

## **Il traffico aereo come fattore d'inquinamento ambientale e danno alla salute.**

Antonella Litta

medico di medicina generale, specialista in Reumatologia,  
referente per la provincia di Viterbo dell'Associazione italiana medici per l'ambiente (International Society of Doctors for the Environment - Italia) [www.isde.it](http://www.isde.it)  
e-mail: [isde.viterbo@libero.it](mailto:isde.viterbo@libero.it); [antonella.litta@libero.it](mailto:antonella.litta@libero.it)

\*

Nell'ultimo decennio, il traffico aereo ha registrato una fase di crescita costante soprattutto per quanto riguarda il settore del trasporto merci e quello dei voli low cost, solitamente legato al turismo definito anche "mordi e fuggi".

Solo una minima parte della popolazione mondiale viaggia in aereo mentre le drammatiche conseguenze del surriscaldamento climatico, derivanti anche dal trasporto aereo, sono subite dall'intera umanità in termini di desertificazione, alluvioni, cicloni, sconvolgimenti climatici così gravi che determinano distruzioni e carestie in aree sempre più estese del pianeta e incrementano il fenomeno forzato delle migrazioni soprattutto dal continente africano ed asiatico.

Il traffico aereo contribuisce in ingente misura alle emissioni di anidride carbonica- le stime internazionali indicano da un minimo del 3% ad un massimo del 10%- contribuendo così in maniera decisiva all'effetto serra e all'inquinamento dell'aria.

Le persone che vivono in prossimità di scali aeroportuali sono costrette a subire oltre all'inquinamento dell'aria anche quello acustico ed elettromagnetico.

Secondo le stime di Eurocontrol ([www.eurocontrol.int](http://www.eurocontrol.int)), un'organizzazione, cui partecipano 38 Stati europei e il cui scopo principale è di sviluppare e mantenere un efficiente sistema di controllo del traffico aereo a livello europeo, il numero dei voli nell'Unione Europea raddoppierà nel 2020 rispetto al 2003 e così l'entità delle emissioni nocive da trasporto aereo.

Il traffico aereo si configura così sempre più come un elemento d'inquinamento ambientale e danno alla salute.

\*

Le emissioni

Le emissioni prodotte dai motori degli aerei, alimentati con il cherosene (una miscela composta da diversi tipi di idrocarburi), sono generalmente simili per composizione a quelle generate dalla combustione di altri carburanti fossili ma contribuiscono fortemente all'effetto serra perché sono rilasciate direttamente nell'atmosfera nella parte più alta della troposfera e in quella più bassa della stratosfera, e per questo sono ancora più dannose.

Queste emissioni, costituite da gas e polveri, alterano la concentrazione dei gas serra naturali, a cominciare dall'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>) e il metano (CH<sub>4</sub>); innescano la formazione di scie di condensazione e aumentano gli addensamenti di nubi contribuendo fortemente, anche in questa maniera, al surriscaldamento climatico .

\*

L'atmosfera terrestre

L'atmosfera terrestre è una struttura complessa. È divisa in più strati, che in ordine di altezza sono: la Troposfera, la Stratosfera, la Mesosfera, la Ionosfera, e l'Esosfera. La sua composizione chimica media al suolo è data da: Azoto (N<sub>2</sub>): 78,08%, Ossigeno: (O<sub>2</sub>) 20,95%, Argon (Ar): 0,93%, Vapore acqueo (H<sub>2</sub>O): 0,33% in media (variabile da circa 0% a 5-6%), Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>): 0,032%, Neon (Ne): 0,00181%, Elio (He): 0,0005%, Metano (CH<sub>4</sub>): 0,0002%, Idrogeno (H<sub>2</sub>): 0,00005%, Kriptone (Kr): 0,000011%, Xenone (Xe): 0,000008%, Ozono (O<sub>3</sub>): 0,000004%. Sono anche presenti, in tracce, Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), Monossido di carbonio (CO), Ammoniaca (NH<sub>3</sub>), Biossido di

zolfo (SO<sub>2</sub>), Solfuro di idrogeno (H<sub>2</sub>S). Non tutti gli strati hanno le stesse concentrazioni di gas, ad esempio il vapore acqueo è presente quasi soltanto nella troposfera, lo strato più basso, ed è praticamente assente nella termosfera e nell'esosfera, che viceversa contengono quasi tutto l'elio e l'idrogeno. L'ozono è un gas, contenuto in massima parte nella stratosfera, e qui forma un importante schermo di protezione dalle radiazioni solari ultraviolette. Nell'alta troposfera e nella bassa stratosfera le emissioni di ossidi di azoto degli aerei tendono ad accrescere la quantità di ozono ed hanno come conseguenza il potenziamento dell'effetto serra. Ad altitudini maggiori (circa 18 Km) le emissioni di ossidi di azoto degli aerei supersonici tendono a ridurre il quantitativo di ozono mentre a livello della superficie terrestre ne aumentano il quantitativo e quindi i suoi effetti tossici sulla salute: irritazione degli occhi e irritazione e danno delle alte e basse vie respiratorie, disturbi e danni al sistema cardiocircolatorio, specialmente nei bambini e negli anziani, e danni all'ambiente in quanto l'ozono è corresponsabile del fenomeno delle piogge acide.

I danni provocati dall'ozono atmosferico riguardano in particolare l'agricoltura e il patrimonio boschivo. Gli effetti su alberi e piante si manifestano con defoliazione, variazioni del colore, arricciamento e macchiatura delle foglie e cali d'accrescimento radiali. Tra le piante ad alto fusto il faggio e il pioppo sono fra le più sensibili all'inquinamento da ozono mentre le colture che subiscono più danno anche i termini di resa, sono il frumento, l'orzo, la soia, il trifoglio, l'erba medica.

L'inquinamento da ozono rappresenta anche un potenziale rischio per la biodiversità perché tende a far scomparire o ridurre il numero delle specie vegetali.

L'ozono si comporta quindi in modo diverso a seconda della sua altezza nell'atmosfera: l'ozono presente nella stratosfera ha un effetto eco-protettivo, in quanto protegge dai raggi ultravioletti (UV) del sole che favoriscono i tumori della pelle; l'ozono presente nella troposfera risulta invece un inquinante molto dannoso in dipendenza della dose e del periodo di esposizione.

\*

Gli studi

La letteratura scientifica e gli studi sull'impatto ambientale e sanitario del trasporto aereo sono ormai sempre più numerosi.

Uno studio particolarmente importante, pubblicato nel 1999, *Special Report on Aviation and the Global Atmosphere*, svolto per la prima volta dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in collaborazione con lo Scientific Assessment Panel to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, su incarico dell'International Civil Aviation Organization (ICAO), ha cominciato a studiare l'impatto del trasporto aereo sul clima e l'ozono.

Un altro importante studio: *Aircraft Particulate Matter Emission Estimation Through all Phases of Flight*, di Alexander Kugele, commissionato e finanziato dall'ente Eurocontrol, ha analizzato in dettaglio le emissioni di polveri, particolato grossolano, sottile ed ultrasottile (PM) in tutte le fasi del volo, oltre ai tradizionali gas rilasciati nelle emissioni dei motori: l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), gli idrocarburi, il vapore acqueo (H<sub>2</sub>O). Lo studio ha evidenziato come le fasi del decollo e dell'atterraggio siano quelle in cui vengono immessi nell'aria i quantitativi maggiori di polveri.

Gli effetti sulla salute dei principali inquinanti gassosi possono così essere riassunti:

- gli Ossidi di Azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) provocano: irritazione dell'apparato respiratorio, degli occhi, bronchiti e malattie cardiovascolari.
- I biossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) provocano: irritazione delle mucose nasali e malattie respiratorie.
- Il monossido di Carbonio (CO) riduce il legame tra emoglobina e l'ossigeno (O<sub>2</sub>) provocando disturbi psicomotori, danno al sistema respiratorio, vascolare e nervoso.

\*

## Il particolato

Il termine particolato, indicato con la sigla PM da Particulate Matter, designa piccolissime particelle solide o liquide del diametro dei micron (la millesima parte di un millimetro) che rimangono sospese nell'aria per periodi variabili e dipendenti dalla loro massa e diametro prima di ricadere al suolo. Le particelle hanno un diametro che può variare da un paio di nanometri fino a 100 micron (un nanometro è la millesima parte di un micron, la milionesima di un metro).

Si indicano con la sigla PM10 tutte le particelle con diametro inferiore a 10 micron (in sigla  $\mu\text{m}$ ), pertanto il PM2,5 è un sottoinsieme del PM10, che a sua volta è un sottoinsieme del particolato grossolano, cioè particolato sedimentabile di dimensioni superiori ai 10  $\mu\text{m}$ , non in grado di penetrare nel tratto respiratorio superando la laringe, se non in piccola parte.

Il PM10 - particolato formato da particelle inferiori a 10  $\mu\text{m}$  (un centesimo di millimetro) - è una polvere inalabile, ovvero in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso e laringe). Le particelle di diametro tra 5 e 2,5  $\mu\text{m}$  si fermano prima dei bronchioli. Il PM2,5 - particolato fine con diametro inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$  (un quarto di centesimo di millimetro) -, è una polvere in grado di penetrare ancora più profondamente nei polmoni fino agli alveoli dove avvengono gli scambi gassosi tra sangue e aria.

Per dimensioni ancora più piccole (particolato ultrafine, UFP o UP) si parla di polvere respirabile, cioè in grado di penetrare direttamente nel sangue.

Il PM può essere trasportato da fenomeni atmosferici in luoghi molti distanti dal punto della sua produzione. Il particolato può essere distinto in primario e secondario in base ai processi che lo hanno prodotto: primario è il particolato immesso in atmosfera direttamente da accumuli o fonti naturali (vulcani, erosioni delle rocce, etc.) o attraverso processi di combustione ad alta temperatura per la maggior parte di origine antropica (tra questi il traffico veicolare ed aereo, le attività dei cementifici, delle centrali elettriche a gas, carbone e oli combustibili, le attività delle industrie, delle fonderie e degli inceneritori di rifiuti). Il PM secondario invece, è quello che si può formare dal primario quando questo subisce reazioni chimiche successive, anche in luoghi lontani da dove è stato prodotto originariamente, coinvolgendo ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) e i composti organici volatili (Voc), tra questi il benzene, classificato come cancerogeno certo di gruppo 1 dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (Iarc), che appartiene al gruppo degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Il particolato formato dalla combustione che avviene nei motori aerei è costituito fondamentalmente da solfati, ammonio, ioni idrogeno, particelle di carbone, metalli pesanti, ceramiche e componenti organici. Il particolato (PM) derivato dalle emissioni dei motori gioca un ruolo sempre più importante nel dibattito sul danno da trasporto aereo all'ambiente, agli ecosistemi e alla salute delle persone, soprattutto di quelle che vivono in aree prossime agli aeroporti, infatti il quantitativo maggiore di particolato viene prodotto proprio nelle fasi di decollo ed atterraggio e anche dall'attrito delle ruote e dei freni degli aerei nella fase di atterraggio.

Il PM rilasciato dalle emissioni aeree ha anche un'azione climalterante contribuendo al surriscaldamento climatico e provoca danno agli ecosistemi.

\*

## Danni alla vegetazione e agli ecosistemi

Il PM non è un singolo inquinante ma una miscela di inquinanti eterogenei differenti per origine, misura e composizione chimica. Gli effetti della deposizione di PM sulla vegetazione e sui terreni dipendono dalla sua composizione chimica e possono produrre effetti sia diretti che indiretti sull'ecosistema coinvolto. La risposta dell'ecosistema agli inquinanti è in funzione diretta del livello della sua sensibilità e capacità di sfruttare al meglio il cambiamento provocato dalla presenza del PM. Il PM con più grande impatto sull'ambiente è quello che contiene soprattutto nitrati e solfati poiché depositandosi sul suolo altera la disponibilità e quindi l'assunzione di nutrienti e di fatto crea una condizione di squilibrio dell'ecosistema e quindi della biodiversità che si ripercuote anche

sulla catena alimentare (processi di eutrofizzazione). I danni sulla crescita delle piante sono prodotti dall'acidificazione di cui sono responsabili i biossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>), chiamati anche anidridi solforose, che reagendo con l'acqua si trasformano in acido solforico dando luogo al fenomeno delle piogge acide (arresto della crescita e defogliazione della vegetazione) come anche l'ossido di azoto (NO) che trasformandosi in acido nitrico e' corresponsabile delle piogge acide. Altri danni sono dovuti alla deposizione diretta del PM su foglie, ramoscelli e tronchi delle piante e della vegetazione che formano un ostacolo al passaggio della luce, riducendo cosi' la fotosintesi del sistema vegetale e aumentandone la suscettibilita' alle malattie.

\*

Effetto del PM sull'atmosfera e il riscaldamento globale

Il "radiative forcing", tradotto in italiano con forzante radiativo o forzante di radiazione, e' la misura dell'influenza di un fattore (ad esempio l'aumento dell'anidride carbonica nell'atmosfera) nell'alterazione del bilancio dell'energia entrante e dell'energia uscente nel sistema terra-atmosfera. Esso e' indice del peso di un fattore nel complesso meccanismo dei mutamenti climatici.

Un forzante positivo tende a riscaldare la superficie terrestre mentre uno negativo la raffredda.

Il particolato altera la composizione dell'atmosfera in quanto contribuisce al "radiative forcing", cioe' allo sbilanciamento tra l'energia solare in entrata (in forma di onde elettromagnetiche di tipo corto) e l'energia solare in uscita, riflessa (onde elettromagnetiche di tipo lungo).

Infatti una volta che la radiazione solare e' giunta sulla superficie terrestre, essa viene assorbita dal suolo e dai mari, i quali si riscaldano e aumentano la loro temperatura. Via via che aumenta la temperatura, la superficie terrestre emette energia sotto forma di calore, cioe' in forma di radiazione infrarossa (ad onda lunga), fino a quando non si stabilisce l'equilibrio, tra flusso di energia solare incidente e flusso di energia terrestre uscente verso lo spazio. L'atmosfera terrestre e' una miscela di gas che possiede una proprieta' caratteristica: e' trasparente alla radiazione "ad onda corta", ma e' opaca alla radiazione "ad onda lunga", a causa della presenza di alcuni gas come il vapor d'acqua e l'anidride carbonica che sono dei forti assorbitori ed emettitori naturali di radiazione infrarossa. Questa capacita' di assorbimento e' quella che determina l'effetto serra naturale cioe' la capacita' dell'atmosfera di trattenere le radiazioni infrarosse riflesse dalla superficie terrestre e quindi di mantenere una temperatura media costante per il pianeta Terra.

Il particolato emesso dai motori degli aerei insieme ai gas, tra cui l'anidride carbonica, contribuisce alla formazione di scie e addensamenti di nubi, che modificano le proprieta' di assorbimento e rifrazione delle radiazioni infrarosse nell'atmosfera e influenzano il radiative forcing contribuendo all'effetto serra..

\*

Le patologie da polveri

E' ormai ben documentato da una vastissima e rigorosa documentazione scientifica che il PM fine ed ultrafine penetra attraverso tutte le barriere e membrane organiche, compresi i nervi cranici, la barriera ematocerebrale, la placenta, gli endoteli, le membrane plasmatiche, raggiungendo i nuclei cellulari col proprio carico di metalli pesanti ed altri fattori cancerogeni, interferendo cosi' con i sistemi di riparazione del Dna e con i meccanismi dell'espressione genica. Qualsiasi sorgente ad alta temperatura provoca la formazione di particolato; piu' e' elevata la temperatura di combustione e piu' e' piccola la dimensione delle particelle prodotte, piu' il diametro della particella e' piccolo e piu' questa ha capacita' di penetrare nei tessuti. Non esistono meccanismi biologici o artificiali, al momento conosciuti, capaci di eliminare il particolato una volta che questo sia stato sequestrato da un organo o un tessuto tramite inalazione o ingestione di alimenti.

Esistono evidenze sempre piu' consistenti di come numerosi inquinanti, introdotti nel corpo umano, inducano processi infiammatori cronici che determinano uno stress cellulare progressivo a carico di organi e tessuti, aprendo la strada a patologie gravi come aterosclerosi e cancro.

Studi scientifici dimostrano l'evidente correlazione tra l'esposizione alle polveri sottili ed ultrasottili e l'aumento dei ricoveri ospedalieri, della mortalità, delle malattie respiratorie, delle malattie cronico-degenerative, delle malattie endocrine, delle malattie neoplastiche e del sistema cardiovascolare.

Un incremento nella concentrazione atmosferica di PM 2.5 micron comporta un incremento parallelo della mortalità per malattie cardiovascolari. Purtroppo le vigenti disposizioni di legge in Italia, prevedono controlli solo per la concentrazione del PM 10 presente in atmosfera, controllo che viene effettuato con metodo gravimetrico: questo metodo considera solo la massa complessiva e non il numero delle particelle che la compongono, ma diverso è l'impatto che può avere una particella grossolana di 10 micron di diametro da quello che possono determinare su un organismo l'impatto di 1.000.000 di particelle da 0.1 micron di diametro la cui massa complessiva corrisponde alla particella da 10 micron.

Attualmente ciò che più allarma epidemiologi e pediatri in tutto il mondo, concerne la possibilità che il danno genetico indotto dalla presenza delle nanoparticelle, possa colpire le cellule germinali materne o paterne (causando la possibile trasmissione alle successive generazioni di lesioni e patologie anche gravi) o direttamente il feto nel momento più delicato del suo sviluppo.

\*

#### Le nanopolveri

Il termine nanopolveri indica le polveri con diametro dell'ordine di grandezza dei nanometri (un nanometro corrisponde ad un millesimo di micron), queste, formate da metalli pesanti e leghe di metalli pesanti e altri composti, in virtù delle loro dimensioni, possono addirittura penetrare nel genoma e nell'epigenoma alterando le proprietà di trascrizione e riparazione, determinando così alterazioni tali da provocare danno genetico stabile e malattie.

La composizione chimica è di grande importanza nel determinare la tossicità della particella; ovviamente particelle contenenti piombo o mercurio sono molto più pericolose di quelle contenenti ferro o sodio. Più è veloce l'ingestione o l'inalazione, maggiore risulta la loro pericolosità.

Importante nella capacità di produrre danno è anche la forma delle nanopolveri: per esempio quelle "ad ago", come quelle dell'amianto, sono molto più penetranti e capaci d'innescare processi infiammatori di reazione che quelle di forma tondeggianti.

\*

#### L'inquinamento acustico

Le zone prossime ad un aeroporto sono sottoposte a dei livelli di inquinamento acustico generato dalle fasi di avvicinamento, atterraggio e decollo degli aerei e dal connesso traffico veicolare.

Nel 2003, dall'Ufficio Regionale per l'Europa dell'Oms, è stato avviato un progetto per lo studio dell'impatto acustico sulle popolazioni. Il rapporto finale di questo progetto, denominato progetto "Linee guida sul rumore notturno per l'Europa"

([www.epicentro.iss.it/temi/ambiente/rumoreNotturmo.asp](http://www.epicentro.iss.it/temi/ambiente/rumoreNotturmo.asp)),

è il risultato di un lavoro di revisione della letteratura scientifica da parte di un gruppo di esperti scelti tra 17 istituzioni di 12 Paesi europei. Per l'Italia hanno partecipato al progetto l'Università di Roma "La Sapienza" e il Dipartimento provinciale di Pisa dell'Arpa Toscana.

I risultati del progetto danno indicazioni importanti ai governi per modificare le legislazioni in materia di rumore notturno. Da questo lavoro provengono le seguenti indicazioni:

- fino a 30 decibel: non si osservano sostanziali effetti biologici;
- tra 30 e 40 decibel: aumentano i movimenti del corpo, i risvegli, i disturbi del sonno, l'eccitazione. Gli effetti sembrano modesti, ma non si può escludere che i gruppi vulnerabili ne risentano in misura maggiore;
- tra 40 e 55 decibel: c'è un marcato aumento degli effetti negativi; la maggior parte delle persone esposte ne risente e si adatta a convivere con il rumore. I gruppi vulnerabili, a questo livello di esposizione, sono severamente colpiti;
- sopra 55 decibel: la situazione è considerata pericolosa a livello di salute pubblica.

Gli effetti avversi sono frequenti e il sistema cardiovascolare comincia ad essere sotto stress.

Lo stress cardiovascolare e' l'effetto dominante.

Le raccomandazioni finali di questo documento concludono: *"per la prevenzione primaria degli effetti collaterali sub-clinici del rumore notturno la popolazione non dovrebbe essere esposta a livelli che superano i 30 decibel durante la notte, considerata la soglia massima per proteggere i cittadini, compresi i gruppi piu' vulnerabili. Tutte le nazioni devono essere incoraggiate a ridurre gradualmente, nella maniera piu' efficace possibile, la quota di popolazione esposta a livelli acustici che superano i 55 e, poi i 40 decibel"*.

Il rischio di contrarre patologie cardiovascolari, insonnia e disturbi delle fasi del sonno, irritabilita', astenia, disturbi del sistema endocrino, del sistema digestivo e dell'udito, e' elevatissimo nelle persone che subiscono inquinamento acustico, come ormai noto da moltissimo tempo e dimostrato scientificamente. Molti studi documentano l'incremento dell'assunzione di farmaci per l'ipertensione e per l'insonnia in gruppi di studio di residenti in aree aeroportuali.

Ben documentati sono anche i disturbi dell'apprendimento in studenti che frequentano scuole ubicate in aree sottoposte ad inquinamento acustico.

In uno studio pubblicato dalla prestigiosa rivista "Lancet", *Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study* sono stati analizzati gli effetti del rumore prodotto dal traffico automobilistico e dal traffico aereo sullo sviluppo cognitivo dei bambini. Oltre 2.800 bambini dai 9 ai 10 anni di eta' frequentanti 89 scuole situate nei pressi di tre importanti aeroporti europei (Schiphol in Olanda, Barajas in Spagna e Heathrow in Inghilterra) sono stati coinvolti nello studio. I ricercatori hanno misurato i livelli di inquinamento acustico e li hanno rapportati ai risultati di una serie di test cognitivi sottoposti ai bambini. Analizzando i dati, si e' rilevato che l'esposizione all'inquinamento acustico pregiudica la capacita' di leggere correttamente. L'esposizione al rumore da traffico automobilistico non sembra avere un effetto altrettanto significativo sulla capacita' di leggere, ma e' risultato dannoso nei confronti della memoria. Un'esposizione a livelli elevati di entrambi i tipi di inquinamento acustico e' associata ad una peggiore qualita' della vita per i bambini e ad un netto aumento dello stress. Gli autori dello studio concludono il loro lavoro affermando che le scuole situate nei pressi di aeroporti non sono ambienti salutaris ne' adatti all'educazione e alla crescita dei bambini.

Lo studio *Hypertension and Exposure to Noise near Airports (Hyena): study design and noise exposure assessment* iniziato nel 2005, e' stato un progetto internazionale finanziato dalla Comunita' Europea per studiare la correlazione tra inquinamento acustico prodotto dal traffico aereo, da quello automobilistico e lo sviluppo d'ipertensione arteriosa. Questo studio ha selezionato e studiato 6.000 persone (dai 45 ai 70 anni) residenti da almeno 5 anni vicino ad uno dei 6 maggiori aeroporti europei. In Italia sono state selezionate 1.000 persone residenti vicino all'aeroporto di Milano Malpensa.

Le conclusioni di questo studio, pubblicate nel 2008, hanno mostrato una relazione significativa tra l'esposizione, soprattutto notturna, al rumore prodotto da traffico aereo e il rischio di sviluppare ipertensione arteriosa, mentre non subirebbe variazioni, con l'esposizione nelle differenti ore della giornata, il rischio associato al rumore automobilistico. L'ipertensione arteriosa aumenta il rischio di infarto del miocardio e ictus, pertanto l'inquinamento acustico deve essere inserito tra i fattori che possono causare malattie cardiovascolari. Lo studio infine indica nella riduzione dell'impatto acustico da traffico automobilistico e da traffico aereo una misura necessaria per la prevenzione delle malattie cardiovascolari.

\*

L'inquinamento elettromagnetico

Questa particolare forma d'inquinamento generato da campi elettromagnetici e' ancora un aspetto poco studiato del trasporto aereo.

I sistemi radar delle torri di controllo e quelli a bordo degli aerei, insieme alle antenne di radiotrasmissione ed ai sistemi elettromagnetici utilizzati per i controlli di sicurezza, producono un

inquinamento elettromagnetico. I lavoratori degli scali aeroportuali e il personale di bordo sono sottoposti ai campi elettromagnetici prodotti da tutte queste apparecchiature mentre i residenti in aree prossime agli aeroporti possono essere esposti anche ad effetti di sommazione di campi elettromagnetici provenienti oltre che dalle strutture aeroportuali e dagli aerei, anche da altre fonti: antenne di telefonia, cavi elettrici ad alta tensione, linee elettriche delle ferrovie, i propri telefoni cellulari etc.

A conferma dell'importanza dello studio di questo particolare aspetto del trasporto aereo ci sono state in letteratura negli anni passati alcune segnalazioni di clusters, gruppi, di pazienti affetti da una malattia molto rara, la Sclerodermia, residenti vicino i maggiori aeroporti londinesi, mentre un altro cluster, sempre di questa stessa malattia, e' stato studiato nel 1992 in un piccolo paese alle porte di Roma dove l'unico fattore possibile di inquinamento ambientale poteva essere rappresentato da un numero elevato di antenne per la trasmissione radiotelevisiva e antenne per la trasmissione di telefonia fissa, ubicate proprio nel centro del piccolo paese.

I campi elettromagnetici (EMF) possono essere classificati in: "a bassa frequenza" (vi rientrano, ad esempio, le frequenze di 50 Hz utilizzati in Europa per la rete elettrica), e quelli "ad alta frequenza" (onde radio, microonde, ecc.), con applicazioni soprattutto nel settore delle telecomunicazioni e nei processi industriali. Telefoni cellulari, antenne radio-tv e radar producono campi elettromagnetici di radiofrequenza (RF), da 10 MHz a 300 GHz. Questi campi ad alta frequenza sono usati per trasmettere informazioni a lunga distanza .

L'esposizione a campi elettromagnetici (EMF) induce correnti e assorbimento di energia nei tessuti del corpo umano, questi fenomeni dipendono dalla frequenza e dai meccanismi di accoppiamento.

Il sistema circolatorio e quello nervoso sono particolarmente sensibili agli effetti delle EMF (campi elettromagnetici) a causa delle loro caratteristiche elettriche.

Gli effetti dei campi elettromagnetici sono classificati come "termici" e "non termici".

Gli "effetti termici" (causati dall'aumento di temperatura corporea indotta dal campo elettromagnetico) sono ben conosciuti e studiati da lungo tempo mentre e' necessaria una sempre migliore comprensione degli effetti "non termici".

Gli organismi viventi scambiano continuamente energia con l'ambiente circostante tramite la loro attivita' metabolica e sono lontani dall'equilibrio termico. Per questo motivo l'aggiunta anche di piccole quantita' di energia puo' comportare conseguenze significative per la stabilita' energetica dell'intero organismo. Una parte dell'energia dei sistemi viventi serve a mantenere attivita' elettriche oscillatorie di vario tipo, nelle quali vengono immagazzinate determinate quantita' di energia.

Esempi di tali attivita' sono i circuiti neuronali del cervello, che emettono onde EM di diversa frequenza a seconda dello stato del cervello (veglia, sonno: fase REM e non-REM, ecc.), oppure i circuiti cardiaci, quelli neuromuscolari, oppure quelli che sovrintendono ai ritmi circadiani e cosi' via. Questi sono solo gli esempi piu' familiari, che la medicina riconosce ed utilizza ormai da tempo, per esempio a scopi diagnostici (elettrocardiogramma, elettroencefalogramma, elettromiogramma) per citare le tecniche diagnostiche piu' comuni. Forse meno familiari sono i campi EM a bassissima frequenza (ELF) associati all'elettrochimica del cervello, all'efflusso del Calcio e ai sistemi neurorecettori, e i campi EM ad alta frequenza (MO) presenti a livello cellulare e subcellulare, che presiedono a processi fondamentali, per esempio alla divisione delle cellule. Tutte queste attivita' sono caratterizzate da varie frequenze, alcune delle quali sono molto ben definite (scientificamente si dice che costituiscono eccitazioni EM estremamente "coerenti"), che vengono definite "frequenze biologiche". Come un circuito radio puo' sintonizzarsi su una frequenza esterna, cioe' riconoscerla e ricevere energia da un'onda EM caratterizzata da quella frequenza specifica amplificandola ad un livello di intensita' piu' potente, cosi' i circuiti EM biologici possono sintonizzarsi e ricevere energia da radiazioni esterne. In particolare, se la frequenza esterna eguaglia o e' molto prossima a quella di una bioattivita', quest'ultima puo' essere influenzata in vario modo, con meccanismi "non termici" o "a bassa intensita'" quali:

- "amplificazione risonante", che puo' portare a raggiungere un livello energetico inaccettabilmente alto da un punto di vista biologico;

- "interferenza", risultante in un degrado o nell'inibizione di alcune attivita' essenziali, per esempio il rilascio di melatonina;
- "forzatura" di una biofrequenza, magari ad un valore incompatibile con l'omeostasi;
- "accensione" in tempi minimi di qualche processo per il quale la sola fornitura di energia endogena e' inadeguata.

Parte degli effetti biologici determinati dai campi elettromagnetici possono essere cosi' riassunti:

- 1) alterazione del sistema immunitario determinato dalla capacita' delle onde elettromagnetiche di modificare il contenuto informale dei segnali bioelettromagnetici intra ed extracellulari,
- 2) modificazioni della permeabilita' della membrana cellulare e conseguente alterazione del flusso di ioni biologicamente importanti, in particolare del Calcio, Sodio e Potassio,
- 3) redistribuzione delle proteine di membrane, riorganizzazione delle strutture di microfilamenti e cambiamenti nella concentrazione intracellulare di ioni calcio Ca2 (omeostasi del Calcio),
- 4) intervento nella produzione di ossido di azoto (NO) e induzione di "stress ossidativo" con conseguente aumento dei danni prodotti da radicali liberi sulle macromolecole biologiche (lo stress ossidativo aumenta anche la capacita' di proliferare e produrre collagene da parte dei fibroblasti),
- 5) incremento dell'angiogenesi tramite il rilascio dai fibroblasti di growth factor beta-2 (FGF-2) per azione sull'endotelio vascolare,
- 6) danni citogenetici (comparsa di micro nuclei centromero negativi per alterazione cromosomica dopo esposizione in vitro di colture cellulari e in particolare di fibroblasti umani a radiofrequenze).
- 7) alterazioni della sintesi dell'ormone epifisario melatonina, sostanza implicata nel controllo di molteplici funzioni neuro-endocrine,
- 8) modificazioni dell'attivita' elettrica cerebrale e della permeabilita' della membrana emato-encefalica con conseguenti danni ai neuroni cerebrali e alterazioni del funzionamento dei neurorecettori e neurotrasmettitori cerebrali.

Tali meccanismi ed effetti sono stati dimostrati da studi e dati sperimentali ottenuti su sistemi di laboratorio (colture cellulari; mammiferi, in particolare roditori), su volontari umani e su soggetti esposti professionalmente.

Studi effettuati su soggetti esposti per lavoro a radiofrequenze hanno dimostrato alterazioni nei parametri biochimici ed ematologici, nell'attivita' cerebrale elettrica, nel sistema neurovegetativo, nelle caratteristiche capillaroscopiche e in quelle oftalmologiche, sviluppo di malattie cardiovascolari in giovane eta'.

Tutti gli studi evidenziano e concordano sulla necessita' di approfondire e incrementare le conoscenze di questo particolare fattore di inquinamento ambientale anche in considerazione della sempre maggiore espansione e rapida diffusione di sempre nuove tecnologie di telecomunicazioni .

\*

E' evidente che il trasporto aereo rappresenta inconfutabilmente un fattore di rischio e danno alla salute e all'ambiente, e pertanto deve essere costantemente studiato, monitorato nei suoi effetti e soggetto a programmi e politiche di contenimento e riduzione.

\*\*

**Una bibliografia e sitografia per approfondire aggiornata al 2009**

#### **a) Alcuni articoli e volumi**

- Afanas'ev R.V., Berezin G.I., Razoschikov V.V., *Ecological/hygienic and toxicological evaluation of combustion products of aviation kerosene and liquefied natural gas.* Aviakosm Ekolog Med. 2006 Mar-Apr;40(2):50-2.



- Anderson K., Bows A., Upham P., *Growth scenarios for EU & UK aviation: contradictions with climate policy*. January 2006. Available at: [http://www.tyndall.ac.uk/publications/working\\_papers/wp84.pdf](http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp84.pdf)
  
- Aydin Y., Kaltenbach M., *Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport*. Clin Res Cardiol. 2007 Jun; 96(6): 347-58. Epub 2007 Apr 10.
  
- APAT, (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici). *8 mila decessi l'anno in 13 città italiane per gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico da particolato*. Comunicato stampa 15 giugno 2006, Roma.
  
- Associazione A.P.P.L.E. (Associazione Per la Prevenzione e la Lotta all'Elettrosmog) "*Campi elettromagnetici e principio di precauzione*" Prof. Angelo Gino Levis, [www.applettrosmog.it](http://www.applettrosmog.it)
  
- Babisch W. *Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise*. Noise Health. 2003 Jan-Mar;5(18):1-11.
  
- Babisch W., Kamp I., *Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension*. Noise Health. 2009 Jul-Sep;11(44):161-8.
  
- **Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Cadum E., Katsouyanni K., Velonakis M., Dudley M.L., Marohn H.D., Swart W., Breugelmans O., Bluhm G., Selander J., Vigna-Taglianti F., Pisani S., Haralabidis A., Dimakopoulou K., Zachos I, Järup L.; HYENA Consortium.** *Annoyance due to aircraft noise has increased over the years--results of the HYENA study*. **Environ Int.** 2009 Nov; 35 (8) : 1169-76. Epub 2009 Aug 21.
  
- Bellinger D.C., *Very low lead exposures and children's neurodevelopment*. Curr Opin Pediatr. 2008 Apr;20(2):172-7.
  
- Bernabei M., Reda R., Galiero R., Bocchinfuso G., *Determination of total and polycyclic aromatic hydrocarbons in aviation jet fuel*. J Chromatogr A. 2003 Jan 24;985(1-2):197-203.
  
- Bharathi, Ravid R., Rao K.S., *Role of metals in neuronal apoptosis: challenge associated with neurodegeneration*. Curr Alzheimer Res. 2006 Sep; 3(4): 311-26.
  
- Blasco M., Domeño C., Nerín C., *Lichens biomonitoring as feasible methodology to assess air pollution in natural ecosystems: combined study of quantitative PAHs analyses and lichen biodiversity in the Pyrenees Mountains*. Anal Bioanal Chem. 2008 Jun;391(3):759-71. Epub 2008 Mar 12.
  
- Brink M., Wirth K.E., Schierz C., Thomann G, Bauer G., *Annoyance responses to stable and changing aircraft noise exposure*. J Acoust Soc Am. 2008 Nov;124(5):2930-41.
  
- Brook R.D., *Cardiovascular effects of air pollution*. Clin Sci (Lond.) 2008 sep;115(6) :175-87.
  
- Bullinger M., Hygge S., Evans G.W., Meis M., Von Mackensen S., *The psychological cost of aircraft noise for children*. Zentralbl Hyg Umweltmed. 1999 Aug;202(2-4):127-38.

- Carslaw D.C., Ropkins K, Laxen D., Moorcroft S., Marnier B., Williams ML., *Near-field commercial aircraft contribution to nitrogen oxides by engine, aircraft type, and airline by individual plume sampling*. *Environ Sci Technol*. 2008 Mar 15; 42(6):1815.
- Chiffлот H., Fautrel B., Sordet C., Chatelus E., Sibilia J., *Incidence and prevalence of systemic sclerosis: a systematic literature review*. Semin Arthritis Rheum. 2008 Feb;37(4):223-35. Epub 2007 Aug 9.
- Cohen B.S., Bronzaft A.L., Heikkinen M., Goodman J., Nádas A., *Airport-related air pollution and noise*. *J Occup Environ Hyg*. 2008 Feb; 5(2): 119-29.
- Corporan E., Quick A., De Witt Mj. *Characterization of particulate matter and gaseous emission of a C-130H aircraft*. *J air Waste Manag Assoc*. 2008 Apr; 58 (4) :474-83
- Marinella Correggia. *La rivoluzione dei dettagli*. Feltrinelli, Milano, 2007.
- **De Schryver A.M.**, **Brakkee K.W**, **Goedkoop MJ.**, **Huijbregts MA.**, *Characterization factors for global warming in life cycle assessment based on damages to humans and ecosystems*. **Environ Sci Technol**. 2009 Mar 15;43(6):1689-95.
- **Diaz J.H.**, *The influence of global warming on natural disasters and their public health outcomes*. **Am J Disaster Med**. 2007 Jan-Feb;2(1):33-42.
- Eriksson C., Rosenlund M., Pershagen G., Hilding A., Ostenson CG., Bluhm G., *Aircraft noise and incidence of hypertension*. *Epidemiology* 2007 Nov; 18(6): 716-21.
- **Evans G.W.**, **Lercher P.**, **Meis M.**, **Ising H.**, **Kofler W.W.**, *Community noise exposure and stress in children*. **J Acoust Soc Am**. 2001 Mar;109(3):1023-7.
- European Civil Aviation Conference. *Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports*. 2nd ed., doc 29. Twenty First Plenary Session of ECAC, Strasbourg. <http://www.ecac-ceac.org/index.php?content=docstyp&idtype=38>.
- Fagnano M., Maggio A., *Ozone Damages to Italian Crops: Environmental Constraints*. *Italian Journal of Agronomy*, 3, 7-12. 2008.
- Fang G.C., Wu Y.S., Lee W.J., Chou T.Y., Lin I.C., *Study of ambient air particulates pollutants near Taichung airport sampling site in central Taiwan*. *J Hazard Mater* 2007 Jun 1; 144(1-2): 492-8. Epub 2006 Oct 27.
- Franssen E.A., Van Wiechen C.M., Nagelkerke N.J., Lebret E., *Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use*. Occup Environ Med. 2004 May;61(5):405-13.
- Frati L., Caprasecca E., Santoni S., Gaggi C., Guttova A., Gaudino S., Pati A., Rosamilia S., Pirintsos S.A., Loppi S., *Effects of NO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> from road traffic on epiphytic lichens*. *Environ Pollut*. 2006 Jul; 142(1): 58-64. Epub 2005 Nov 28.

- [Fuhrer J.](#), [Skärby L.](#), [Ashmore M.R.](#), *Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe.* [Environ Pollut.](#) 1997;97(1-2):91-106.
- Antonietta Gatti e Stefano Montanari, *Nanopathology*, Singapore: Pan Stanford: 2007
- **Gac Sanit.** *Impact of particulate matter with diameter of less than 2.5 microns (PM2.5) on daily hospital admissions in 0-10-year-olds in Madrid, Spain.* (2003-2005) 2009 May-Jun;23(3):192-7. Epub 2009 Mar 9.
- [Haralabidis A.S.](#), [Dimakopoulou K.](#), [Vigna-Taglianti F.](#), [Giampaolo M.](#), [Borgini A.](#), [Dudley M.L.](#), [Perschagen G.](#), [Bluhm G.](#), [Houthuijs D.](#), [Babisch W.](#), [Velonakis M.](#), [Katsouyanni K.](#), [Jarup L.](#), [HYENA Consortium](#), *Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports.* [Eur Heart J.](#) 2008 Mar;29(5):658-64. Epub 2008 Feb 12.
- [Helmis C.G.](#), [Assimakopoulos V.D.](#), [Flocas H.A.](#), [Stathopoulou O.I.](#), [Sgouros G.](#), [Hatzaki M.](#), *Indoor air quality assessment in the air traffic control tower of the Athens Airport, Greece.* [Environ Monit Assess.](#) 2009 Jan;148(1-4):47-60. Epub 2008 Jan 22.
- [Herndon S.C.](#), [Shorter J.H.](#), [Zahniser M.S.](#), [Nelson D.D. Jr.](#), [Jayne J.](#), [Brown R.C.](#), [Miake-Lye R.C.](#), [Waitz I.](#), [Silva P.](#), [Lanni T.](#), [Demerjian K.](#), [Kolb C.E.](#), *NO and NO2 emission ratios measured from in-use commercial aircraft during taxi and takeoff.* [Environ Sci Technol.](#) 2004 Nov 15;38(22):6078-84.
- [Herndon S.C.](#), [Wood E.C.](#), [Northway M.J.](#), [Miake-Lye R.](#), [Thornhill L.](#), [Beyersdorf A.](#), [Anderson B.E.](#), [Dowlin R.](#), [Dodds W.](#), [Knighton W.B.](#), *Aircraft hydrocarbon emissions at Oakland International Airport.* [Environ Sci Technol.](#) 2009 Mar 15;43(6):1730-6.
- [Hertz-Picciotto I.](#), [Park H.Y.](#), [Dostal M.](#), [Kocan A.](#), [Trnovec T.](#), [Sram R.](#), *Prenatal exposures to persistent and non-persistent organic compounds and effects on immune system development.* [Basic Clin Pharmacol Toxicol.](#) 2008 Feb; 102(2): 146-54.
- [Iavicoli I.](#), [Chiarotti M.](#), [Bergamaschi A.](#), [Marsili R.](#), [Carelli G.](#), *Determination of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons at an airport by gas chromatography-mass spectrometry and evaluation of occupational exposure.* [J. Chromatogr A.](#) 2007 May 25; 1150(1-2): 226-35. Epub 2006 Aug 30.
- [Jaana Kettunen](#), [Timo Lanki](#), [Pekka Tiittamen](#), [Pasi P. Aalt](#), [Tarja Koskentalo](#), [Markku Kulmala](#), [Veikko Salomaa](#), [Juha Pekkamäen](#), *Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in a area of low air pollution levels.* [Stroke](#) 2007; 38; 918-922.
- [Jarup L.](#), [Dudley M.L.](#), [Babisch W.](#), [Houthuijs D.](#), [Swart W.](#), [Perschagen G.](#), [Bluhm G.](#), [Katsouyanni K.](#), [Velonakis M.](#), [Cadum E.](#), [Vigna-Taglianti F.](#), [Hyena Consortium](#). *Hypertension and Exposure to Noise near Airports: study design and noise exposure assessment.* [Environ Health Perspect.](#) 2005 Nov; 113(11): 1473-8.
- [Jarup L.](#), [Babisch W.](#), [Houthuijs D.](#), [Perschagen G.](#), [Katsouyanni K.](#), [Cadum E.](#), [Dudley M.L.](#), [Savigny P.](#), [Seiffert I.](#), [Swart W.](#), [Breugelmans O.](#), [Bluhm G.](#), [Selander J.](#), [Haralabidis A.](#), [Dimakopoulou K.](#), [Sourtzi P.](#), [Velonakis M.](#), [Vigna-Taglianti F.](#), [HYENA study team](#). *Hypertension*

and Exposure to Noise near Airports: the HYENA study Environ Health Perspect. 2008 Mar; 116(3): 329-33.

- Kaltenbach M., Maschke C., Klinke R., *Health consequences of aircraft noise*. Dtsch Arztebl Int. 2008 Aug;105(31-32):548-56. Epub 2008 Aug 4.

- Kugele K.A., F.Jelinek, R.Gaffal. *Aircraft Particulate Matter Emission Estimation through all Phases of Flight*. Eurocontrol Experimental Centre, 2005.

- Legambiente Piemonte rapporto "Aeroporto di Malpensa e vivibilità", Torino, 24 febbraio 2003.

- Legambiente Lazio-Comitato aeroporto Ciampino "Smog dai cieli: rilevazione livello polveri sottili". Roma, luglio 2006.

- [Lewtas J.](#), *Air pollution combustion emissions: characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects*. [Mutat Res](#). 2007 Nov-Dec;636(1-3):95-133. Epub 2007 Aug 17.

Lin S., Munsie J.P., Herdt-Losavio M., Hwang S.A., Civerolo K., McGarry K., Gentile T., *Residential proximity to large airports and potential health impacts in New York State*. Int Arch Occup Environ Health. 2008 Jul;81(7):797-804. Epub 2007 Oct 16.

- Linares C, Díaz J, Tobías A, De Miguel JM, Otero A, *Impact of urban air pollutants and noise levels over daily hospital admissions in children in Madrid: a time series analysis*. [Int Arch Occup Environ Health](#). 2006 Feb;79(2):143-52. Epub 2005 Sep 27.

-Luna T.D., French J., Mitcha J.L., *A study of USAF air traffic controller shiftwork: sleep, fatigue, activity, and mood analyses*. [Aviat Space Environ Med](#). 1997 Jan;68(1):18-23.

- Matsui T., Stansfeld S., Haines M., Head J., *Children's cognition and aircraft noise exposure at home--the West London Schools Study*. Noise Health. 2004 Oct-Dec;7(25):49-58.

- McKay J.C., Prato F.S., Thomas A.W., *A literature review: the effects of magnetic field exposure on blood flow and blood vessels in the microvasculature*. [Bioelectromagnetics](#). 2007 Feb;28(2):81-98.

- [Mohankumar SM](#), [Campbell A](#), [Block M](#), [Veronesi B.](#), *Particulate matter, oxidative stress and neurotoxicity* -[Neurotoxicology](#). 2008 Jan 4

-[Nemmar A.](#), [Hoylaerts M.F.](#), [Nemery B.](#), *Effects of particulate air pollution on hemostasis*. [Clin Occup Environ Med](#). 2006;5(4):865-81.

- Oberdörster G., Sharp Z., Atudorei V., Elder A., Gelein R., Kreyling W., Cox C., *Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain*. Inhal Toxicol. 2004 Jun;16(6-7):437-45.

- Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J., *Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles*. Environ Health Perspect. 2005 Jul; 113(7): 823-39.
- Pal'tsev IuP., Rubtsova N.B., Pokhodzei L.V., Tikhonova G.I., *Hygienic regulation of electromagnetic fields for the preservation of workers' health*. Med Tr Prom Ekol. 2003; (5): 13-7.
- Passchier W., Knottnerus A., Albering H., Walda I., *Public health impact of large airports*. Rev Environ Health. 2000 Jan-Jun; 15(1-2): 83-96.
- Pisani S., Bonarrigo D., Gambino M., Macchi L., Banfi F., Verri A.M., Degli Stefani C., Cislighi C., Bossi A., Cortinovis I., *Epidemiologic study Salus domestica: evaluation of health damage in a sample of women living near the Malpensa 2000 airport*. Epidemiol Prev. 2003 Jul-Aug; 27(4): 234-41.
- Pokhodzei L.V., Kur'erov N.N., Rubtsova N.B., Pal'tsev IuP., Lazarenko N.V., Samusenko T.G., Subbotin V.V., *Hygienic evaluation of electromagnetic situation and vibroacoustic factors at workplaces for radio-technological staff of civil airports*. Med Tr Prom Ekol. 2004; (1): 31-5.
- Polichetti G., Cocco S., Spinalia A., Trimarco V., Nunziata A., *Effects of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the cardiovascular system*. Toxicology Toxicology 261 (2009) 1–8
- Quaroni S., Saracchi M., *Danni da ozono troposferico sulle colture erbacee estensive*. Regione Lombardia "Quaderni della ricerca" 2003 n.176; 24.
- Renaut J., Bohler S., Hausman J.F., Hoffmann L., Sergeant K., Ahsan N., Jolivet Y., Dizengremel P., *The impact of atmospheric composition on plants: a case study of ozone and poplar*. ass Spectrom Rev. 2009 May-Jun;28(3):495-516.
- Risom L., Møller P., Loft S., *Oxidative stress-induced DNA damage by particulate air pollution*.- Mutat Res. 2005 Dec 30;592(1-2):119-37. Epub 2005 Aug 8. Comment in: Mutat Res. 2006 Feb 22;594(1-2):201-2; author reply 199-200.
- **Ritchie G., Still K.R., Alexander W.K., Nordholm A.F., Wilson C.L., Rossi J 3rd, Mattie DR.**, *A review of the neurotoxicity risk of selected hydrocarbon fuels*. **J Toxicol Environ Health B Crit Rev**. 2001 Jul-Sep;4(3):223-312.
- Ritchie G., Still K., Rossi J. 3rd, Bekkedal M., Bobb A, Arfsten D., *Biological and health effects of exposure to kerosene-based jet fuels and performance additives*. J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 2003 Jul-Aug;6(4):357-451.
- Royal Commission on Environmental Pollution, *The Environmental Effects of Civil Aircraft in Flight*. Report (www.rcep.org.uk), 22 March, 2007.
- Sayre Lawrence M., Perry G., Smith M.A., *Oxidative Stress and Neurotoxicity*. Chem. Res. Toxicol. 2008, 21, 172–188

- **Silman A.J., Howard Y., Hicklin A.J., Black C.**, *Geographical clustering of scleroderma in south and west London*. **Br J Rheumatol**. 1990 Apr; 29(2):93-6.
- Sharon Ruth Skolnick, *Exposing Airports' Poison Circles*. Earth Island Journal Winter 2000-2001. Vol. 15, No.4.
- [Schulz H.](#), [Harder V.](#), [Ibald-Mulli A.](#), [Khandoga A.](#), [Koenig W.](#), [Krombach F.](#), [Radykewicz R.](#), [Stampfl A.](#), [Thorand B.](#), [Peters A.](#), *Cardiovascular effects of fine and ultrafine particles*. [J Aerosol Med](#). 2005 Spring;18(1):1-22.
- **Sigurdson A.J., Ron E.**, *Cosmic radiation exposure and cancer risk among flight crew*. **Cancer Invest**. 2004;22(5):743-61.
- Stansfeld S.A., Berglund B., Clark C., Lopez-Barrio I., Fischer P., Ohrström E., Haines M.M., Head J., Hygge S., Van Kamp I., Berry B.F., *Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study*. *Lancet*. 2005 Jun 4-10; 365(9475): 1942-9.
- Stenzel Jennifer and Jonathan Trutt. *Flying Off Course: Environmental Impacts of America's Airports*. New York-Natural Resources Defense Council, October 1996 (www.nrdc.org).
- [Stone V.](#), [Johnston H.](#), [Clift M.J.](#), *Air pollution, ultrafine and nanoparticle toxicology: cellular and molecular interactions*. [IEEE Trans Nanobioscience](#). 2007 Dec;6(4):331-40.
- Stuber N., Forster P., Rädcl G., Shine K., *The importance of the diurnal and annual cycle of air traffic for contrail radiative forcing*. *Nature*.2006 Jun 15; 441(7095): 864-7.
- **Szmigielski S, Sobiczewska E.**, *Risk of neoplastic diseases in conditions of exposure to power magnetic fields--epidemiologic investigations* **Med Pr**. 2009;60(3):223-33.
- Tarantini L., Ronzini M., Apostoli P., Pegoraro V., Bollati V., Marinelli B., Cantone L., Rizzo G., Hou L., Schwartz J., Bertazzi, P.A., Maccarelli A., *Effects of Particulate Matter on Genomic DNA Methylation Content and iNOS Promoter Methylation*. *Environmental Health Perspectives* vol.117, number 2 , February 2009
- [Tesseraux I.](#), [Mach B.](#), [Koss G.](#), *Aviation fuels and aircraft emissions. A risk characterization for airport neighbors using Hamburg Airport as an example*. [Zentralbl Hyg Umweltmed](#).1998 Jun; 201(2):135-51.
- **Tesseraux I.**, *Risk factors of jet fuel combustion products*. **Toxicol Lett**. 2004 Apr 1;149(1-3):295-300.
- The Royal Society and The Royal Academy of engineer, UK(2004). *Nanoscience and nanotechnologies. Recommendation 10 p. 95*. Available at www.royalsoc.ac.uk
- Touitou Y., *Evaluation of the effects of electric and magnetic fields in humans*. *Ann Pharm Fr*. 2004 Jul; 62(4): 219-32.

-Tikhonova G.I., *Epidemiological risk assessment of pathology development in occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields*. Radiats Biol Radioecol. 2003 Sep-Oct;43(5):559-64.

-**Tu R.H., Mitchell C.S., Kay G.G., Risby .TH.**, *Human exposure to the jet fuel, JP-8*. Aviat Space Environ Med. 2004 Jan;75(1):49-59.

-**Valerio F., Stella A., Daminelli E.**, *Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons and benzene sources: the Genoa-Cornigliano experience*. Epidemiol Prev. 2005 Sep-Dec;29(5-6 Suppl):70-6.

-Valesini G., Litta A., Bonavita M.S., Luan F.L., Purpura M, Mariani M., Balsano F., *Geographical clustering of scleroderma in a rural area in the province of Rome*. Clin Exp Rheumatol. 1993 Jan-Feb;11(1):41-7.

- Van Cauter E., Spiegel K., Tasali E., Leproult R., *Metabolic consequences of sleep and sleep loss*. Sleep Med. 2008 Sep; 9 Suppl 1:S23-8.

- Wayson R.L., Fleming G.G., Lovinelli R., *Methodology to estimate particulate matter emissions from certified commercial aircraft engines*. J Air Waste Manag Assoc. 2009 Jan;59(1): 91-100.

- Zhou Y., Levy J.I., *Between-airport heterogeneity in air toxics emissions associated with individual cancer risk thresholds and population risks*. Environ Health. 2009 May 8;8:22.

- Zuurbier M., Lundqvist C., Salines G., Stansfeld S., Hanke W., Babisch W, Bistrup ML., Van Den Hazel P., Moshammer H., *The environmental health of children: priorities in Europe*. Int J Occup Med Environ Health. 2007;20(3):291-307.

\* \* \*

#### **b) Alcuni siti**

- [www.airportwatch.org.uk](http://www.airportwatch.org.uk)
- [www.bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org)
- [www.caap.org/Airport\\_Noise\\_Pollution\\_Research.html](http://www.caap.org/Airport_Noise_Pollution_Research.html)
- [www.chooseclimate.org](http://www.chooseclimate.org)
- [www.coipiediperterra.org](http://www.coipiediperterra.org)
- [http://comitatofuoripista.blogspot.com/](http://http://comitatofuoripista.blogspot.com/)
- [www.comitatoaeroportociampino.it](http://www.comitatoaeroportociampino.it)
- [www.comitatoaeroporoorio.it](http://www.comitatoaeroporoorio.it)
- [www.covest.org](http://www.covest.org)
- [www.eurocontrol.int](http://www.eurocontrol.int)
- [www.euro.who.int/Noise](http://www.euro.who.int/Noise)
- [www.ewg.org/reports/generations](http://www.ewg.org/reports/generations)
- [www.icao.int](http://www.icao.int)
- [www.isde.it](http://www.isde.it)
- [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

- [www.comitatoampugnano.it](http://www.comitatoampugnano.it)
- [www.nanodiagnosics.it](http://www.nanodiagnosics.it)
- [www.noaereibz.it](http://www.noaereibz.it)
- [www.no-fly.info/](http://www.no-fly.info/)
- [www.planestupid.com](http://www.planestupid.com)
- [www.royalsoc.ac.uk](http://www.royalsoc.ac.uk)
- [www.salviamomarino.it](http://www.salviamomarino.it)
- [www.stoprumorelinate.it](http://www.stoprumorelinate.it)
- [www.tyndall.ac.uk/](http://www.tyndall.ac.uk/)
- [www.transportenvironment.org/Pages/aviation/](http://www.transportenvironment.org/Pages/aviation/)  
[http://www.tyndall.ac.uk/publications/working\\_papers/wp84.pdf](http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp84.pdf)