

Prof. Ing. GIORGIO CUCCHI

INGEGNERE NUCLEARE

ESPERTO QUALIFICATO DI 3°

n. 59

SEGRETARIO GENERALE ANPEQ

40135 BOLOGNA

via del Genio n. 5/10 – tel. e fax. 051.434736

Uff. – tel. 051.6441716, fax 051.6441747

E-mail: giorgio.cucchi@mail.ing.unibo.it

Tel. Cell. 335.397539

ALITALIA – Linee Aeree Italiane S.p.A.
Via A. Marchetti n. 111
00148 ROMA

RELAZIONE DI RADIOPROTEZIONE
RELATIVA
ALL'ESPOSIZIONE AI RAGGI COSMICI
DEL PERSONALE NAVIGANTE

Relazione di cui all'art. 10-ter del D. Lgs. 230/95 integrato dal D. Lgs. 241/00

AEROPORTO DI FIUMICINO – 29/10/2003

INDICE

1. DESCRIZIONE DELLA FLOTTA AEREA

- Con particolare riguardo alla possibilità di superare le quote di volo rispettivamente di 8000 m e di 15000 m

2. CARATTERISTICHE DELLE RADIAZIONI COSMICHE

- Generalità
- Radiazione galattica e solare
- Radiazione primaria e secondaria
- Ciclo dell'attività solare
- Quota di volo e latitudine

3. VALUTAZIONE DI DOSE AL PERSONALE NAVIGANTE

- Dose da radiazioni e valori limite
- Il Codice di calcolo CARI
- Contratto di lavoro
- Modalità e frequenza di valutazione della dose
- Classificazione del Personale Navigante relativamente all'esposizione ai raggi cosmici

4. PROVVEDIMENTI DI SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE

- Validazione del codice CARI effettuata con misure su aeromobili in volo su due rotte di lungo raggio a latitudini diverse
- Modalità di programmazione dei turni del Personale Navigante
- Formazione e informazione del Personale Navigante, con particolare riguardo all'allontanamento delle gestanti dall'attività di volo
- Istruzioni per il personale pilota

1. DESCRIZIONE DELLA FLOTTA AEREA

La flotta aerea di ALITALIA - Linee Aeree Italiane S.p.A., è composta da aeromobili dei seguenti modelli:

- BOEING B777,
- BOEING B767/300 ER,
- BOEING B747,
- MC DONNELL DOUGLAS MD80,
- MC DONNELL DOUGLAS MD11,
- AIRBUS A 320 Family.

Tutti gli aeromobili della flotta ALITALIA – Linee Aeree Italiane, di regola volano a quote inferiori a 15000 metri e superiori a 8000 metri.

2. CARATTERISTICHE DELLE RADIAZIONI COSMICHE

Generalità

Non rientra negli scopi di questa relazione descrivere approfonditamente le caratteristiche delle radiazioni cosmiche e la loro origine, ma più semplicemente esaminare le cause che determinano una maggiore o minore esposizione del Personale Navigante di ALITALIA-Linee Aeree Italiane, per poter ridurre al minimo il rischio collegato a questo fenomeno naturale.

Nel descrivere le caratteristiche delle radiazioni cosmiche ci limiteremo quindi agli aspetti essenziali che ci interessano.

Radiazione galattica e solare

I raggi cosmici possono essere sia di provenienza galattica che solare. La componente galattica dà il contributo principale all'esposizione del Personale Navigante e risulta composta dalle seguenti particelle:

- protoni di alta energia (85%), fino a $1.E+14$ MeV (energia media pari a 300 MeV);
- nuclei di elio (12%);
- ioni pesanti HZE (1%), sono presenti tutti gli elementi chimici conosciuti;
- elettroni (2%).

Il sole ha una attività intensa e permanente (vento solare – *Solar Wind*) durante la quale si ha emissione di radiazioni corpuscolari (protoni ed elettroni) ed elettromagnetiche di bassa energia con variazioni del campo magnetico associato. I raggi cosmici di *provenienza solare* sono abitualmente meno importanti per la dosimetria del Personale Navigante poichè il loro contributo alla dose alla quale sono esposti gli equipaggi durante il volo non supera di regola un terzo della dose dovuta alle radiazioni galattiche.

Radiazione primaria e secondaria

Le particelle che costituiscono la radiazione cosmica quando entrano nell'atmosfera terrestre interagiscono con gli atomi e le molecole dell'aria e producono una radiazione secondaria costituita principalmente da neutroni (nonchè protoni e pioni con i loro prodotti di decadimento e cioè muoni, elettroni, raggi gamma e neutrini). Anche l'interazione con il materiale di cui è composto l'aeromobile dà luogo ad emissione di particelle secondarie, in particolare neutroni di "spallazione" se il materiale ha una densità elevata.

Ciclo dell'attività solare

L'attività solare varia con un ciclo di 11 anni, raggiungendo un massimo ed un minimo nella emissione del vento solare e nel valore del campo magnetico associato. Poiché le radiazioni galattiche prima di arrivare sulla terra interagiscono con il campo magnetico associato al vento solare, l'intensità dei raggi cosmici di provenienza galattica che entra nell'atmosfera terrestre è più elevata durante i periodi di bassa attività solare.

Il sole presenta inoltre il fenomeno delle eruzioni solari (*Solar Flare*) costituite da flussi di protoni che raramente arrivano fino all'atmosfera terrestre ed in particolare alle quote dei veicoli commerciali. Nel periodo di massima solare si hanno circa 10 eruzioni per anno, mentre nel periodo di minima si ha in media una eruzione per anno. Nel corso della eruzione vengono emessi principalmente protoni, elio e ioni pesanti, di energia fino a parecchi GeV. In media il 3% dei "solar flares" emette radiazioni che raggiungono la quota di volo dell'aviazione commerciale.

Come abbiamo già scritto, sia il vento solare che le eruzioni solari non incidono particolarmente sul rateo di dose a cui è esposto il Personale Navigante nei voli commerciali, poichè il loro contributo alla dose non supera abitualmente un terzo della dose dovuta alle radiazioni galattiche. Non possiamo tuttavia totalmente escludere eventi eccezionali di bassissima probabilità, come la vera e propria tempesta solare (*Solar Storm*) che ha avuto luogo il 23 febbraio 1956.

A questo proposito la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), agenzia scientifica incaricata, tra l'altro, di prevedere le condizioni ambientali nello spazio (*Space Weather*) per gli Stati Uniti d'America ha elaborato le cosiddette "Scale NOAA" per le condizioni ambientali nello spazio, a similitudine delle scale Richter per i terremoti e delle scale Fujita per i tifoni.

Si va dalla scala S1 (*Minor*) alla scala S5 (*Extreme*) valutando i seguenti effetti dovuti all'eruzione solare: biologici, interferenze sui satelliti artificiali, influenze sui sistemi di comunicazione.

Fortunatamente solo nella scala S5, di probabilità bassissima, il rateo di dose al Personale Navigante alle quote commerciali può portare a dosi elevate. Tuttavia già nella scala S4 sono consigliati provvedimenti per ridurre la dose assorbita dal Personale Navigante, in particolare su alcune rotte.

Quota di volo e latitudine

Il flusso di radiazioni cosmiche risulta praticamente costante fra i 150 km ed i 50 km di altitudine. Alla quota di 50 km il flusso comincia a crescere per il contributo delle particelle secondarie fino a raggiungere un massimo a circa 20 km (massimo di Pfozter) per poi calare fino al livello del mare a causa dell'assorbimento da parte dell'atmosfera.

I raggi cosmici devono anche interagire con il campo magnetico terrestre prima di entrare nell'atmosfera. In particolare l'interazione è maggiore all'equatore dove le radiazioni sono dirette perpendicolarmente al campo magnetico, mentre è praticamente nulla ai poli dove le radiazioni risultano parallele alle linee di campo magnetico.

La differenza del rateo di dose fra i poli e l'equatore diminuisce con il diminuire dell'altezza poichè le particelle di energia minore vengono sia deflesse più facilmente dal campo magnetico terrestre che più facilmente attenuate dall'atmosfera. A livello del mare quindi il rateo di dose risulta influenzato molto poco dalla latitudine.

Da quanto riportato si comprende l'importanza della latitudine e della quota di volo per valutare l'esposizione del Personale Navigante alle radiazioni cosmiche.

3. VALUTAZIONE DI DOSE AL PERSONALE NAVIGANTE

Dose da radiazioni ionizzanti e valori limite

Il rischio collegato all'esposizione del Personale Navigante alle radiazioni cosmiche viene quantificato introducendo una grandezza che prende il nome di dose efficace e che corrisponde all'energia dissipata dalle radiazioni nel corpo umano per unità di massa.

L'unità di misura della dose efficace è il sievert (Sv) che equivale ad 1 joule di energia dissipata in un kg di tessuto umano.

Il limite di dose per anno per il personale esposto alle radiazioni è pari a 20 mSv (millisievert), mentre il limite di dose per la popolazione è pari a 1 mSv per anno. Nel valutare la dose alla popolazione non si conteggiano i contributi dovuti a indagini o terapie mediche e alla radioattività naturale.

Il Personale Navigante che vola a quote superiori a 8000 m può superare il valore limite di dose per la popolazione e quindi deve venire considerato a tutti gli effetti come "personale esposto alle radiazioni ionizzanti".

E' comunque da tenere presente che il limite di dose per la popolazione non rappresenta una "soglia di rischio" ma un valore di riferimento che distingue in questo settore il personale esposto dalla popolazione nel suo insieme.

Il Codice di calcolo CARI

Il D. Lgs. 230/95 integrato dal D. Lgs. 241/00 individua il Personale Navigante *che effettua voli a quote non inferiori a 8000 m*, fra i soggetti suscettibili di ricevere una dose efficace superiore a 1 mSv per anno solare e prescrive di effettuare la valutazione della dose ricevuta "mediante appositi codici di calcolo, accettati a livello internazionale".

ALITALIA - Linee Aeree Italiane utilizza per la valutazione il codice di calcolo CARI 6 che è stato sviluppato negli USA dal Civil Aviation Medicine Institute (CAMI) e dalla Federal Aviation Authority (FAA).

Il programma elabora una "dose rotta" cioè la dose efficace assorbita su una determinata rotta in base alla data ed al profilo caratteristico del volo.

La somma delle dosi rotta porta alla valutazione della dose efficace per anno per persona.

Contratto di lavoro

Sulla base dell'attuale contratto di lavoro le ore di volo del Personale Navigante di ALITALIA - Linee Aeree Italiane non devono superare le 770 ore per anno. Il Personale Navigante in Italia non può comunque superare il limite di 1000 ore di volo per anno imposto dalle Autorità competenti.

Modalità e frequenza di valutazione della dose

La valutazione della dose ricevuta dal Personale Navigante della società ALITALIA - Linee Aeree Italiane è effettuata attraverso il codice di calcolo CARI 6, *validato da misure effettuate su aeromobili in volo su due rotte a lungo raggio a latitudini diverse*, così come richiede l'All. I-bis al D. Lgs. 230/95 integrato dal D. Lgs. 241/00.

La valutazione della dose ricevuta nel 2002 dal Personale Navigante è stata effettuata ed i relativi dati sono stati inviati ai diretti interessati e sono ora conservati in apposito sistema di elaborazione automatica, secondo quanto indicato nel comma 13 dell'All. XI al D. Lgs. 230/95 integrato dal D. Lgs. 241/00.

Classificazione del Personale Navigante relativamente all'esposizione ai raggi cosmici

Sulla base dei risultati di cui al paragrafo precedente, il sottoscritto ha provveduto a classificare il Personale Navigante di ALITALIA - Linee Aeree Italiane come:

"personale esposto di Categoria B", ai sensi del D. Lgs. 230/95 integrato dal D. Lgs. 241/00, in quanto tale personale è suscettibile di superare il valore limite di dose efficace per la popolazione, pari a 1 mSv/anno, ma non è suscettibile di superare il valore limite di 6 mSv/anno, che comporterebbe la classificazione in Categoria A.

4. PROVVEDIMENTI DI SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE

Validazione del codice CARI effettuata con misure su aeromobili in volo su due rotte di lungo raggio a latitudini diverse

Con il Gruppo di Spettrometria e Dosimetria dei neutroni dell'INFN di Torino e con l'assistenza del Servizio di Prevenzione e Protezione dell'ALITALIA, è stata effettuata una campagna di misure con dosimetri passivi per neutroni e radiazioni gamma sulle rotte Roma-Tokio-Malpensa, Roma-Tokio-Roma e Roma-Buenos Aires-Roma, nel periodo 2002 - 2003. Sono inoltre in corso contatti con il Centro Comune di Ricerca dell'EURATOM a ISPRA (VA) per effettuare una nuova campagna di misure di raggi cosmici sugli aeromobili dell'Alitalia a partire dal 2004. A questa campagna sono state invitate a partecipare anche altre Compagnie aeree.

Modalità di programmazione dei turni del Personale Navigante

Il procedimento di turnazione dei Piloti e quello del Personale Navigante di Cabina, già operativi, in linea di massima garantiscono una turnazione tale da esporre i vari gruppi omogenei allo stesso valori di dose di radiazioni cosmiche.

Il procedimento verrà anche controllato dal sottoscritto che esaminerà le dosi assorbite con frequenza trimestrale e potrà intervenire se si evidenziano dei lavoratori maggiormente esposti rispetto alla media.

Formazione e informazione del Personale Navigante, con particolare riguardo all'allontanamento delle gestanti dall'attività di volo

A tutto il Personale Navigante del Gruppo Alitalia viene distribuita una pubblicazione su "Le radiazioni cosmiche" realizzata dal Servizio Prevenzione e Protezione di Alitalia-Team in collaborazione con le direzioni Assistenti di volo e Servizi di Bordo, Operazioni Volo e Risorse Umane di Alitalia-Team, con la direzione Risorse Umane di Alitalia-Express, e con il Servizio Medicina del Gruppo Alitalia.

Si ricorda inoltre che da molti anni il personale femminile del Gruppo Alitalia si astiene dalle attività di volo sin dal momento della comunicazione dello stato di gravidanza e per tutta la sua durata.

Istruzioni particolari per il personale pilota

Ai sensi del comma 2, lettera b) dell'Art. 10-octies, del D. Lgs. 230/95 integrato dal D. Lgs. 241/00, è necessario fornire al personale pilota istruzioni "informate agli orientamenti internazionali in materia" sulle modalità di comportamento in caso di aumentata attività solare per ridurre la dose al Personale Navigante.

L'art. 10-septies affida ad una Sezione speciale della Commissione tecnica per le esposizioni a sorgenti naturali di radiazioni il compito, al comma 1 lettera g), di: *"formulare indicazioni per la sorveglianza e per gli interventi di radioprotezione ai fini dell'adozione di eventuali provvedimenti per il personale navigante"*.

Di fronte alla mancanza di queste indicazioni e tenuto conto che la Sezione speciale della Commissione tecnica, della quale dovrebbe essere chiamato a far parte anche un rappresentante dell'ENAC, non è neppure stata ancora nominata dalle Autorità preposte, il sottoscritto, in qualità di Esperto qualificato per le radiazioni cosmiche del Gruppo ALITALIA ha elaborato, in collaborazione con il Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione di ALITALIA - Linee Aeree Italiane, le seguenti indicazioni di massima consigliate in caso di necessità per ridurre la dose al Personale Navigante.

In presenza di **situazione S-4 (Severe)** si consiglia di dare ai piloti le seguenti indicazioni:

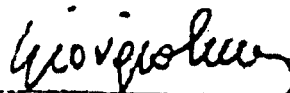
- non superare la quota di 9.000 m sulle rotte a lungo raggio a latitudine superiore a 50°;
- non superare la quota di 10.000 m sulle rotte a lungo raggio a latitudine comprese fra 45° e 50°;
- non superare la quota di 11.000 m sulle rotte a lungo raggio a latitudine uguale o inferiore a 45°;

per l'intero periodo della tempesta solare.

In presenza di **situazione S-5 (Extreme)** si consiglia di non effettuare voli.

Aeroporto di Fiumicino, 29/10/2003

In fede



Prof. Ing. Giorgio CUCCHI
Esperto qualificato Gruppo ALITALIA
per le radiazioni cosmiche