

ANTONELLA LITTA

LE RAGIONI ETICHE
E SCIENTIFICHE
PER RIDURRE
E RAZIONALIZZARE
IL TRAFFICO AEREO
QUALE FATTORE DI
INQUINAMENTO
AMBIENTALE
E
DANNO ALLA SALUTE



Antonella Litta

medico di medicina generale

specialista in Reumatologia

referente nazionale

e coordinatrice per l'Associazione italiana medici per l'ambiente

Isde (International Society of Doctors for the Environment)

del gruppo di studio su:

“Il traffico aereo come fattore d'inquinamento ambientale e danno alla salute”.

e-mail: isde@ats.it; isde.viterbo@gmail.com; antonella.litta@gmail.com

tel.3383810091, tel.0761559413, fax 0761559126

Introduzione

Negli ultimi decenni, il traffico aereo ha registrato una fase di crescita pressoché 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” determinando così un incremento importante del suo impatto negativo sull’ambiente, soprattutto in termini di inquinamento atmosferico ed acustico. Secondo il rapporto dell’European Aviation Environmental- EAE 2016 il numero di voli è aumentato del 80% tra il 1990 e il 2014, ed è prevista una crescita di un ulteriore 45% tra il 2014 e il 2035.

Le persone che vivono in prossimità di scali aeroportuali e i lavoratori delle strutture aeroportuali sono costretti a subire oltre agli effetti dell’inquinamento dell’aria anche quelli dell’inquinamento acustico ed elettromagnetico con conseguenze importanti sulla salute e lo stato psicofisico.

Solo una minima parte della popolazione mondiale viaggia in aereo mentre le drammatiche conseguenze del surriscaldamento climatico, derivanti anche dal trasporto aereo, ricadono sull’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. Secondo la tesi dei maggiori studiosi e delle più prestigiose istituzioni internazionali entro il 2050 si raggiungeranno tra i 200 e i 250 milioni di profughi per cause ambientali. Il traffico aereo contribuisce in ingente misura alle emissioni di anidride carbonica, principale gas ad effetto serra; diverse stime internazionali permettono di indicare un apporto di questo settore che va da un minimo del 3% ad un massimo del 10% contribuendo così in maniera decisiva all’effetto serra e all’inquinamento dell’aria. Secondo le stime di Eurocontrol (www.eurocontrol.int), un’organizzazione cui partecipano attualmente 41 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 Eu-

ropea dovrebbe raddoppiare entro il 2025 rispetto al 2000 e così l'entità delle emissioni nocive generate da trasporto aereo, l'anidride carbonica prodotta dal trasporto aereo passerà dai 572 milioni di tonnellate annue del 2000 a un valore tra gli 1,2 e gli 1,4 miliardi di tonnellate nel 2025 (per ogni tonnellata di carburante combusto si producono circa 3,16 tonnellate di CO₂). Sempre secondo il report dell'EEA le emissioni di CO₂ sono aumentate di circa il 80% tra il 1990 e il 2014, e si prevede che cresceranno di un ulteriore 45% tra il 2014 e il 2035 mentre le emissioni degli ossidi di azoto-NO_x sono raddoppiate tra il 1990 e il 2014, e che si prevede una crescita di un ulteriore 43% tra il 2014 e il 2035. Una recente ricerca dell'università inglese Warwick Business School ha mostrato che tra il 2007 e il 2014 nessuna delle più note compagnie aeree mondiali, tranne qualche raro caso, ha provveduto a mettere in atto interventi e strategie volte ridurre le proprie emissioni. Una qualche possibilità di contrastare il quantitativo delle emissioni aeree forse potrebbe venire da un accordo raggiunto nel corso del 2016 in seno al Comitato per la protezione ambientale nell'aviazione (CAEP) dell'ICAO, l'organismo dell'ONU che riunisce le autorità per l'aviazione civile di 191 Nazioni. L'intesa dovrebbe portare alla definizione di uno standard internazionale che ponga un limite alle emissioni di anidride carbonica prodotte dal settore dell'aviazione civile ma forti sono le opposizioni di diversi paesi, tra questi la Cina, gli Stati Uniti, l'India, Russia e il Canada che si appellano all'articolo 84 della Convenzione di Chicago del 1944 concernente i regolamenti internazionali per l'aviazione civile. Secondo l'Organizzazione mondiale della Sanità ogni anno sono circa 12,6 milioni le morti attribuibili all'inquinamento dell'aria, dell'acqua e all'inquinamento del suolo, alle esposizioni chimiche, ai cambiamenti climatici e alle radiazioni ultraviolette ed è quindi urgente e necessaria una riduzione dell'esposizione a fonti di inquinamento insieme ad interventi di risanamento, bonifica e tutela dell'ambiente.

Il traffico aereo è ascrivibile tra le più importanti fonti di inquinamento ambientale e danno alla salute e pertanto devono essere predisposti interventi, azioni e politiche nazionali e internazionali che ne prevedano una rapida quanto concreta razionalizzazione e riduzione.

1. L'atmosfera terrestre

L'atmosfera è una sottile pellicola di gas che circonda per circa 1.000 km in altezza la Terra - meno di un decimo del diametro terrestre - senza la quale non potrebbe esistere la vita sul nostro pianeta. L'atmosfera terrestre è una struttura molto complessa e delicata per i suoi equilibri chimico-fisici ed ha avuto origine da gas sviluppatasi durante la formazione del pianeta, quando blocchi di materia della nebulosa solare si scontravano e si aggregavano per effetto della forza di gravità. È la forza di gravità a trattenere i gas attorno alla Terra e l'attuale composizione dell'atmosfera è il risultato di processi chimici indotti dalle radiazioni solari e dagli esseri viventi avvenuti nel corso di miliardi di anni. Essa è composta di più strati, che in ordine di altezza, dal basso verso l'alto, sono così indicati: la Troposfera, la Stratosfera, la Mesosfera, la Ionosfera, e l'Esosfera. La sua composizione chimica media al suolo è data da: Azoto (N₂): 78,08%, Ossigeno: (O₂) 20,95%, Argon (Ar): 0,93%, Vapore acqueo (H₂O): 0,33% in media (variabile da circa 0% a 5-6%), Anidride carbonica (CO₂): 0,032%, Neon (Ne): 0,00181%, Elio (He): 0,0005%, Metano (CH₄): 0,0002%, Idrogeno (H₂): 0,00005%, Kriptone (Kr): 0,00001%, Xenone (Xe): 0,000008%, Ozono (O₃): 0,000004%. Sono anche presenti, in tracce, Ossidi di azoto (NO_x), Monossido di carbonio (CO), Ammoniaca (NH₃), Biossido di zolfo (SO₂), Solfuro di idrogeno (H₂S). 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, special-

mente 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 macchiettatura 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 le 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 in particolare il melanoma; l'ozono presente nella troposfera risulta invece un inquinante molto dannoso in dipendenza della dose e del periodo di esposizione.

2. Il particolato-PM (Particulate Matter)

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, la milionesima di un metro) 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 e la miliardesima parte di un metro). Si indicano con la sigla PM₁₀ tutte le particelle con diametro inferiore a 10 micron (in sigla μm), pertanto il PM_{2,5} è un sottoinsieme del PM₁₀, che a sua volta è un sottoinsieme del particolato grossolano, cioè particolato sedimentabile di dimensioni superiori ai 10 μm , 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 μm (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 μm si fermano prima dei bronchioli. Il PM_{2,5} - particolato fine con diametro inferiore a 2,5 μm (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, si forma dalla reazione chimica dei gas emessi in atmosfera, coinvolgendo ossidi di azoto, ossidi di solfuro, ammoniaca (NH₃) e i composti organici vo-

latili (Voc), tra questi il benzene, classificato come cancerogeno certo di gruppo 1 dall'Agencia 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 generalmente da solfati, ammonio, ioni idrogeno, particelle di carbone, metalli pesanti tra cui il piombo, mercurio, arsenico, ceramiche- utilizzate nei materiali frenanti- 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 sempre nella fase di atterraggio.

2.1 Esposizione al particolato e malattie

La frazione di particolato più dannosa per la salute è il particolato fine ed ultrafine infatti in virtù delle sue dimensioni sub-microscopiche può attraversare la barriera ematocerebrale e placentare, gli alveoli, penetrare nelle arterie, nel cervello, nei nuclei delle cellule, modificare l'epigenoma determinando alterazioni tali da innescare processi patologici responsabili di malattie cronico-degenerative, infiammatorie e tumorali. Nell'ottobre del 2013 l'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (Iarc) ha classificato il PM fine ed ultrafine tra le sostanze cancerogene certe per le quali non esiste alcuna soglia ammissibile di sicurezza per la salute umana. Tale classificazione ha fatto seguito anche ai risultati dello studio ESCAPE - European Study of Cohortes for Air Pollution Effects del luglio 2013 che ha dimostrato come le polveri sottili aumentino il rischio di ammalarsi di tumore del polmone; in particolare l'aumento di rischio era del 18% per incrementi di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{2,5} e del 22% per incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM₁₀ nell'aria. Per l'esposizione cronica al PM attraverso l'aria è stato anche dimostrato un ruolo determinante nella patogenesi di malattie cerebrovascolari e cardiovascolari attraverso diversi meccanismi biologici tra cui l'attivazione di processi di infiammazione endoteliale come evidenziato con sempre maggiore chiarezza da una vasta ed importante e documentazione scientifica (International Particulate matter air pollution and cardio-

vascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010 Jun 1;121(21):2331-78).

Sempre più numerosi anche gli studi che evidenziano un incremento di malattie cardiovascolari tra i residenti in aeree poste in prossimità di aeroporti in relazione anche all'esposizione al particolato prodotto dalle emissioni degli aerei e dal connesso traffico veicolare (Aviation Emissions Impact Ambient Ultrafine Particle Concentrations in the Greater Boston Area., Hudda N. et al. *Environ Sci Technol*. 2016 Aug 4). Lo studio Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Incidence of Cerebrovascular Events: Results from 11 European Cohorts within the ESCAPE Project (*Environ Health Perspect*. 2014 Sep;122(9):919-25) in prosecuzione del progetto Escape conferma come gli attuali limiti di legge non siano atti a garantire la salute per esposizione al PM: "In sintesi, abbiamo trovato prove suggestive di un'associazione tra l'esposizione a lungo termine alle polveri sottili e incidenza di ictus in 11 coorti europee, in particolare tra i partecipanti ≥ 60 anni di età e tra i non fumatori. L'associazione è stata osservata anche sotto di valori limite europei attuali, indicando effetti nocivi delle particelle fini anche a basse concentrazioni". Da segnalare che i più recenti studi epidemiologici (*Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence Endocrinology* 2015 Oct;156(10):3473-82) supportano l'ipotesi che l'esposizione pre e/o post-natale all'inquinamento ambientale, particolarmente al PM 2.5, agli idrocarburi policiclici aromatici e agli ossidi di azoto- elementi inquinanti presenti anche nelle emissioni aeree- ha un impatto negativo sullo sviluppo neuropsicologico fetale e dei bambini, da tenere presente a margine di questa segnalazione che i bambini che vivono in prossimità di strutture aeroportuali subiscono oltre che gli effetti dell'inquinamento dell'aria anche quelli dell'inquinamento acustico.

2.2 Danni alla vegetazione e agli ecosistemi

Il PM rilasciato dalle emissioni aeree ha anche un'azione climalterante contribuendo al surriscaldamento climatico e provoca danno 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 (SO₂), 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 è 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 così la fotosintesi del sistema vegetale e aumentandone la suscettibilità ad agenti patogeni.

2.3 Una condanna della Cassazione per danno alla vegetazione e alla fauna

Esemplificativa del danno prodotto dagli inquinanti presenti nelle emissioni degli aerei a vegetazione e fauna è la vicenda che nel 2014 ha visto la condanna dopo 15 anni e tre gradi di giudizio in Cassazione del Ministero delle Infrastrutture che è stato condannato al pagamento di circa 8 milioni di euro per la devastazione ambientale provocata dal decollo degli aerei in una area di circa 400 ettari denominata la Brughiera del Dosso, prossima al sedime aeroportuale di Malpensa sulla rotta di decollo degli aerei dalle due piste (35R e 35L). “ Quattro consulenze tecniche d'ufficio (ctu) da parte di docenti del Politecnico e dell'Università degli studi di Milano avevano evidenziato il danno ambientale, ecologico e acustico causato dal sorvolo a bassa quota degli aerei in decollo in un'area inserita e qualificata nella sua totalità dalla Regione Lombardia e dal ministero dell'Ambiente come Riserva naturale protetta del Parco del Ticino. particolare, il carburante incombusto avrebbe provocato “un livello di inquinamento al suolo pari a trenta volte quello che si riscontra al casello di entrata di Milano sud dell'autostrada A1”

causando negli anni la morte di migliaia di alberi e la scomparsa di una molteplicità di uccelli migranti e stazionari.

(http://milano.repubblica.it/cronaca/2014/07/08/news/malpensa_il_decollo_degli_aerei_inquina_il_parco_i_l_ministero_pagher_8_milioni_di_euro-91041272/)”.

3. Aeroporti e inquinamento delle acque

Le strutture aeroportuali, i grandi scali come i piccoli e perfino le avio superfici in erba, rappresentano un potenziale quanto concreto rischio di inquinamento delle acque sia di superficie che profonde soprattutto quando queste strutture sono ubicate in prossimità o dentro zone S.I.C. (Sito di interesse comunitario) e zone ZPS (Zona di protezione speciale) come parchi, fiumi, laghi, risorgive etc. All'interno dei sedimenti aeroportuali avvengono infatti una serie di operazioni ad alto rischio di inquinamento delle acque: procedure di scongelamento degli aeromobili (deicing e anti-icing) per tonnellate di glicole, più o meno miscelato, oltre alle sostanze utilizzate per la pulizia ordinaria dei piazzali e delle piste, in aggiunta agli sversamenti incidentali di carburante. Ogni aeroporto deve e dovrebbe avere un piano approvato dalle Istituzioni competenti per la tutela e la salvaguardia delle falde acquifere idrica e freatica poste in prossimità e/o sottostanti la struttura aeroportuale. Il piano deve prevedere e utilizzare specifici impianti di depurazione, procedure e sistemi di manutenzione per la raccolta ed il trattamento dei liquidi utilizzati e poi dispersi sui piazzali, lungo le vie di rullaggio ed in pista. Lo stato delle acque reflue dopo trattamento dovrebbe essere monitorato periodicamente parimenti al monitoraggio degli inquinanti nell'aria e all'inquinamento acustico.

Da segnalare inoltre che la maggiore disponibilità in ambiente di Ossidi di Azoto (NOx) dovuta anche alle emissioni degli aerei favorisce i processi di eutrofizzazione dei sistemi idrici superficiali con sviluppo di cianobatteri e specie algali che possono rilasciare sostanze tossiche e cancerogene e compromettere gli interi ecosistemi e la qualità delle acque spesso destinate a consumo umano e ad uso irriguo.

4. Gli studi

La letteratura scientifica e gli studi sull'impatto ambientale e sanitario del trasporto aereo sono a disposizione da diversi decenni e sono sempre più numerosi evidenziando la sinergia tra gli effetti generati dall'inquinamento dell'aria e quello acustico sulla salute umana.

4.1 *L'inquinamento dell'aria*

Secondo la relazione del 2015 dell'Agenzia Europea per l'ambiente- EEA (<http://www.eea.europa.eu/it/pressroom/newsreleases/multi-cittadini-europei-sono-ancora>) l'inquinamento atmosferico è il principale fattore di rischio ambientale per la salute in Europa; riduce la durata di vita delle persone e contribuisce alla diffusione di gravi patologie quali malattie cardiache, problemi respiratori e cancro e si stima che nel 2011 l'inquinamento atmosferico sia stato responsabile di oltre 430 000 morti premature in Europa. L'inquinamento atmosferico si ripercuote in vari modi sulla salute in dipendenza anche delle condizioni del singolo soggetto, dell'età e della durata dell'esposizione. Gli effetti deleteri dell'inquinamento ambientale sono tanto maggiori quanto è più precoce l'esposizione e quindi particolarmente vulnerabili sono il periodo gestazionale, neonatale, infantile e adolescenziale. Gli inquinanti atmosferici possono avere effetti tanto sulle vie respiratorie che su altri apparati ed organi, inducendo o contribuendo all'insorgenza di numerose patologie: infiammazione delle alte e basse vie respiratorie, asma (soprattutto in età pediatrica), riduzione dello sviluppo e delle funzioni dell'apparato respiratorio, aterosclerosi e patologie cardiovascolari, malattie neurodegenerative, dismetaboliche e tumori. Ad oggi numerosi studi mostrano che gli inquinanti atmosferici sono fattori implicati nella etiologia delle patologie legate all'apparato respiratorio e cardiaco. In particolare i risultati del recente e ampio studio italiano EPIAIR2 (Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione), che ha coinvolto 25 città italiane ha confermato l'associazione tra gli effetti del particolato atmosferico e il rischio di mortalità e ricoveri per patologie correlate all'inquinamento atmosferico. Le attività ordinarie degli aeroporti e il connesso traffico veicolare non causano soltanto inquinamento acustico ma anche inquinamento dell'aria.

4.2 *Le emissioni*

Le emissioni di inquinanti da trasporto aereo sono in dipendenza del numero di movimenti aerei giornalieri, del tipo di motori, del peso degli aeromobili e del tragitto, e la loro dispersione è dipendente da una serie di variabili meteorologiche a cominciare dalla presenza dei venti, dalla loro forza e direzione. 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 risultano ancora più dannose. In generale a bassa quota la combustione avviene con minore efficienza e le percentuali delle emissioni di CO e UHC (Idrocarburi incombusti - Unburned HydroCarbons) sono più elevate. Queste emissioni, costituite da gas e polveri (PM - Particulate Matter), alterano la concentrazione dei gas serra naturali, a cominciare dall'anidride carbonica (CO₂), l'ozono (O₃) e il metano (CH₄); innescano anche la formazione di scie di condensazione e aumentano gli addensamenti di nubi contribuendo fortemente, anche in questa maniera, al surriscaldamento climatico. Gli effetti più studiati e rilevanti sulla salute dei principali inquinanti gassosi presenti anche nelle emissioni degli aerei e dispersi in atmosfera possono così essere riassunti:

- gli Ossidi di Azoto (NO, NO₂, NO_x) provocano: irritazione dell'apparato respiratorio, degli occhi, bronchiti e malattie cardiovascolari.
- I biossidi di zolfo (SO_x) provocano: irritazione delle mucose nasali e malattie respiratorie.
- Il monossido di Carbonio (CO) riduce il legame tra emoglobina e l'ossigeno (O₂) provocando disturbi psicomotori, danno al sistema respiratorio, vascolare e nervoso.

4.3 *Gli studi sulle emissioni*

Uno studio particolarmente importante, pubblicato già nel 1999, ha studiato l'impatto del trasporto aereo sul clima e l'ozono 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). Tra le raccomandazioni di questo studio si può leggere: “adottare politiche di sostituzione con altri mezzi di trasporto” e “disincentivare l'uso disinvolto del trasporto aereo con tasse o prelievi ambientali e con il commercio dei diritti di emissione”. Uno studio anch'esso di particolare importanza Aircraft Particulate Matter Emission Estimation Trough all Phases of Flight (2005), commissionato e finanziato dall'ente Eurocontrol, ha analizzato in dettaglio le emissioni di polveri (PM), particolato grossolano, sottile ed ultrasottile in tutte le fasi del volo, oltre ai tradizionali gas rilasciati nelle emissioni dei motori: l'anidride carbonica (CO₂), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi di azoto (NO_x), gli idrocarburi, il vapore acqueo (H₂O). 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. Nella review pubblicata nel 2014 *Airports and air quality: a critical synthesis of the literature* (Epidemiol Prev 2014; 38(3-4):254-261), dopo una attenta analisi della letteratura al momento disponibile per la valutazione del contributo degli aeroporti all'inquinamento atmosferico si sottolinea quanto segue: “... Il contesto specifico in cui l'aeroporto si colloca e i volumi di traffico sono elementi decisivi per stabilire l'impatto potenziale dell'infrastruttura e i risultati delle valutazioni sono difficilmente esportabili. Per stimare quantitativamente il contributo dell'aeroporto, appare fondamentale l'integrazione di misure puntali di inquinanti e parametri meteo, con il supporto di modelli deterministici ed empirici. Le sorgenti aeroportuali si caratterizzano per modalità non comuni di emissione del materiale particolato e ossidi di azoto (in particolare le emissioni in fase di decollo). Infatti, le misure ad alta risoluzione temporale mostrano caratteristiche uniche in relazione all'evoluzione spazio-temporale della concentrazione di NO_x, di UFP e della distribuzione dimensionale delle particelle che gli strumenti di monitoraggio routinario non possono rilevare adeguatamente. Per passare da una valutazione qualitativa (l'osservazione della presenza di associazione tra picchi di concentrazione e movimenti degli aeromobili) a una stima quantitativa del loro contributo ai livelli osservati, occorre sviluppare modelli statistico-matematici utilizzando covariate meteorologiche e rappresentative dell'uso del territorio e delle attività aeroportuali. Il buon esito delle stime è subordinato a

una pianificazione attenta e alla reperibilità delle informazioni essenziali per alimentare sia un inventario sia i modelli di diffusione, non sempre disponibili e spesso molto incerte. Tali dati (modello di velivolo, tipologia di motore, orario del volo, piano di avvicinamento e allontanamento dalla pista, tracciato della pista, modello e tipologia dei mezzi a terra, tipologia delle sorgenti ausiliarie impiegate nell'aeroporto) sono la base, e sarebbe auspicabile che fossero resi pubblici, come accade già ora negli Stati Uniti". Queste conclusioni evidenziano tutti i limiti e le difficoltà delle attuali misurazioni per quantificare l'inquinamento dell'aria determinato dalle attività aeroportuali e possono essere anche alla base di possibili sottostime come segnalato anche in vari lavori scientifici. Si vedano a questo proposito anche i lavori: Emissions from an International Airport Increase Particle Number Concentrations 4-fold at 10 km Downwind (Environ Sci Technol. 2014 Jun 17; 48(12): 6628– 6635.); Analysis of the effects of meteorology on aircraft exhaust dispersion and deposition using a Lagrangian particle model (Sci Total Environ. 2016 Jan 15;541:839–56.).

5. L'inquinamento acustico

Il crescente inquinamento acustico generato da più fonti rappresenta una minaccia sempre più rilevante per il benessere psico-fisico delle persone e in particolare per i bambini e dei più giovani; si stima che nei Paesi ad alto reddito dell'Europa occidentale (circa 340 milioni di residenti) ogni anno vengano persi almeno un milione di DALYs (Disability-Adjusted Life Years) a causa del rumore ambientale. Il rumore ambientale, in particolare quello di origine aeroportuale, è un fattore di rischio che può avere importanti ripercussioni sullo stato di salute sia fisico che psichico e spirituale. I danni possono essere distinti come diretti, quelli di tipo uditivo, e indiretti quelli dovuti all'ipersecrezione di catecolamine e cortisolo, alla continua stimolazione del sistema nervoso centrale, alla continua stimolazione del sistema nervoso autonomo, in risposta allo stress cronico psico-fisico causato dal rumore aereo.

Una lunga serie di studi osservazionali e sperimentali hanno dimostrato che l'esposizione al rumore aumenta l'incidenza di ipertensione e malattie cardiovascolari e compromette le prestazioni cognitive dei bambini e degli studenti. 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. Negli ultimi anni, con la realizzazione di alcuni progetti e stata favorita, a livello europeo, la ricerca per approfondire il rapporto tra rumore e salute cardiovascolare, ad esempio il progetto Ennah (European network on noise and health) si è posto come obiettivo principale la costituzione di una rete di comunicazione tra scienziati in merito agli effetti del rumore sulla salute delle popolazioni esposte. 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/rumoreNotturno.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 To-

scana. 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 è 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 più vulnerabili. Tutte le nazioni devono essere incoraggiate a ridurre gradualmente, nella maniera più efficace possibile, la quota di popolazione esposta a livelli acustici che superano i 55 e, poi i 40 decibel”. Un progetto internazionale di ricerca, finanziato dalla Comunità europea, ha permesso la realizzazione dello studio, iniziato nel 2005, Hypertension and Exposure to Noise near Airports (Hyena): study design and noise exposure assessment” che ha mostrato chiaramente la correlazione tra inquinamento acustico prodotto dal traffico aereo e quello automobilistico e lo sviluppo d'ipertensione arteriosa nei soggetti esposti. Questo studio rappresenta, per le sue caratteristiche uno degli studi di riferimento più importanti a livello internazionale ed 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 (Londra, Berlino, Amsterdam, Atene, Stoccolma e Milano). In Italia sono state selezionate 1.000 persone residenti vicino

all'aeroporto di Milano Malpensa. Le conclusioni di questo studio, presentate 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 (evidenziando un eccesso di rischio per l'ipertensione arteriosa del 10% per ogni incremento nei livelli di rumore pari a 10 dBA), mentre non subirebbe variazioni, con l'esposizione nelle differenti ore della giornata, il rischio associato al rumore automobilistico. L'ipertensione arteriosa aumenta conseguentemente 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.

Nel 2013 una revisione dal titolo *Auditory and non-auditory effects of noise on health* di Basner et al. pubblicata sulla rivista *Lancet* ha sintetizzato i risultati di tutte le ricerche condotte su gli effetti del rumore concludendo: "Il rischio di contrarre patologie cardiovascolari, insonnia e disturbi delle fasi del sonno, irritabilità, astenia, disturbi del sistema endocrino, del sistema digestivo e dell'udito, è elevatissimo nelle persone che subiscono inquinamento acustico. 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". Nella ricerca *Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study* pubblicata nel 2013 sul *British Journal of Medicine* è stata valutata l'esposizione al rumore degli aerei e il rischio di ospedalizzazione per le malattie cardiovascolari in circa 6 milioni di persone anziane (dai 65 anni in su) residenti in prossimità di 89 aeroporti americani. La ricerca ha evidenziato un'associazione statisticamente significativa tra l'esposizione al rumore degli aerei e il rischio di ospedalizzazione per le malattie cardiovascolari tra gli anziani che vivono vicino agli aeroporti.

Sempre nel 2013 e sempre sul *British Journal of Medicine* è stato pubblicato l'articolo "Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study". L'intento dello studio è stato quello di investigare l'associazione tra il rumore generato dai movimenti aerei e il rischio di ictus, malattia coronarica e malattie cardiovascolari nella popolazione generale nel periodo 2001-2005. Lo studio

ha riguardato circa 3.600.000 persone residenti in 12 quartieri di Londra e nove distretti ad ovest della città, esposti al rumore degli aerei nell'aeroporto di Heathrow. Lo studio ha evidenziato una correlazione sia per mortalità che ricoveri ospedalieri tra esposizione al rumore degli aerei ed ictus cerebri, malattia coronarica e malattie cardiovascolari. Tra gli studi più recenti anche i risultati dello studio ecologico francese pubblicato nel 2015 “ Does exposure to aircraft noise increase the mortality from cardiovascular disease in the population living in the vicinity of airports? Results of an ecological study in France” condotto in 161 Comuni vicini ai tre principali scali francesi: Parigi-Charles de Gaulle, Lione-Saint-Exupéry e Tolosa -Blagnac, mostrano una associazione tra l'esposizione al rumore degli aerei e l'incremento della mortalità per malattie cardiovascolari, malattie coronariche e infarto del miocardio anche in presenza di fattori di confondimento legati in particolare l'inquinamento atmosferico. Lo studio NORAH (Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health) ha rappresentato la più ampia indagine sugli effetti dell'esposizione a trasporto aereo, stradale e rumore da traffico ferroviario che sia mai stata realizzata prima in Germania. L'indagine è stata condotta da nove istituti scientifici tedeschi indipendenti. I risultati presentati nel corso della International Conference on Active Noise Abatement (12 -13 November 2015, Frankfurt) confermano gli effetti dannosi del rumore aereo in ambiente scolastico ed hanno evidenziato come all'intensificarsi del rumore degli aerei corrisponda un rischio crescente anche di sviluppare depressione (per ogni aumento di 10 dBA di rumore prodotto dagli aerei il rischio di depressione aumenta di circa 8,9 per cento). Tutte le malattie come noto hanno anche una ricaduta in termini economici e sociali, nel 2013 lo studio Social and economic consequences of night-time aircraft noise in the vicinity of Frankfurt/Main airport (Greicer E., Glaeske G.) ha fornito anche una stima potenziale dei costi sociali ed economici correlati alle malattie indotte dal rumore notturno causato dagli aerei nei residenti nelle vicinanze dell'aeroporto di Francoforte. Nello studio si stima che i costi totali ammontino a più di 1,5 miliardi di euro, con un eccesso di 23400 casi di malattie trattate negli ospedali e di 3400 morti.

5.1 Inquinamento acustico e disturbi neurocognitivi

I bambini e gli adolescenti rappresentano un gruppo estremamente

vulnerabile agli effetti dell'inquinamento atmosferico, acustico ed elettromagnetico in quanto organismi in fase di accrescimento con modalità diverse dagli adulti circa maturazione e funzione del sistema immunitario, metabolico, endocrino, respiratorio e neurocognitivo. Sempre per le stesse ragioni sta assumendo sempre più rilevanza nell'etiopatogenesi delle malattie l'esposizione materno fetale e addirittura preconcezionale all'inquinamento ambientale anche di tipo acustico, una recente review correla l'esposizione al rumore durante la gravidanza al basso peso alla nascita (Reproductive Outcomes Associated with Noise Exposure - A Systematic Review of the Literature. *Int J Environ Res Public Health*. 2014 Aug; 11(8): 7931-7952.). Da decenni sono ben documentati i disturbi dell'apprendimento in studenti che frequentano scuole ubicate in aree sottoposte ad inquinamento acustico proveniente da più fonti e in particolare dal trasporto aereo. Le abilità cognitive si sviluppano dall'integrazione di informazioni che derivano dalla capacità di attenzione, di lettura e di memorizzazione e capacità di riconoscimento dei suoni, il rumore ambientale è un fattore di disturbo di tutte queste abilità. Nello studio "Exposure-Effect Relations between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension The RANCH (Road Traffic & Aircraft Noise & Children's Cognition & Health) Project", pubblicato nel 2006 sull'*American Journal of Epidemiology*, 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 età frequentanti 89 scuole situate in prossimità 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 è rilevato che l'esposizione all'inquinamento acustico pregiudica la capacità di leggere correttamente. L'esposizione al rumore da traffico automobilistico non sembra avere un effetto altrettanto significativo sulla capacità di leggere ma è risultato dannoso nei confronti della memoria. Un'esposizione a livelli elevati di entrambi i tipi di inquinamento acustico è stata associata ad una peggiore qualità 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 salutarî né adatti all'educazione e alla crescita dei bambini. Nel 2012 è stato pubblicato il lavoro "Does Traffic-related Air Pollution Explain Associations of Aircraft and Road Traffic Noise Exposure on Children's Health and Cognition? A Secondary Analysis of the United Kingdom Sample From the RANCH Project", realizzato su un sottocampione dello studio RANCH. Lo studio ha esaminato 719 bambini di età compresa tra i 9 e i 10 anni frequentanti 22 scuole ubicate in prossimità dell'aeroporto londinese di Heathrow. Lo studio ha tenuto conto anche dell'inquinamento dell'aria, in particolare della presenza di NOx (Ossidi di Azoto). Le conclusioni dello studio confermano i risultati della ricerca precedente circa i disturbi di tipo cognitivo e specificamente circa la capacità di comprensione nella lettura e danno una chiara indicazione di politica sanitaria ovvero quello di allontanare i bambini da scuole poste in prossimità di aeroporti perché inadatte alla crescita culturale (la capacità di lettura e comprensione di un testo è fondamentale nella formazione culturale, scolastica e spirituale) e perché luoghi di scarsa tutela della salute per le obiettive implicazioni sanitarie dell'inquinamento acustico. Nel 2015 la review Health Effects of Noise Exposure in Children (Stanfeld S. et al.) ha confermato gli effetti già riportati nei lavori precedenti e in linea con i risultati della letteratura internazionale ed ha anche segnalato lavori che evidenziano una relazione tra l'esposizione al rumore e iperattività nei bambini e la correlazione, in altri, tra esposizione gestazionale al rumore e basso peso alla nascita e nascite pre-termine.

5.2 Gli studi italiani

Sul territorio italiano sono dislocati oltre 100 aeroporti tra civili e militari. Oltre il 70 per cento di questi aeroporti si trovano all'interno di contesti urbani (assumendo la distanza massima di 10 km dal centro della città di riferimento - fonte One Work, Nomisma, Kpmg 2010 -). Il numero eccessivo di aeroporti, la crescita diurna e notturna della movimentazione aerea sugli scali, il loro contesto entro città in forte espansione per numero di residenti ed abitazioni è la ragione del rilevante impatto ambientale e sanitario del trasporto aereo anche in Italia negli ultimi decenni. Il contributo dei gruppi di ricerca italiani allo studio delle problematiche ambientali e sanitarie causate dal trasporto aereo anche tramite la partecipazione a network di ricerca europea come il progetto HYENA (HY-

pertension and Exposure to Noise near Airports) è rilevante; in questo paragrafo verranno segnalati alcuni lavori rimandando alla bibliografia in calce per gli altri e per una più approfondita consultazione sull'argomento. Nel 2003 lo studio 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) ha valutato i danni alla salute in donne residenti in prossimità dello scalo Milano Malpensa. Lo studio epidemiologico promosso dalla Asl di Varese in risposta alle crescenti preoccupazioni della popolazioni per l'aumento delle attività aeroportuali (nel 1998 veniva inaugurato l'aeroporto intercontinentale Malpensa 2000), ha coinvolto 92 medici di medicina generale - MMG ed ha avuto come campione 932 donne casalinghe di età compresa tra i 18 e i 64 anni che trascorrevano in casa almeno 16 ore al giorno. L'indagine, denominata Salus Domestica, si è svolta nel periodo maggio-novembre 2000, ed è consistita nella rilevazione di informazioni sullo stato di salute delle donne effettuata dai MMG; i dati sulle patologie osservate negli ultimi due anni provenivano dagli archivi dei MMG, mentre i dati sui disturbi percepiti dalle donne nell'ultimo anno erano ricavati dal questionario utilizzato nelle interviste. Lo studio ha dato in sintesi i seguenti risultati: "Il campione era costituito da 387 donne nell'area A, 253 donne nell'area B, 292 donne nell'area C. Il rumore è causa di fastidio continuo e disturba anche di notte; nel 98% delle donne residenti nell'area A contro il 73% delle residenti nell'area intermedia e il 38% delle residenti nell'area C. "Sonno insoddisfatto", "risvegli notturni", "stato d'ansia" e "parole male percepite" erano disturbi riferiti, con odds ratio di poco inferiori a 3, nelle donne rispondenti più esposte al rumore degli aerei; inoltre, i MMG, negli ultimi due anni, hanno rilevato nelle casalinghe dell'area A una maggiore presenza di cefalea rispetto all'area C e una maggiore presenza di allergie e nevrosi ansiosa rispetto alle aree B e C (Tabella). Nell'ultimo anno, il numero di donne che ha richiesto una visita al proprio MMG o da uno specialista è stato significativamente maggiore nell'area A, rispetto alle altre aree, così come è stata maggiore la prescrizione di farmaci ansiolitici (24%) e ipnotici (14%). I MMG indicano una maggior presenza di cefalea, di allergie e di nevrosi ansiosa nell'area A, ma non un eccesso di malattie respiratorie né di ipoacusia, in contrasto con le maggiori frequenze di disturbi delle vie respiratorie e di "parole mal percepite" riferiti dalle donne dell'area A".

5.3 *Il progetto SERA (Studio sugli Effetti del Rumore Aeroportuale)*

Il progetto SERA è stato il primo network italiano che ha valutato gli effetti del rumore e dell'inquinamento atmosferico tra i residenti nei pressi degli aeroporti di Torino-Caselle, Pisa-San Giusto, Venezia-Tessera, Milano-Linate, Milano-Malpensa e Roma-Ciampino. In questo progetto sono state riunite le esperienze esistenti in Italia in temi di acustica, modellistica del suono, mappatura acustica, valutazione dell'inquinamento atmosferico attraverso un sistema integrato di modellistica e misure, epidemiologia e valutazione di impatto sanitario. Nelle conclusioni del progetto di ricerca si può leggere: "Lo studio SERA ha evidenziato la presenza di una associazione tra esposizione al rumore di origine aeroportuale e livelli di pressione arteriosa sistolica nella popolazione residente nei pressi degli aeroporti di di Torino-Caselle, Pisa-San Giusto, Venezia-Tessera, Milano-Linate e Milano-Malpensa e Roma-Ciampino. Il rischio di avere valori di pressione sistolica aumentata tende ad essere maggiore nelle ore serali. Esiste, inoltre, una robusta associazione tra il rumore generato dal traffico aereo e l'annoyance. Lo studio ha evidenziato anche una chiara relazione tra disturbi del sonno e rumore di origine aeroportuale". E ancora si legge: "I risultati del progetto confermano che l'inquinamento acustico e atmosferico originato dagli aeroporti è un problema ambientale di assoluta rilevanza per la salute pubblica delle popolazioni interessate e giustifica l'esigenza di una valutazione epidemiologica periodica dello stato di salute dei residenti in prossimità dei grandi aeroporti italiani, nonché l'urgenza di programmi di intervento, in qualche caso già avviati, atti a ridurre l'esposizione della popolazione, quali la riduzione drastica del numero di voli. Eventuali progetti di costruzione di nuovi aeroporti o di modifiche strutturali ad aeroporti già esistenti, specialmente in zone densamente popolate, non potranno non tenere conto di questi risultati". L'VIII Rapporto dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Ispra ed. 2012 sulla qualità dell'ambiente urbano "Focus su porti aeroporti e interporti" da pag. 127 a pag. 186 dedica a questo argomento alcuni contributi importanti di studio ed approfondimento tra cui segnaliamo: "L'impatto dell'inquinamento ambientale prodotto dagli aeroporti sulla salute dei residenti" (Ancona C., Licitra G., Cattani C., Sozzi R., Forastiere F.).

Segnaliamo anche il lavoro: “ Valutazione dell’impatto del rumore aeroportuale sulla salute della popolazione residente nelle vicinanze di sei aeroporti italiani Health Impact Assessment of airport noise on people living nearby six Italian airports, pubblicato sulla rivista *Epidemiologia e Prevenzione* nel 2014 che afferma: “La valutazione condotta nell’ambito del progetto SERA Italia ha fornito una stima quantitativa dell’impatto sanitario complessivo del rumore aeroportuale sulla salute delle popolazioni residenti nei pressi dei 6 aeroporti italiani studiati. L’impatto è rilevante, specie per gli aeroporti di Roma Ciampino e Torino Caselle, e giustifica l’urgenza di programmi di intervento atti a ridurre l’esposizione della popolazione che in qualche caso sono stati già avviati”.

5.4 Studi sui residenti nel Comune di Ciampino ed aree limitrofe

La città di Ciampino è sita a pochi km dalla capitale, nel quadrante sud-est di Roma, a poca distanza dal Grande Raccordo Anulare ed è nata nel 1910. L’attuale aeroporto è sorto nel 1916 come la più grande struttura aeronautica italiana del tempo, destinata esclusivamente a base per i dirigibili. Dopo la seconda guerra mondiale e in seguito a lavori di ammodernamento, fatti in occasione del Giubileo del 1950, l’aeroporto è diventato lo scalo internazionale della capitale ed è rimasto tale fino al 1960, sostituito successivamente dall’aeroporto internazionale di Fiumicino. Lo scalo di Ciampino è gestito dalla Società Aeroporti di Roma (AdR), insieme all’Aeroporto intercontinentale “Leonardo da Vinci” di Fiumicino, con il quale forma il sistema aeroportuale della capitale. Nel corso degli anni la città di Ciampino ha subito un intenso incremento del numero dei suoi residenti; oggi con circa 40 mila abitanti, presenta la più alta densità abitativa del Lazio. Parallelamente a questo incremento residenziale la città ha subito un forte sviluppo edilizio che, nel suo perimetro cittadino, è avvenuto per lo più nel rispetto di norme modulate in considerazione del modesto traffico aereo gravante sull’aeroporto. Il Comune di Ciampino è anche sede di un importante snodo ferroviario per i collegamenti diretti verso il Sud Italia ed è attraversato da importanti arterie stradali ad intenso traffico veicolare. Dal 2000 lo scalo di Ciampino ha iniziato ad essere sottoposto ad un vertiginoso aumento di voli soprattutto delle compagnie aeree low-cost che nel giro di qualche anno ha portato il numero di passeggeri annui prima

sempre al di sotto del milione a punte di oltre 5 milioni e mezzo di passeggeri. L'indiscriminato aumento dei voli ha determinato e determina uno stato di crescente preoccupazione nelle popolazioni per il proprio stato di salute. Diversi studi hanno evidenziato il reale fondamento di quanto lamentato e denunciato costantemente da cittadini, associazioni e comitati. Lo studio "Valutazione del rischio ambientale nel comune di Ciampino in relazione all'inquinamento atmosferico" realizzato dalla professoressa Giovanna Jona Lasinio e dalla dr.ssa Sara Zuzzi dall'Università "La Sapienza" di Roma e dal dr. Mario Santoro dell'Università di "Tor Vergata" di Roma, ha valutato il rischio-pressione, inteso come rischio potenziale ambientale, per quanto riguarda le emissioni in atmosfera di alcuni elementi inquinanti. Sono stati esaminati: il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NOx), gli idrocarburi volatili diversi dal metano (NMVOC), il metano (CH₄), le polveri del diametro di 10 micron (PM₁₀), l'anidride carbonica (CO₂), le anidridi solforose (SO_x), il piombo (Pb) e il benzene, prodotti dal traffico veicolare urbano, dallo scalo aeroportuale e da attività industriali (valutate con tecnica NAMEA-EuroStat-Istat). Lo studio mostra dal 2004 al 2005, una pressione crescente in termini di emissioni inquinanti nel Comune di Ciampino, in presenza di una densità abitativa doppia rispetto a Roma, e questo in assenza di una adeguata rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Un altro lavoro dal titolo "Studio della mortalità per cause nel Comune di Ciampino e Comuni limitrofi negli anni 1987-2002", realizzato dagli stessi autori del precedente, e presentato nel maggio 2007, mostra come dato significativo l'aumento del rischio di mortalità per malattie respiratorie più alto del 60% nel comune di Ciampino in confronto dello stesso rischio in Italia, nella Regione Lazio e nella Provincia di Roma. Questo aumento rispetto a quello del precedente periodo osservato e compreso tra gli anni 1987 e 1995, sembra coincidere con l'incremento del numero dei movimenti aerei su Ciampino avvenuto proprio nel periodo che va dal 1996 al 2002.

Nelle considerazioni conclusive, a fronte di questo risultato, gli autori chiedono all'amministrazione del Comune di Ciampino di: "...realizzare un'analisi epidemiologica più approfondita nella quale sia possibile mettere in relazione cause di morte e ricoveri con risultati d'indagini ambientali sul territorio ad esempio misure della qualità dell'aria e quant'altro necessario".

I risultati della ricerca denominata Cristal ntro Regionale Infrastrutture Sistemi Trasporto Aereo dell'Aeroporto di Roma-Ciampino (C.R.I.S.T.A.L.), realizzata dall'Arpa su mandato della Regione Lazio, presentati nel marzo 2009, hanno evidenziato come le persone residenti nei comuni di Ciampino, Marino e del X Municipio di Roma, siano sottoposte a livelli d'inquinamento acustico da traffico aereo estremamente preoccupanti.

(<http://www.comune.ciampino.roma.it/news/22-ambiente/1218-cristal-dati-regionali-sull-inquinamento-acustico.html>).

Lo studio S.Am.Ba (Studio sugli effetti dell'ambiente sulla salute dei bambini residenti a Ciampino e Marino) è stato condotto su 700 bambini (età 9-11 anni) che frequentavano nel 2009 classi IV e V di 14 scuole elementari situate nei comprensori di Ciampino e Marino. Le conclusioni della ricerca presentata nel 2012 affermano: "Lo studio ha evidenziato una associazione tra rumore ambientale misurato all'esterno delle scuole e difetti nella discriminazione uditiva dei bambini. Questo deficit si conferma e si rafforzato quando si studia l'esposizione a rumore aeroportuale stimato a livello dell'abitazione del bambino. I bambini che vivono in abitazioni dove si stima un più elevato livello di rumore aeroportuale mostrano anche difetti delle capacità di apprendimento. In linea con la letteratura internazionale non si osservano effetti sui livelli di pressione arteriosa mentre si conferma un forte effetto del rumore, sia a scuola ma soprattutto a casa, sul fastidio percepito (annoyance) dai bambini". Nel 2014, a conferma sempre della grande preoccupazione circa lo stato sanitario dei residenti anche la ricerca "Inquinamento atmosferico in un'area urbana limitrofa all'aeroporto di Roma-Ciampino Air pollution in an urban area nearby the Rome-Ciampino city airport", pubblicata sulla rivista *Epidemiologia e Prevenzione*, conclude: "Lo studio ha messo in luce incrementi rapidi e intermittenti della concentrazione di particelle ultrafini, soot e materiale particolato nella frazione coarse associati ai movimenti degli aeromobili. Considerati i livelli e la frequenza degli episodi, appare opportuno approfondire il contributo di questi all'esposizione della popolazione".

6. L'inquinamento elettromagnetico

Questa particolare forma d'inquinamento generata da campi elettromagnetici è ancora un aspetto marginalmente studiato in relazione al trasporto aereo. Nel 2013 l'Agenzia internazionale di ricerca sul cancro-Iarc ha classificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza-RF (da 30kHz a 300 Ghz) come possibili cancerogeni di classe 2 B per l'uomo.

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 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, stazioni di ripetizione dei segnali radio-tv e telefonici, aree wireless, i propri telefoni cellulari e altri dispositivi ad uso personale come tablet e computer. 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, è 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 (Valesini G. et al., Geographical clustering of scleroderma in a rural area in the province of Rome. Clin Exp Rheumatol. 1993 Jan-Feb;11(1):41-7).

6.1 Campi elettromagnetici ed effetti biologici

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 è necessaria una sempre migliore comprensione degli effetti “non termici”. Gli organismi viventi scambiano continuamente energia con l'ambiente circostante tramite la loro attività metabolica e sono lontani dall'equilibrio termico. Per questo motivo l'aggiunta anche di piccole quantità di energia può comportare conseguenze significative per la stabilità energetica dell'intero organismo. Una parte dell'energia dei sistemi viventi serve a mantenere attività elettriche oscillatorie di vario tipo, nelle quali vengono immagazzinate determinate quantità di energia. Esempi di tali attività 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 così via. Questi sono solo gli esempi più familiari, che la medicina riconosce ed utilizza ormai da tempo, per esempio a scopi diagnostici (elettrocardiogramma, elettroencefalogramma, elettromiogramma) per citare le tecniche diagnostiche più 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 attività 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 può sintonizzarsi su una frequenza esterna, cioè riconoscerla e ricevere energia da un’onda EM caratterizzata da quella frequenza specifica amplificandola ad un livello di intensità più potente, così i circuiti EM biologici possono sintonizzarsi e ricevere energia da radiazioni esterne.

In particolare, se la frequenza esterna eguaglia o è molto prossima a quella di una bioattività, quest’ultima può essere influenzata in vario modo, con meccanismi “non termici” o “a bassa intensità” quali:

- “amplificazione risonante”, che può portare a raggiungere un livello energetico inaccettabilmente alto da un punto di vista biologico;
- “interferenza”, risultante in un degrado o nell’inibizione di alcune attività 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 è inadeguata.

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

- 1) alterazione del sistema immunitario determinato dalla capacità delle onde elettromagnetiche di modificare il contenuto informale dei segnali bioelettromagnetici intra ed extracellulari,
- 2) modificazioni della permeabilità 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 Ca_2 (omeostasi del Calcio),
- 4) intervento nella produzione di ossido di azoto (NOx) e induzione di “stress ossidativo” con conseguente aumento dei danni prodotti da radicali liberi sulle macromolecole biologiche (lo stress ossidativo aumenta anche la capacità 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'attività elettrica cerebrale e della permeabilità 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'attività cerebrale elettrica, nel sistema neurovegetativo, nelle caratteristiche capillaroscopiche e in quelle oftalmologiche, sviluppo di malattie cardiovascolari in giovane età.

Tutti gli studi evidenziano e concordano sulla necessità 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 telecomunicazione.

7. Conclusioni e proposte

L'attuale sistema di mobilità mondiale contribuisce per oltre un quarto a tutte le emissioni di gas serra ed è fortemente incentrato sul trasporto sia individuale che collettivo su gomma e tende ad incrementare ed incentivare sempre più anche il trasporto aereo.

In Italia a causa dello sviluppo ridotto delle metropolitane urbane, il ritardo nell'ammodernamento dei sistemi ferroviari metropolitani, l'abbandono dei sistemi tranviari elettrici, la vetustà del parco veicolare e l'eterogeneità delle misure adottate per contrastare l'inquinamento atmosferico tra le quali mai viene inserita la riduzione del trasporto aereo, scarsi se non del tutto inutili sono i risultati dei vari piani regionali per il miglioramento della qualità dell'aria e di conseguenza cresce il rischio sanitario correlato, soprattutto nelle grandi città. L'intero sistema dei trasporti deve quindi essere rivisto quanto prima se si vuole tentare di ridurre il surriscaldamento del pianeta, tutelare la salute, gli ecosistemi, l'ambiente e garantire così un futuro di vita dignitoso e sufficientemente adeguato alle esigenze umane alle attuali e alle prossime generazioni. Il diritto alla salute, la tutela del territorio e quindi del patrimonio storico, artistico e paesaggistico, il rispetto delle leggi in materia ambientale e l'applicazione del principio di Precauzione devono fare da orientamento, vincolo e barriera ad ogni scelta di tipo economico-politico e infrastrutturale, ad ogni interesse di impresa che possa compromettere e contaminare beni comuni e fondamentali per la vita stessa come l'aria, l'acqua, il suolo e la salute delle popolazioni. L'Organizzazione Mondiale della Sanità-OMS, la Comunità europea, l'Agenzia internazionale di ricerca sul cancro-Iarc, l'Agenzia europea per l'Ambiente - EEA, le più importanti e prestigiose Istituzioni scientifiche e società mediche internazionali e nazionali raccomandano costantemente la riduzione dell'esposizione a tutte le fonti di inquinamento come prima misura per la tutela della salute ovvero: "Salute in ogni politica"

(<http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-determinants/social-determinants/publications/pre-2007/health-in-all-policies-prospects-and-potentials>),
(http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/).

E il valore fondamentale della salute per ogni comunità è ribadito anche nel documento “Salute 2020 - Un modello di politica europea a sostegno di un’azione trasversale al governo e alla società a favore della salute e del benessere.

(http://www.dors.it/alleg/newcms/201409/Health%202020_ita_DEF_SET2014.pdf).

Il trasporto aereo, gli aeroporti e tutte le strutture ed attività di supporto è ormai dimostrato in modo inoppugnabile che sono una fonte rilevante di inquinamento acustico, atmosferico ed elettromagnetico e un fattore di danno inconfutabile per la salute e l’ambiente. È necessario quindi che in Italia come nel mondo il trasporto aereo sia ridotto e razionalizzato, che non si consenta la realizzazione di nuovi aeroporti nel territorio italiano e che si respingano i progetti di ampliamento di quelli già esistenti. Altrettanto necessario è la definizione di un piano nazionale della mobilità che riduca il traffico su gomma che incentivi l’elettromobilità, il telelavoro, il trasporto su rotaia, sempre nel rispetto delle peculiarità dei territori e dei diritti delle popolazioni interessate, e il trasporto via mare attraverso le cosiddette autostrade del mare e che abbia la tutela dell’ambiente e della salute come elementi cardine.

Bibliografia e sitografia di approfondimento aggiornate al mese di settembre 2016 Alcuni articoli e volumi

- Afanas'ev R.V., Berezin G.I., Raznoschikov 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.
- Adamkiewicz G., Hsu H.H., Vallarino J., Melly S.J., Spengler J.D., Levy J.I., *Nitrogen dioxide concentrations in neighborhoods adjacent to a commercial airport: a land use regression modeling study*. Environmental Health 2010, 9:73
- Aircraft-Noise-and-Public-Health-the-evidence-is-loud-and-clear-final (report ONLINE.pdf). Available at www.aef.org.uk/
- Akan Z., Körpınar M.A., Tulgar M., *Effects of noise pollution over the blood serum immunoglobulins and auditory system on the VFM airport workers, Van, Turkey*. Environ Monit Assess. 2011 Jun;177(1-4):537-43.
- American Heart Association, *Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease An Update to the Scientific Statement*. Circulation. 2010;121:2331-2378
- Ancona C., Forastiere F., *Rumore e inquinamento: l'effetto degli aeroporti sulla salute dei residenti*. *Noise and air pollution: the effect of airports on the health of residents* - Epidemiol Prev 2014; 38 (3-4): 164-166 Current Zoom:
- Ancona C., Licitra G., Cattani G., Roberto Sozzi, Forastiere F., *"L'impatto dell'inquinamento degli aeroporti sulla salute dei residenti"*, in *"Qualità dell'ambiente urbano"* ISPRA-VIII Rapporto ed. 2012- Focus su Porti, Aeroporti e Interporti. Pag. 127-134
- 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
- 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.
- 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'Elettromog) *"Campi elettromagnetici e principio di precauzione"* Prof. Angelo Gino Levis, www.applelettrosmog.it
- Atkinson R.W., Carey I.M., Kent A.J., Van Staa T.P., Anderson H.R., Cook D.G., *Long-term exposure to outdoor air pollution and incidence of cardiovascular diseases*. Epidemiology. 2013;24:44-53.
- Awad E., Zhang X., Bhavsar S.P., Petro S., Crozier P.W., Reiner E.J., Fletcher R., Tittlemier S.A., Braekveelt E., *Long-term environmental fate of perfluorinated compounds after accidental release at Toronto airport*. Environ Sci Technol. 2011 Oct 1;45(19):8081-9.
- 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.
- Barrett S.R., Britter R.E., Waitz I.A., *Global mortality attributable to aircraft cruise emissions*. *Environ Sci Technol.* 2010 Oct 1;44(19):7736-42.
- Basner M., Babisch W., Davis A. et al., *Auditory and non-auditory effects of noise on health*. *Lancet* 2013;383(9925):1325-32.
- Bellingier D.C., *Very low lead exposures and children's neurodevelopment*. *Curr Opin Pediatr.* 2008 Apr;20(2):172-7.
- Bennett M., Christie S.M., Graham A., Thomas B.S., Vishnyakov V., Morris K., Peters D.M., Jones R., Ansell C., *Composition of smoke generated by landing aircraft*. *Environ Sci Technol.* 2011 Apr 15;45(8):3533-8.
- 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.
- Morgan Bettex., *Study suggests pollution from airplanes flying at 'cruise' altitudes contributes to 8,000 deaths per year globally*. MIT News Office, September 28, 2010 (<http://newsoffice.mit.edu/2010/airplane-emissions-0928>)
- 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.
- 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.
- Brook R.D. et al., *Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association*. *Circulation.* 2010 Jun 1;121(21):2331-78. doi: 10.1161/CIR.0b013e3181dbee1. Epub 2010 May 10.
- 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.
- Calderón-Garcidueñas L., Franco-Lira M., Torres-Jardón R., Henriques-Roldán C., Barragán-Mejía G., Valencia-Salazar G., González-Maciel A., Reynoso-Robles R., Villarreal-Calderón R., Reed W., *Pediatric respiratory and systemic effects of chronic air pollution exposure: nose, lung, heart, and brain pathology*. *Toxicol Pathol.* 2007 Jan;35(1):154-62.
- Calderón-Garcidueñas L., Torres-Jardón R., Kulesza R. J., Su-Bin Park, S. B. and D'Angiulli A., *Air pollution and detrimental effects on children's brain. The need for a multidisciplinary approach to the issue complexity and challenges* *Front Hum Neurosci.* 2014; 8: 613. Published online 2014 Aug 12. doi: 10.3389/fnhum.2014.00613 PMID: PMC4129915
- Carslaw D.C., Ropkins K., Laxen D., Moorcroft S., Marnier B., Williams M.L., *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.

- Cattani G., Di Menno di Bucchianico A., Gaeta A., Romano D., Fontana L., Iavicoli I., *Aeroporti e qualità dell'aria: una sintesi critica della letteratura scientifica (Airports and air quality: a critical synthesis of the literature)* Epidemiol Prev 2014; 38 (3-4): 254-261
- Chiffrot 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.
- Clark C., Martin R., Van Kempen E., Alfred T., Head J., Davies H.W., Haines M.M., Lopez Barrio I., Matheson M., Stansfeld S.A., *Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project*. Am J Epidemiol. 2006 Jan 1;163(1):27-37. Epub 2005 Nov 23.
- Clark C., Crombie R., Head J., Van Kamp I., Van Kempen E., Stansfeld S.A., *Does Traffic-related Air Pollution Explain Associations of Aircraft and Road Traffic Noise Exposure on Children's Health and Cognition? A Secondary Analysis of the United Kingdom Sample From the RANCH Project*. Am J Epidemiol. 2012 Jul 25.
- Cohen B.S., Bronzaft A.L., Heikinen M., Goodman J., Nadas A., *Airport-related air pollution and noise*. J Occup Environ Hyg. 2008 Feb; 5(2): 19-29.
- Correia A.W., Peters J.L., Levy J.L., Melly S., Francesca Dominici F., *Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study*. BMJ. 2013; 347: f5561.
- Cristea A., *Trade and the greenhouse gas emission from international freight transport*. Working Paper 17117 <http://www.nber.org/papers/w17117>
- 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.
- Crombie R., Clark C., Stansfeld S.A., *Environmental noise exposure, early biological risk and mental health in nine to ten year old children: a cross-sectional field study*. Environ Health. 2011 May 14;10:39.
- Marinella Correggia. *La rivoluzione dei dettagli*. Feltrinelli, Milano, 2007.
- De Schryver A.M., Brakkee K.W., Goedkoop M.J., Huijbregts M.A., *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.
- De Solla S.R., De Silva A.O., Letcher R.J., *Highly elevated levels of perfluorooctane sulfonate and other perfluorinated acids found in biota and surface water downstream of an international airport, Hamilton, Ontario, Canada*. Environ Int. 2012 Feb;39(1):19-26.
- 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.
- Diez D.M., Dominici F., Zarubiak D., Levy J.L. , *Statistical approaches for identifying air pollutant mixtures associated with aircraft departures at Los Angeles international airport*. Environ Sci Technol. 2012 Aug 7;46(15):8229-35.
- Di Menno di Bucchianico A., Cattani G., Gaeta A., Caricchia A.M., Troiano F., Sozzi R., Bolignano A., Sacco F., Damizia S., Barberini S., Caleprico R., Fabozzi T., Ancona C. Ancona L., Cesaroni G., Forastiere F., Gobbi G.P., Costabile F., Angelini F., Barnaba F., Inglessis M., Tancredi F., Palumbo L., Fontana L., Bergamaschi A., Iavicoli I., *Air pollution in an urban area nearby the Rome-Ciampino city airport*. Epidemiol Prev. 2014 May-Aug;38(3-4):244-53.

- Carpenter D.O., *Electromagnetic fields and cancer: the cost of doing nothing*- Rev Environ Health. 2010 Jan-Mar;25(1):75-80.
- Carpenter D.O., *Human disease resulting from exposure to electromagnetic fields*. Rev Environ Health. 2013;28(4):159-72. doi: 10.1515/reveh-2013-0016.
- Costabile F., Angelini F., Barnaba F., Inglessis M., Tancredi F., Palumbo L., Fontana L., Bergamaschi A., Iavicoli I., *Air pollution in an urban area nearby the Rome-Ciampino city airport*. Epidemiol Prev. 2014 May-Aug;38(3-4):244-53.
- Di Menno di Bucchianico A., Cattani G., Gaeta A., Caricchia A.M., Troiano F., Sozzi R., Bolignano A., Sacco F., Damizia S., Barberini S., Caleprico R., Fabozzi T., Ancona C. Ancona L., Cesaroni G., Forastiere F., Gobbi G.P., Costabile F., Angelini F., Barnaba F., Inglessis M., Tancredi F., Palumbo L., Fontana L., Bergamaschi A., Iavicoli I., *Air pollution in an urban area nearby the Rome-Ciampino city airport*. Epidemiol Prev. 2014 May-Aug;38(3-4):244-53.
- Dodson R.E., Andres Houseman E., Morin B., Levy J.I., *An analysis of continuous black carbon concentrations in proximity to an airport and major roadways*. Atmospheric Environment , 2009
- Elmenhorst E.M., Elmenhorst D., Wenzel J., Quehl J., Mueller U., Maass H., Vejvoda M., Basner M., *Effects of nocturnal aircraft noise on cognitive performance in the following morning: dose- response relationships in laboratory and field*. Int Arch Occup Environ Health. 2010 Oct;83(7):743-51.
- Ergasti G., Pippia V., Murzilli G., De Luca D'Alessandro E., *Climate change and Kyoto protocol*. Ann Ig. 2009 May-Jun;21(3):271-81.
- Eriksson C., Rosenlund M., Pershagen G., Hilding A., Ostenson C.G., Bluhm G., *Aircraft noise and incidence of hypertension*. Epidemiology 2007 Nov; 18(6): 716-21.
- Eriksson C., Hilding A., Pyko A., Bluhm G., Pershagen G., Östenson C.G., *Long-term aircraft noise exposure and body mass index, waist circumference, and type 2 diabetes: a prospective study*. Environ Health Perspect. 2014 Jul;122(7):687-94. doi: 10.1289/ehp.1307115. Epub 2014 May 5.
- European Aviation Environmental Report 2016
(<http://ec.europa.eu/transport/modes/air/aviation-strategy/documents/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf>)
- 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.
- Evrard A.S., Bouaoun L., Champelovier P., Lambert J., Laumon B., *Does exposure to aircraft noise increase the mortality from cardiovascular disease in the population living in the vicinity of airports? Results of an ecological study in France*. Noise Health. 2015 Sep-Oct;17(78):328-36. doi: 10.4103/1463-1741.165058.
- ESCAPE Study. *Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)*. Lancet Oncol. 2013 Aug;14(9):813-22.
- 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=docstype&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.
- Floud S., Blangiardo M., Clark C., De Hoogh K., Babisch W., Houthuijs D., Swart W., Pershagen G., Katsouyanni K., Velonakis M., Vigna-Taglianti F., Cadum E., Hansell A.L., *Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries: a cross-sectional study*. Environ Health. 2013 Oct 16;12:89. doi: 10.1186/1476-069X-12-89.
- Franssen E.A., Van Wiechen C.M., Nagelkerke N.J., Lebreit 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., Pirintzos S.A., Loppi S., *Effects of NO₂ and NH₃ from road traffic on epiphytic lichens*. Environ Pollut. 2006 Jul; 142(1): 58-64.
- Fuhrer J., Skärby L., Ashmore M.R., *Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe*. Environ Pollut. 1997;97(1-2):91-106.
- Gac Sanit., *Impact of particulate matter with diameter of less than 2.5 microns (PM_{2.5}) on daily hospital admissions in 0-10-year-olds in Madrid, Spain*. (2003-2005) 2009 May-Jun;23(3):192-7.
- Gan W.Q., Koehoorn M., Davies H.W., Demers P.A., Tamburic L., Brauer M., *Long-term exposure to traffic-related air pollution and the risk of coronary heart disease hospitalization and mortality*. Environ Health Perspect. 2011 Apr;119(4):501-7.
- Gatti Antonietta e Montanari Stefano, *Nanopathology*, Singapore: Pan Stanford: 2007
- Grajewski B., Pinkerton L.E., *Exposure assessment at 30 000 feet: challenges and future directions*. Ann Occup Hyg. 2013 Jul;57(6):692-4. doi: 10.1093/annhyg/met039. Epub 2013 Jul 1.
- Greiser E.,Greiser C., Janhsen K., *Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class - the Cologne-Bonn Airport study*. Journal of Public Health, Vol.15, Number 5, October 2007, pp. 327-337(11).
- Greiser E., Glaeske G., *Social and economic consequences of night-time aircraft noise in the vicinity of Frankfurt/Main airport* .Gesundheitswesen. 2013 Mar;75(3):127-33. Doi: 10.1055/s-0033-1333785. Epub 2013 Mar 1.
- Guoqing D., Xiaoyi L., Xiang S., Zhengguang L., Qili L., *Investigation of the relationship between aircraft noise and community annoyance in China*. Noise Health. 2012 Mar-Apr;14(57):52-7.
- Hansell A.L., Blangiardo M., Fortunato L., Floud S., De Hoogh K., Fecht D., Ghosh R.E., Laszlo H.E., Pearson C., Beale L., Beevers S., Gulliver J., Best N., Richardson S., Elliott P., *Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study*.BMJ. 2013 Oct 8;347:f5432. Doi: 10.1136/bmj.f5432.
- Haralabidis A.S., Dimakopoulou K., Vigna-Taglianti F., Giampaolo M., Borgini A., Dudley M.L., Pershagen 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.

- 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.

- 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.

- Hohmann C., Grabenhenrich L., De Kluizenaar Y. et al. *Health effects of chronic noise exposure in pregnancy and childhood: a systematic review initiated by ENRIECO*. Int J Hyg Environ Health. 2013;216:217–29.

- Hudda N., Gould T., Hartin K., Larson T.V., Scott A., Fruin S.A., *Emissions from an International Airport Increase Particle Number Concentrations 4-fold at 10 km Downwind*. Environ Sci Technol. 2014 Jun 17; 48(12): 6628–6635.

-Hudda N., Simon M.C., Zamore W., Brugge D., Durant J.L., *Aviation Emissions Impact Ambient Ultrafine Particle Concentrations in the Greater Boston Area*. Environ Sci Technol. 2016 Aug 4

- Huss A., Spoerri A., Egger M., Rössli M. for the Swiss National Cohort Study Group. *Aircraft Noise, Air Pollution, and Mortality From Myocardial Infarction*. Epidemiology. 2010 Sep 27.

-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.

-ISPRA “Qualità dell’ambiente urbano” VIII Rapporto ed. 2012- Focus su Porti, Aeroporti e Interporti.

- Jarup L., Dudley M.L., Babisch W., Houthuijs D., Swart W., Pershagen 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., Pershagen 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.

- Jona Lasinio G., Zuzzi S., Santoro M., *Valutazione del rischio ambientale nel comune di Ciampino in relazione all’inquinamento atmosferico*” pubbl. 2006

- Jona Lasinio G., Zuzzi S., Santoro M., “*Studio della mortalità per cause nel Comune di Ciampino e Comuni limitrofi negli anni 1987–2002*” pubbl. 2007

- Jung K.H., Artigas F., Shin J.Y., *Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport*. Environ Monit Assess. 2011 Feb;173(1-4):555-67.
- Kaltenbach M., Maschke C., Klinke R., *Health consequences of aircraft noise*. Dtsch Arztebl Int. 2008 Aug;105(31-32):548-56.
- Kettunen J., Lanki T., Tiittanen P., Aalto P.P., Koskentalo T., Kulmala M., Salomaa V., Pekkanen J., *Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels*. Stroke. 2007 Mar;38(3):918-22.
- Kugele K.A., Jelinek F., Gaffal R., *Aircraft Particulate Matter Emission Estimation through all Phases of Flight*. Eurocontrol Experimental Centre, 2005.
- Landrigan P.J., Sonawane B., Butler R.N., Trasande L., Callan R. and Droller D., *Early Environmental Origins of Neurodegenerative Disease in Later Life*. Environ Health Perspect. 2005 September; 113(9): 1230-1233.
- Lee D.S. et al., *Aviation and global climate change in the 21st century*, Atmospheric Environment, 2009
- Legambiente Piemonte - rapporto "Aeroporto di Malpensa e vivibilità". Torino, 24 febbraio 2003.
- Legambiente Lazio e Comitato aeroporto Ciampino "Smog dai cieli: rilevazione livello polveri sottili". Roma, luglio 2006.
- Legambiente, rapporto "Mal'aria di città 2010. L'inquinamento atmosferico e acustico nelle città italiane". Roma, 16 gennaio 2010.
- Lee, D. S.; Pitari, G.; Grewe, V.; Gierens, K.; Penner, J. E.; Petzold, A.; Prather, M. J.; Schumann, U.; Bais, A.; Bernsten, T.; Iachetti, D.; Lim, L. L.; Sausen, R. *Transport impacts on atmosphere and climate*. Aviation. Atmos. Environ. 2010, doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.06.005.
- Levy J.L., Woody M., Baek B.H., Shankar U., Arunachalam S., *Current and future particulate-matter-related mortality risks in the United States from aviation emissions during landing and takeoff*. Risk Anal. 2012 Feb;32(2):237-49. Doi: 10.1111/j.1539-6924.2011.01660.x. Epub 2011 Jul 30.
- 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.
- 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.
- Linares C., Díaz J., Tobías A., De Miguel J.M., 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.
- Litta A., "Il trasporto aereo come fattore d'inquinamento ambientale e danno alla salute", Professione & Clinical Governance, anno XIX, n.1 febbraio 2011 pag 42-47.
- Litta A., "Il trasporto aereo come fattore d'inquinamento ambientale e danno alla salute: il caso di studio della città di Ciampino e delle scuole di Santa Maria delle Mole", Il Cesalpino rivista medico-scientifica dell'Ordine dei medici di Arezzo, anno 9 n.24/2010 pag. 44-48.
- Liu C., Fuertes E., Tiesler C.M., et al. *The associations between traffic-related air pollution*

and noise with blood pressure in children: results from the GINIplus and LISAPlus studies. Int J Hyg Environ Health. 2014;217:499–505.

-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.

- Mattie D.R., Sterner T.R., *Past, present and emerging toxicity issues for jet fuel.* Toxicol Appl Pharmacol. 2011 Jul 15;254(2):127–32.

- 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.

- McMichael A.J., Woodruff R.E., Hales S., *Climate change and human health: present and future risks.* Lancet. 2006 Mar 11;367(9513):859–69.

- Mohankumar S.M., Campbell A., Block M., Veronesi B., *Particulate matter, oxidative stress and neurotoxicity.* Neurotoxicology. 2008 Jan 4

- Mortazavi S.M., Taeb S., Dehghan N., *Alterations of visual reaction time and short term memory in military radar personnel.* Iran J Public Health. 2013 Apr 1;42(4):428–35. Print 2013.

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

- NORAH (2015) Knowledge n.14: *NORAH noise impact study:overview of results.* Noise–Related Annoyance, Cognition, and Health. Airport and Region Forum

- Nunes L.M., Zhu Y.G., Stigter T.Y., Monteiro J.P., Teixeira M.R., *Environmental impacts on soil and groundwater at airports: origin, contaminants of concern and environmental risks.* J Environ Monit. 2011 Nov;13(11):3026–39.

- 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.L., *Hygienic regulation of electromagnetic fields for the preservation of workers'health.* Med Tr Prom Ekol. 2003; (5): 13–7.

- Pasini A., Triacca U., Attanasio A., *Evidence of recent causal decoupling between solar radiation and global temperature.* Environ. Res. Lett. 7 (2012) 034020 (6pp) doi:10.1088/1748-9326/7/3/034020

- 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.

- Pecorari E., Mantovani A., Franceschini C., Bassano D., Palmeri L., Rampazzo G., *Analysis of the effects of meteorology on aircraft exhaust dispersion and deposition using a Lagrangian particle model.* Sci Total Environ. 2016 Jan 15;541:839–56.

- Perugini M., Manera M., Grotta L., Abete M.C., Tarasco R., Amorena M., *Heavy metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: honeybees as bioindicators.* Biol Trace Elem Res. 2011 May;140(2):170–6.

- Pisani S., Bonarrigo D., Gambino M., Macchi L., Banfi F., Verri A.M., Degli Stefani C., Cislaghi 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, PM_{2.5} and PM₁) on the cardiovascular system.* Toxicology 261 (2009) 1-8.

-Porta D., Narduzzi S., Badaloni C., Bucci S., Cesaroni G., Colelli V., Davoli M., Sunyer J., Zirro E., Schwartz J., Forastiere F., *Air Pollution and Cognitive Development at Age 7 in a Prospective Italian Birth Cohort.* Epidemiology 2016 Mar;27(2):228-36. doi: 10.1097/EDE.0000000000000405.

- Quaroni S., Saracchi M., *Danni da ozono troposferico sulle colture erbacee estensive.* Regione Lombardia "Quaderni della ricerca" 2003 n.176; 24.

- Ranalli G., *Aerei e impatto ambientale.* (<https://www.facebook.com/notes/giuseppina-ranalli/aerei-e-impatto-ambientale/1052837974776686/>)

- Renaut J., Bohler S., Hausman J.F., Hoffmann L., Sergeant K., Ahsan N., Jolivet Y., Dizen-gremel P., *The impact of atmospheric composition on plants: a case study of ozone and poplar.* Mass Spectrom Rev. 2009 May-Jun;28(3):495-516.

- Reynolds P., Cone J., Layefsky M., Goldberg D.E., Hurley S., *Cancer incidence in California flight attendants (United States).* Cancer Causes Control. 2002 May;13(4):317-24.

- Ristovska G., H.E. Laszlo, Hansell A.L., *Reproductive Outcomes Associated with Noise Exposure - A Systematic Review of the Literature.* Int J Environ Res Public Health. 2014 Aug; 11(8): 7931-7952.

- 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.

- Sanlorenzo M., Wehner M.R., Linos E., Kornak J., Kainz W., Posch C., Vujic I., Johnston K., Gho D., Monico G., McGrath J.T., Osella-Abate S., Quaglini P., Cleaver J.E., Ortiz-Urda S., *The risk of melanoma in airline pilots and cabin crew: a meta-analysis.* JAMA Dermatol. 2015 Jan;151(1):51-8. doi: 10.1001/jamadermatol.2014.1077.

- Sayre Lawrence M., Perry G., Smith M.A., *Oxidative Stress and Neurotoxicity.* Chem. Res. Toxicol. 2008, 21, 172-188.

-Schifano P. Asta F., Davvand P., Davoli M., Basagana X., Michelozzi P., *Heat and air pollution exposure as triggers of delivery: A survival analysis of population-based pregnancy cohorts in Rome and Barcelona.* Environ Int. 2016 Jan 4;88:153-159. doi: 10.1016/j.en-

vint.2015.12.013. [Epub ahead of print]

- Schlenker W., Reed Walker W., *Airports, air pollution, and contemporaneous health*. Working paper 17684 (<http://www.nber.org/papers/w17684>)
- Schulz H., Harder V., Ibald–Pelli 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.
- Selander J., Bluhm G., Theorell T., Pershagen G., Babisch W., Seiffert I., Houthuijs D., Breugelmans O., Vigna–Taglianti F., Antoniotti M.C., Velonakis E., Davou E., Dudley M.L., Järup L., HYENA Consortium. *Saliva cortisol and exposure to aircraft noise in six European countries*. Environ Health Perspect. 2009 Nov;117(11):1713–7.
- Sheffield P.E., Landrigan P.J., *Global climate change and children's health: threats and strategies for prevention*. Environ Health Perspect. 2011 Mar;119(3):291–8.
- Sigurdson A.J., Ron E., *Cosmic radiation exposure and cancer risk among flight crew*. Cancer Invest. 2004;22(5):743–61.
- 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.
- Skolnick S.R., *Exposing airports'poison circles*. Earth Island Journal, Winter 2000–01. Vol.15, n.4 (<http://www.areco.org/ExpAir.pdf>)
- St Louis M.E. , Hess J.J., *Climate change: impacts on and implications for global health*. Am J Prev Med. 2008 Nov;35(5):527–38.
- Stansfeld S., Berglund B., Clark C., Lopez-Barrío 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.
- Stansfeld S., Hygge S., Clark C., Alfred T., *Night time aircraft noise exposure and children's cognitive performance*. Noise Health. 2010 Oct–Dec;12(49):255–62
- Stansfeld S., *Airport noise and cardiovascular disease*. BMJ 2013;347:f752
- Stansfeld S, Clark C., *Health Effects of Noise Exposure in Children– Curr Environ Health Rep*. 2015 Jun;2(2):171–8.
- Stenzel J., Trutt J, *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., Rädel 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.
- Suades– Gonzalea E., Gascon M., Guxen M., Sunyer J., *Special Series: Developmental Exposures to Stressors and Prenatal Programming: PPTOX IV Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence*.Endocrinology. 2015 Oct; 156(10): 3473–3482.
- Sulej A.M., Polkowska Z., Namieczenik J., *Contamination of runoff water at Gdańsk Airport (Poland) by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs)*. Sensors (Basel). 2011;11(12):11901–20.
- 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.
- UCLA medical Center Santa Monica. *Airport Health Impact Assessment (HIA) A health-directed summary of the issues facing the community near the Santa Monica Airport* Available at [//www.aerohabitat.eu/uploads/media/SMOHIA.pdf](http://www.aerohabitat.eu/uploads/media/SMOHIA.pdf)
- 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.
- Van Kempen E., Van Kamp I., Lebrecht E., Lammers J., Emmen H., Stansfeld S., *Neurobehavioral effects of transportation noise in primary schoolchildren: a cross-sectional study*. Environ Health. 2010 Jun 19;9:25.
- Vogiatzis K., *Airport environmental noise mapping and land use management as an environmental protection action policy tool. The case of the Larnaka International Airport (Cyprus)*. Sci Total Environ. 2012 May 1;424:162-73.
- 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.
- Westerdahl D., Fruin S.A., Fine P.L., Sioutas C., *The Los Angeles International Airport as a source of ultrafine particles and other pollutants to nearby communities*. Atmospheric Environment. Volume 42, Issue 13, April 2008, Pages 3143-3155.
- 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 M.L., Van Den Hazel P., Moshhammer H., *The environmental health of children: priorities in Europe*. Int J Occup Med Environ Health. 2007; 20(3):291-307.

* * *

Alcuni siti

www.aef.org.uk/uploads/Aircraft-Noise-and-Public-Health-the-evidence-is-loud-and-clear-final-reportONLINE.pdf

www.aet.org.uk

www.applettrosmog.it/documenti/scientifici.html

www.airportwatch.org.uk

www.areeurbane.ispraambiente.it

www.bioinitiative.org

www.caap.org/Airport_Noise_Pollution_Research.html

http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/index_en.htm

www.epiair.it/

www.escapeproject.eu/

www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentReport-2010/ICAO_EnvReport10-Ch1_en.pdf

www.chooseclimate.org

www.easa.europa.eu/eaer/

<http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>

www.ehjournal.net/

www.enac.gov.it/L'Ambiente/Fonti_di_inquinamento/Emissioni_gassose/

www.eurocontrol.int

www.easa.europa.eu/eaer/system/files/usr_uploaded/European%20Aviation%20Environmental%20Report%202016%20-72dpi.pdf

www.euro.who.int/Nois

www.ewg.org/reports/generations

www.hacan.org.uk

www.icao.int

www.isde.it

www.ipcc.ch

www.nber.org/papers/w17684.pdf 2011

www.nber.org/papers/w17684

www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/

<http://newsoffice.mit.edu/2010/airplane-emissions-0928>

<http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es101325r>

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es401356v>
www.royalsoc.ac.uk
www.tyndall.ac.uk/
http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp84.pdf
www.transportenvironment.org/Pages/aviation/
www.wbs.ac.uk/news/finnair-found-to-be-cleanest-airline-in-new-study1/

Indice

Le ragioni etiche e scientifiche per ridurre e razionalizzare il traffico aereo quale fattore d'inquinamento ambientale e danno alla salute

Introduzione

1. L'atmosfera terrestre

2. Il particolato-PM (Particulate Matter)

2.1 *Esposizione al particolato e malattie*

2.2 *Danni alla vegetazione e agli ecosistemi*

2.3 *Una condanna della Cassazione per danno alla vegetazione e alla fauna*

3. Aeroporti e inquinamento delle acque

4. Gli studi

4.1 *L'inquinamento dell'aria*

4.2 *Le emissioni*

4.3 *Gli studi sulle emissioni*

5. L'inquinamento acustico

5.1 *Inquinamento acustico e disturbi neurocognitivi*

5.2 *Gli studi italiani*

5.3 *Il progetto SERA (Studio sugli Effetti del Rumore Aeroportuale)*

5.4 *Studi sui residenti nel Comune di Ciampino ed aree limitrofe*

6. L'inquinamento elettromagnetico

6.1 *Campi elettromagnetici ed effetti biologici*

7. Conclusioni e proposte

Bibliografia e Sitografia di approfondimento aggiornate al mese di settembre 2016

Bibliography and Site graphy updated to September 2016 to deepen

Alcuni articoli e volumi Some articles and books

Alcuni siti Some sites

