4] UNI EN 689, *Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite a strategie di misurazione, 1997*
- [5] I. Martinotti, P. E. Ciria, A. Todaro, *Ricerca ISPESL B1/n°2/DOC/05 - I profili di rischio nei comparti produttivi dell'artigianato, delle piccole e medie industrie e pubblici esercizi: facchinaggio aeroportuale, asfaltatori - comparto "facchinaggio aeroportuale", 2009*
- [6] Gyo ngyi Tama' sa et al., *Factors affecting ozone removal rates in a simulated aircraft cabin environment* , Atmospheric Environment 2006, 40, 6122–6133
- [7] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, *Air quality within commercial aircraft*, standard 161-2007
- [8] Chellini E., Barletta E., Chetoni L., *Gli effetti dell'ozono sulla salute umana*, www.comune.firenze.it/arpaspeciale-ozono/ozono.salute.htm
- [9] Spengler JD, Ludwig S, Weker RA, *Ozone exposures during transcontinental and trans-Pacific flights*, Indoor Air 2004;14(Suppl 7): 67– 73.
- [10] Ross D, Crump D, Hunter C, Perera E, Sheridan A ,*Client report : extending cabin air measurements to include older aircraft types utilised in high volume short haul operation*, BRE Environment, 2003