

## 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

Carla Ancona,<sup>1</sup> Martina Nicole Golini,<sup>1</sup> Francesca Mataloni,<sup>1</sup> Donatella Camerino,<sup>2</sup> Monica Chiusolo,<sup>3</sup> Gaetano Licitra,<sup>4</sup> Marina Ottino,<sup>5</sup> Salvatore Pisani,<sup>6</sup> Laura Cestari,<sup>7</sup> Maria Angela Vigotti,<sup>8</sup> Marina Davoli,<sup>1</sup> Francesco Forastiere<sup>1</sup> per il gruppo di lavoro SERA (vedi elenco a p. 235)

*Epidemiol Prev* 2014; 38 (3-4): 227-236

<sup>1</sup> Dipartimento di epidemiologia, Servizio sanitario regionale Lazio, Roma

<sup>2</sup> Dipartimento di scienze cliniche e di comunità, Università degli Studi di Milano

<sup>3</sup> Agenzia regionale per la protezione ambientale del Piemonte, Torino

<sup>4</sup> Istituto per i processi chimico fisici, Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

<sup>5</sup> Direzione integrata della prevenzione, ASL TO 4, SSD epidemiologia, Torino

<sup>6</sup> Osservatorio epidemiologico, ASL Varese

<sup>7</sup> Dipartimento di medicina molecolare, Università di Padova

<sup>8</sup> Istituto di fisiologia clinica, Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

**Corrispondenza**  
Carla Ancona  
c.ancona@deplazio.it

**INTRODUZIONE:** nell'ultima decade il grande successo dei voli low-cost ha aumentato il traffico aereo in molti aeroporti italiani, esponendo la popolazione residente a un aumento dei livelli di rumore e di inquinamento atmosferico. Nell'ambito del progetto SERA Italia (Studio sugli Effetti del Rumore Aeroportuale) è stata condotta una valutazione d'impatto sanitario del rumore aeroportuale tra i residenti in prossimità degli aeroporti di Ciampino (Roma), Linate e Malpensa (Milano), San Giusto (Pisa), Caselle (Torino) e Tessera (Venezia).

**OBIETTIVI:** stimare i livelli di esposizione e valutare l'impatto sanitario del rumore aeroportuale nei residenti vicino ai 6 aeroporti considerati.

**METODI:** i registri anagrafici dei Comuni interessati hanno fornito gli indirizzi di tutti i residenti aggiornati al 31.12.2010. L'impronta acustica al

2011 di ciascun aeroporto è stata stimata utilizzando il modello *Integrated Noise Model*. Tutti gli indirizzi di residenza sono stati geocodificati e a ogni soggetto è stata attribuita l'esposizione a diversi indicatori acustici: Lden (<55, 55-60, 60-65, 65-70 dB), Lnight, Leq diurno e notturno. Sono state utilizzate le funzioni concentrazione-risposta disponibili dalla letteratura per stimare il numero di casi attribuibili al rumore aeroportuale. Sono state considerate le seguenti condizioni: ipertensione, infarto miocardico acuto (IMA), *annoyance* e disturbi del sonno.

**RISULTATI:** sono stati considerati 73.272 residenti esposti a rumore aeroportuale superiore a 55 dB, di cui 55.915 (76,3%) erano esposti a un rumore aeroportuale di 55-60 dB; 16.562 (22,6%) a 60-65 dB; 795 (1,2%) a 65-70 dB. La stima risultante indica che in un anno l'esposizione a livelli di rumore aeroportuale maggiori di 55 dB ha causato nella popolazione studiata 4.607 (IC95% 0-9.923) casi addizionali di ipertensione; 3,4 (IC95% 0-10,7) casi di IMA; *annoyance* in 9.789 persone (IC95% 6.895-11.962); disturbi del sonno in 5.084 soggetti (IC95% 1.894-10.509).

**CONCLUSIONI:** lo studio SERA evidenzia un impatto rilevante del rumore aeroportuale sulla salute dei residenti nei pressi dei sei aeroporti italiani presi in esame. Sono opportune la valutazione epidemiologica continua e urgenti misure di mitigazione del rumore per tutelare la salute dei residenti.

**Parole chiave:** rumore aeroportuale, valutazione di impatto sanitario, ipertensione, *annoyance*, disturbi del sonno

Nei materiali aggiuntivi on-line è disponibile il glossario con le spiegazioni delle sigle utilizzate all'interno dell'articolo.

#### Cosa si sapeva già

- L'esposizione cronica al rumore ambientale determina effetti sulla salute e sul benessere dell'individuo.
- La normativa nazionale vigente prevede una mappatura acustica strategica per regolamentare le emissioni sonore e prevenire l'esposizione della popolazione residente a livelli di rumore nocivi.
- Non sono disponibili misure d'impatto che consentano di quantificare le conseguenze dell'esposizione al rumore aeroportuale sulla salute della popolazione residente.

#### Cosa si aggiunge di nuovo

- Viene stimato l'impatto sulla salute dell'esposizione a rumore aeroportuale della popolazione residente nei pressi di sei aeroporti italiani, in termini di casi attribuibili di ipertensione, infarto miocardico acuto, *annoyance* e disturbi del sonno.
- I risultati forniscono le indicazioni necessarie affinché si adottino misure di regolamentazione e riduzione dell'esposizione ambientale al rumore anche in vista di un eventuale ulteriore sviluppo degli scali aeroportuali.

**ABSTRACT**

**Health Impact Assessment of airport noise on people living nearby six Italian airports**

*Epidemiol Prev* 2014; 38(3-4): 227-236

**BACKGROUND:** aircraft noise has been associated with several health effects. Because of the great success of low-cost flights, small airports have been turned into international airports thus exposing nearby residents to an increase in noise levels and potential disturbances and health disorders.

**OBJECTIVE:** to estimate the exposure levels and evaluate the health impact of aircraft noise on residents nearby six airports in Italy (Rome: Ciampino; Milan: Linate and Malpensa; Pisa; Turin; Venice) focusing on hypertension, acute myocardial infarction (AMI), annoyance and sleep disturbances.

**METHODS:** residents in the local Municipalities considered at 31.12.2010 were in-

cluded in the study and their addresses were geocoded. Aircraft noise exposure in 2011 was defined using the Integrated Noise Model linked to each participant's address. Lden (<55, 55-60, 61-65, 65-70 dB), Lnight, Leq (day and night) were calculated. Available exposure-response relationships were used to estimate the number of additional cases of hypertension, AMI, annoyance and sleep disturbances in the local population.

**RESULTS:** 73,272 persons exposed to aircraft noise levels >55dB were considered: 55,915 (76.3%) were exposed to 55-60 dB; 16,562 (22.6%) to 60-65 dB; 795 (1.2%) to 65-70 dB. Exposure to aircraft noise levels above 55 dB was estimated to

be responsible each year of 4,607 (95%CI 0-9,923) additional cases of hypertension; 3.4 (95%CI 0-10.7) cases of AMI; 9,789 (95%CI 6,895-11,962) cases of annoyance; 5,084 (95%CI 1,894-10,509) cases of sleep disturbances.

**CONCLUSIONS:** a significant impact of airport noise on the health of residents nearby six Italian airports was estimated. Epidemiological evaluation and noise mitigation measures should be introduced to protect the health of residents.

**Keywords:** aircraft noise, health impact assessment, hypertension, annoyance, sleep disturbances

**INTRODUZIONE**

Le raccomandazioni dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) sull'esposizione a rumore stabiliscono che, a tutela delle salute dei residenti, nelle aree residenziali non devono verificarsi valori di Lday superiori a 55 dB(A) e valori di Lnight superiori a 40 db(A).<sup>1</sup> Si stima che nei Paesi ad alto reddito dell'Europa occidentale (circa 340 milioni di persone) ogni anno vengano persi almeno un milione di DALYs (*Disability-Adjusted Life Year*) a causa del rumore ambientale.<sup>2</sup> Rispetto ad altri fattori di stress, l'esposizione al rumore ambientale registra in Europa una tendenza in crescita<sup>3</sup> e ne sono interessate molte persone che vivono nei pressi di strade trafficate, aeroporti, ferrovie e aree industriali. Tali condizioni hanno indotto la Commissione europea a perseguire quale obiettivo prioritario la riduzione del numero di persone esposte al rumore, intraprendendo una serie di politiche in materia di mitigazione del rumore. La direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale 2002/49/CE (*Environmental Noise Directive – END*) è stata adottata per definire un approccio comune volto a evitare, prevenire o ridurre, secondo le rispettive priorità, gli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale. In particolare, la END prevede che gli effetti nocivi derivanti dall'esposizione a rumore ambientale, soprattutto l'*annoyance* (sintomi di irritabilità e fastidio generico) e i disturbi del sonno, debbano essere considerati e stimati mediante opportune relazioni dose-effetto.<sup>4</sup>

Numerosi studi di laboratorio e di epidemiologia occupazio-

nale indicano che l'esposizione acuta al rumore altera le funzioni del sistema nervoso autonomo e del sistema ormonale, determinando effetti transitori, aumento della frequenza cardiaca e vasocostrizione, con conseguente aumento della pressione arteriosa, modifiche della viscosità del sangue e dei lipidi ematici, e alterazioni degli elettroliti.<sup>5</sup> Anche se le persone tendono ad abituarsi all'esposizione al rumore, il livello di adattamento differisce da individuo a individuo e raramente è completo.<sup>6</sup> Se l'esposizione al rumore è cronica e supera determinati livelli, si possono osservare effetti avversi sulla salute. Una recente revisione di Basner et al.<sup>7</sup> sintetizza tutte le ricerche condotte fino ad oggi sugli effetti del rumore. La ricerca ha dimostrato che l'esposizione al rumore (da traffico stradale e aeroportuale) è associata a effetti negativi sulla salute e sul benessere della popolazione esposta.

La sorgente di rumore principale che caratterizza il territorio circostante gli aeroporti è rappresentata dal rumore degli aerei, prevalentemente nelle fasi di decollo e di atterraggio, con punte di maggiore intensità durante il decollo. Sono presenti, tuttavia, attività rumorose a terra anche durante la normale attività aeroportuale. All'inizio del 2000, circa il 60% del traffico aereo nazionale era concentrato nei tre aeroporti di Roma Fiumicino, Milano Malpensa e Milano Linate. Successivamente, soprattutto per l'avvento dei vettori low-cost, il traffico aereo è aumentato a ritmi sostenuti e piccoli aeroporti sono stati trasformati in scali internazionali. Dopo una flessione nel biennio 2008-2009, il traffico aereo è tornato a crescere in Italia a ritmi notevoli e le previsioni di crescita indicano il possibile raddoppio del traffico

entro il 2030, arrivando a circa 300 milioni di passeggeri, con un aumento soprattutto del traffico internazionale.<sup>8</sup> Il progetto CCM SERA (Studio sugli Effetti del Rumore Aeroportuale) è stato condotto con l'obiettivo di fornire metodologie e strumenti operativi per l'avvio di sistemi di sorveglianza (in materia di inquinamento acustico e atmosferico) della popolazione residente nei pressi dei principali aeroporti italiani.<sup>9</sup>

Nell'ambito del progetto SERA è stata condotta la valutazione d'impatto sanitario (VIS) del rumore aeroportuale tra i residenti in prossimità degli aeroporti di Ciampino (Roma), Linate e Malpensa (Milano), San Giusto (Pisa), Caselle (Torino) e Tessera (Venezia).

## METODI

### Gli aeroporti in studio

Gli aeroporti di Linate e Malpensa (Milano), San Giusto (Pisa), Caselle (Torino) e Tessera (Venezia) sono definiti dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti «scali strategici», ossia aeroporti in grado di rispondere efficacemente alla domanda di trasporto aereo di ampi bacini di utenza per capacità delle infrastrutture, per possibilità del loro potenziamento, con impatti ambientali sostenibili, per livelli di servizio offerti e per grado di accessibilità. L'aeroporto di Ciampino (Roma) è invece un *city airport* classificato come aeroporto primario, con limitazioni a un ulteriore sviluppo dovute a vincoli ambientali, accessibilità inadeguata e ostacoli allo sviluppo delle infrastrutture.

In tutti questi aeroporti si è assistito a un aumento del flusso di voli turistici e commerciali che sono passati da 507.461 movimenti aerei nel 2000 a 657.217 nel 2007 (+29,5%), con un numero di passeggeri da 35.769.933 a 53.524.533 (+49,5%), mentre nel 2010 si è registrata una flessione sia del numero di voli (-18,4%) sia del numero di passeggeri (-13,4%) rispetto al 2007.<sup>10</sup> Per questi aeroporti sono disponibili studi di valutazione di impatto ambientale effettuati a scopi autorizzativi per valutarne la compatibilità con l'ambiente circostante (Linate e Malpensa,<sup>11</sup> Torino Caselle,<sup>12</sup> Pisa San Giusto,<sup>13</sup> Roma Ciampino,<sup>14</sup> Venezia Tessera<sup>15</sup>).

### Area dello studio

Per ciascun aeroporto l'area oggetto della valutazione include sia il Comune in cui l'aeroporto è situato sia tutti i Comuni adiacenti interessati dall'impatto dell'aeroporto in un raggio di 5 km dall'aeroporto stesso (in tabella e1, vedi materiali aggiuntivi on-line, è possibile trovare l'elenco dei comuni studiati). La scelta di considerare un raggio di 5 km dal centro della pista dipende dalla necessità che l'area in studio includa l'impronta acustica per tutti gli aeroporti, consentendo contemporaneamente di escludere i comuni non interessati da tale impronta.

### Misura dell'impronta acustica

L'impronta acustica in prossimità di ciascun aeroporto è stata calcolata con l'ausilio del modello di calcolo *Integrated Noise Model 7.0b* (INM). Il modello di calcolo INM è stato sviluppato dalla Federal Aviation Administration (FAA), l'ente di controllo federale degli Stati Uniti su tutte le attività aeronautiche, allo scopo di calcolare le curve di isolivello relative a indicatori acustici opportunamente scelti nei pressi delle infrastrutture aeroportuali. Tale modello di simulazione acustica è uno dei più diffusi e utilizzati a livello nazionale e internazionale. L'INM fornisce una stima mediata sul lungo periodo, basandosi su un giorno medio caratterizzato da valori medi di numero e tipologia di operazioni aeree, nonché di temperatura, pressione e vento. Per l'utilizzo del modello sono state acquisite tutte le informazioni relative agli aeromobili che utilizzano lo scalo aeroportuale e i dati relativi alla meteorologia locale (temperatura, pressione, vento medio, umidità relativa). Lo scenario di impatto acustico del rumore aeroportuale è stato stimato sui dati relativi al 2011 forniti dai gestori aeroportuali degli scali in studio, in conformità con il decreto legislativo 194/05<sup>16</sup> che definisce le competenze e le procedure per l'elaborazione della mappatura acustica. I dati di input del modello hanno incluso tipologia e numero di velivoli, informazioni derivate dalle tracce radar o dalla dispersione intorno alla rotta, movimentazioni a terra e sosta a motori accesi (queste ultime disponibili solo per alcuni aeroporti). I dati meteorologici inseriti nel modello hanno fatto riferimento a misurazioni medie di temperatura, pressione atmosferica, velocità del vento e umidità relativa effettuate dalle centraline meteo disponibili nel periodo di indagine considerato.

Sono stati dunque calcolati diversi indicatori d'impatto acustico dell'esposizione al rumore aeroportuale, ciascuno dei quali misura il traffico medio registrato nell'anno: Lden, Lnight, Leq diurno e notturno. Per lo scopo di questo studio, l'Lden è stato categorizzato nelle seguenti classi: <55, 55-60, 60-65 65-70 dB. Per ciascun aeroporto e per ciascun indicatore di pressione acustica sono state quindi realizzate mappe che ne rappresentano l'impronta acustica sul territorio circostante.

### Definizione e georeferenziazione della popolazione in studio e georeferenziazione dei partecipanti allo studio

Dai registri anagrafici dei Comuni in studio sono stati considerati tutti i soggetti residenti al 31.12.2010 allo stesso indirizzo da almeno due anni. Mediante l'uso del software Arc Gis 9.2 sono state attribuite agli indirizzi dei residenti le coordinate geografiche secondo il sistema di riferimento: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_32N. Per la geocodifica degli indirizzi è stato utilizzato il grafo stradale 2008 fornito da Tele Atlas, Italia. È stato dunque possibile classificare i residenti nei pressi degli aeroporti sulla base delle diverse fasce acustiche stimate (Lden <55, 55-60, 60-65 65-70 dB).

**Valutazione di impatto**

Gli esiti in studio sono i casi attribuibili al rumore aeroportuale di ipertensione, infarto miocardico acuto (IMA), *annoyance* e disturbi del sonno. Per ciascun esito considerato è ben documentata in letteratura l'associazione con l'esposizione a rumore aeroportuale, anche se non sempre sono disponibili evidenze derivate da revisioni sistematiche.<sup>17-28</sup>

Nella tabella 1 sono indicati, per ciascun esito, l'intervallo di età della popolazione in studio, le soglie di rumore entro le quali è stata definita l'esposizione, il tasso di riferimento per il calcolo dei casi attesi non attribuibili al rumore (disponibili solo per ipertensione e IMA), la funzione concentrazione-risposta (FCR) impiegata per il calcolo dei casi attribuibili al rumore, il tipo di evidenza a cui si è fatto riferimento (da metanalisi o, nel caso non fossero disponibili, da studio singolo) e la referenza bibliografica da cui la FCR è stata derivata. Le soglie di rumore e i range di età specifici per ogni esito sono dettati dalle evidenze scientifiche disponibili.

Per l'ipertensione l'impatto è stato calcolato a partire dalla formula generale per il calcolo dei casi attribuibili:

$$AC = ER * Rate_{popgen} * Pop_{exp}$$

dove:

AC: casi attribuibili;

ER: eccesso di rischio nella popolazione esposta (rischio relativo -1);

Rate<sub>popgen</sub>: tasso di *background* nella popolazione generale

Pop<sub>exp</sub>: popolazione esposta.

I casi addizionali di ipertensione attribuibili all'esposizione a rumore aeroportuale sono stati calcolati applicando alla popolazione di età 35-74 anni esposta a più di 55 dB dell'Lden il rischio relativo di ipertensione associato a incrementi di 10 dB risultante dalla metanalisi di Babisch e van Kamp,<sup>29</sup> pari a 1,13 (IC95% 1,00-1,28), e la prevalenza di ipertesi in Italia, pari al 51% per gli uomini e al 37,2% per le donne.<sup>30</sup> Gli estremi degli intervalli di confidenza sono stati ottenuti sostituendo al rischio relativo di 1,13 i limiti del corrispondente intervallo di confidenza (1,00-1,28). La formula impiegata per il calcolo dei casi attribuibili di ipertensione è stata applicata anche per la stima dei casi di IMA attribuibili all'esposizione al rumore aeroportuale sostituendo i parametri coinvolti con i valori relativi all'esito in questione. Nello specifico, alla popolazione di età 25-84 anni esposta a più di 60 dB dell'Lden sono stati applicati il rischio relativo di IMA associato a incrementi di 10 dB risultante dalla metanalisi di Babisch,<sup>31</sup> pari a 1,08 (IC95% 0,93-1,25), e l'incidenza annuale di IMA in Italia, pari a 0,2273% per gli uomini e 0,0979% per le donne.<sup>30</sup>

Il numero di casi attribuibili di *annoyance*, invece, è stato calcolato mediante il modello polinomiale stimato da Miedema e Oudshoorn,<sup>32</sup> che consente di ottenere un'approssimazione

della percentuale di soggetti poco/molto infastiditi dal rumore derivante da diverse tipologie di trasporti. L'approssimazione polinomiale impiegata nel caso specifico fa riferimento alla proporzione di individui molto infastiditi dal rumore aeroportuale per incrementi di 5 dB dell'Lden:

Casi addizionali di soggetti molto infastiditi<sub>i</sub>=

$$Pop_i \left[ \frac{-9,199 * 10^{-5} (Lden_i - 42)^3 + 3,932 * 10^{-2} (Lden_i - 42)^2}{+0,2939 (Lden_i - 42)} \right]$$

dove:

*i*=1,...,3 è la classe di esposizione *i*-esima (55-60; 60-65; >65)

Pop<sub>i</sub> è la popolazione residente nella categoria *i*-esima.

Gli estremi degli intervalli di confidenza del numero di casi attribuibili di soggetti molto infastiditi sono stati calcolati applicando la formula messa a punto da Miedema e Oudshoorn:

$$95\% IC_i = 1 - \Phi \left( \frac{72 - C_{L,U_i}}{\sqrt{1187,11 + 77,64}} \right)$$

dove:

$$C_{L,U_i} = -91,42 + 2,17 Lden_i \pm 1,96 \sqrt{3,3^2 + 0,0407^2 Lden_i}$$

Φ è la funzione di ripartizione della normale standardizzata.

Per i disturbi del sonno è stata applicata la funzione dose-risposta raccomandata nella guida metodologica dell'OMS.<sup>33</sup> La formula fa riferimento all'analisi *pooled* di Miedema e Vos<sup>34</sup> e restituisce una stima diretta della percentuale di popolazione disagiata per il rumore notturno di origine aeroportuale come funzione dell'indicatore acustico Lnight:

Casi addizionali di disturbi del sonno<sub>i</sub> =

$$Pop_i [18,147 - 0,956 Lnight_i + 0,01482 Lnight_i^2]$$

dove

*i*=1,...,3 è la classe di esposizione *i*-esima (47,5-52,5; 52,5-57,5; >57,5)

Pop<sub>i</sub> è la popolazione residente nella categoria *i*-esima.

Riprendendo la formulazione degli intervalli di confidenza dei casi di *annoyance*, sono stati calcolati gli estremi entro cui variano i casi addizionali di disturbi del sonno:

$$95\% IC_i = 1 - \Phi \left( \frac{72 - C_{L,U_i}}{\sqrt{5,479 + 425}} \right)$$

ESITO	CLASSE DI ETÀ	RANGE DI RUMORE	TASSO DI RIFERIMENTO	FUNZIONE CONCENTRAZIONE-RISPOSTA	BASATO SU	Fonte
Ipertensione	35-74 anni	45-70 dB Lden	51% (Uomini) 37,2% (Donne)	RR~1,13 (IC95% 1,00-1,28) per incrementi di 10 dB	Metanalisi	Babisch W, Kamp Iv. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. <i>Noise Health</i> 2009;11(44):161-8.
Infarto del miocardio	25-84 anni	≥60 dB Lden	0,2273% (Uomini) 0,0979% (Donne)	RR~1,08 (IC95% 0,93-1,25) per incrementi di 5 dB	Metanalisi	Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. <i>Noise Health</i> 2008;10(38):27-33.
Annoyance	≥15 anni	≥42 dB Lden	–	pop [ -9,199 10 <sup>-5</sup> (Lden-42) <sup>2</sup> + 3,932 10 <sup>-2</sup> (Lden-42) <sup>2</sup> +0,2939 (Lden-42)] per incrementi di 5 dB	Studio singolo	Miedema HM, Oudshoorn CG. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. <i>Environ Health Perspect</i> 2001;109(4):409-16.
Disturbi del sonno	≥15 anni	45-70 dB Lnight	–	pop [18,147 – 0,956 Lnight + 0,01482 (Lnight) <sup>2</sup> ] per incrementi di 5 dB	Metanalisi	Miedema HM, Vos H. Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. <i>Behav Sleep Med</i> 2007;5(1):1-20.

**Tabella 1.** Sintesi dei metodi impiegati per la stima dell'impatto del rumore aeroportuale sulla popolazione residente nei pressi di sei aeroporti italiani: classe di età della popolazione, range di rumore per la definizione della popolazione esposta, tasso di riferimento e funzione concentrazione-risposta applicati (rischio relativo – RR; intervallo di confidenza al 95% – IC95%), tipo di evidenza e fonte bibliografica.

**Table 1.** Summary of methods used to estimate the impact of airport noise on the population residing nearby six Italian airports: age range, noise range, background rate and functions concentration response applied, type of evidence and bibliographic source.

dove:

$$C_{L_{Ui}} = -199 + 3,15L_{night_i} \pm 1,96 \sqrt{14^2 + 0,22^2 L_{night_i}}$$

φ è la funzione di ripartizione della normale standardizzata.

Le due formule impiegate per calcolare i casi di *annoyance* e di disturbi del sonno fanno riferimento a incrementi di 5 dB; per ottenere i casi addizionali per incrementi di 10 dB è stato sufficiente sommare le quantità ottenute per le singole classi.

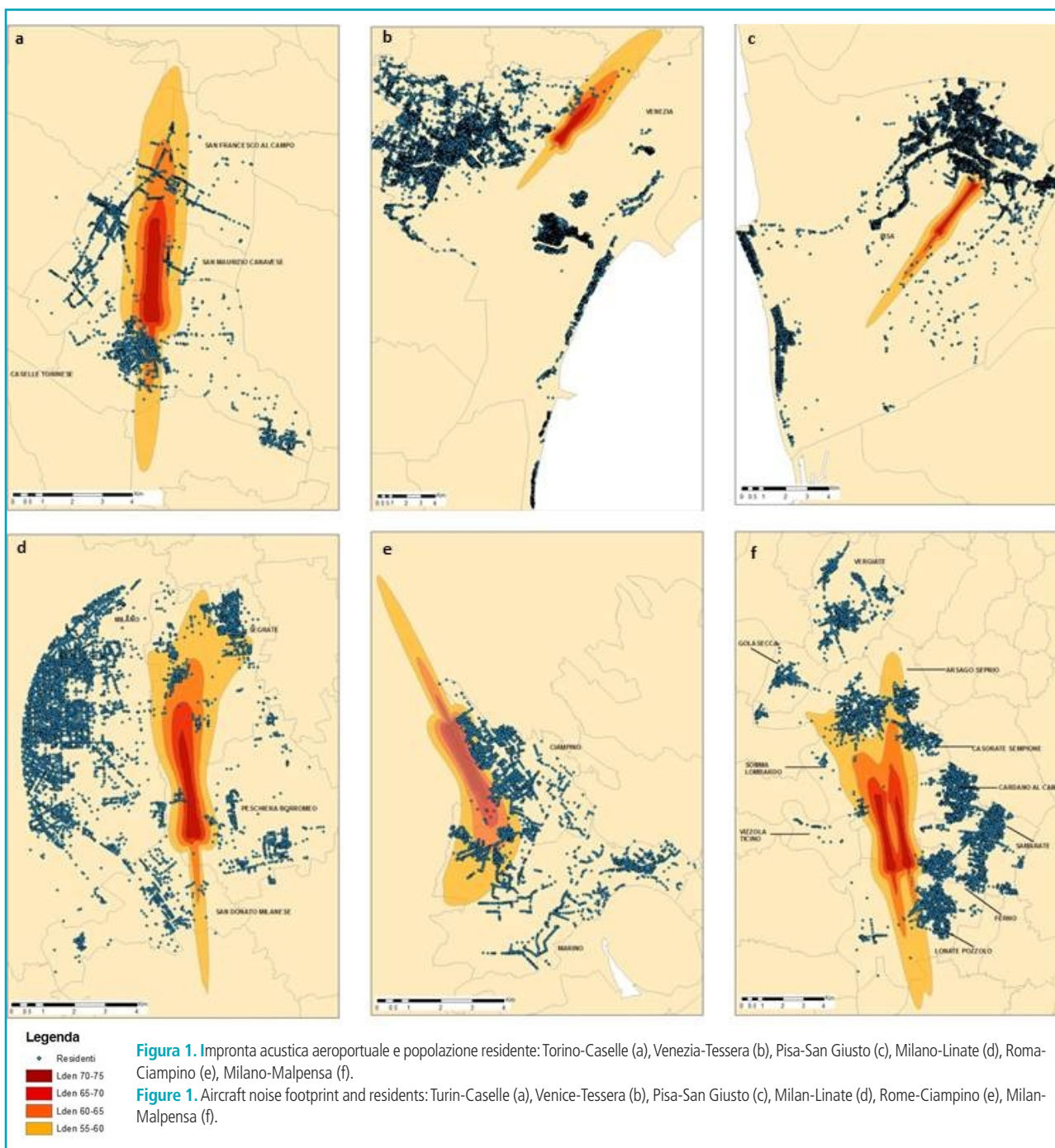
## RISULTATI

L'impronta acustica aeroportuale, stimata con la valutazione modellistica dei livelli di rumore derivanti dalle attività dell'aeroporto, rappresenta l'impatto della rumorosità sulla popolazione residente. Per ciascun aeroporto l'impronta acustica è funzione del numero delle piste, della loro lunghezza, del traffico prevalente, delle traiettorie di atterraggi e decolli (rilevate dai tracciati radar quando disponibili o da dati ufficiali) e delle condizioni meteo nel periodo considerato. La distribuzione dei residenti nell'intorno di ciascun aeroporto è, invece, principalmente funzione del livello di urbanizzazione dell'area, della presenza di aree rurali e parchi o, come nel caso dell'aeroporto di Venezia, del mare (figura 1).

Nell'area compresa entro 5 km dagli aeroporti sono stati georeferenziati gli indirizzi di 896.322 persone, 73.272 delle quali (8,2%) risiedono in aree esposte al rumore di origine aeroportuale.

Nella tabella 2 la popolazione è suddivisa per genere, classi di età, aeroporto e fasce di esposizione al rumore aeroportuale. Non si osservano particolari differenze per genere e

classi di età nelle diverse categorie di esposizione. Delle 73.272 persone oggetto di indagine, il 34,5% è costituito da residenti nei pressi dell'aeroporto di Ciampino (RM) e il 32% da residenti nei pressi dell'aeroporto di Linate (MI); seguono Malpensa (MI) con il 14,6%, Caselle (TO) con il 14%, San Giusto (PI) con il 4,5% e Tesserà (VE) con lo 0,5% dei residenti. Le 795 persone maggiormente esposte al rumore di origine aeroportuale (65-70 dB) sono residenti principalmente a Ciampino (62,5%) e Caselle (27,9%). La tabella 3 illustra, per ciascun esito, la popolazione esposta, la stima dei casi che si verificano nella popolazione esposta a prescindere dal rumore aeroportuale, la stima dei casi attribuibili al rumore e la frazione dei casi attribuibile all'esposizione in esame. Dal 2010, e quindi in assenza di modifiche ambientali ogni anno, si stimano 4.607 (IC95% 0-9.923) casi addizionali di ipertensione e 9.789 (IC95% 6.895-11.962) casi di *annoyance*, rispettivamente, tra i 40.131 e i 62.385 individui esposti a più di 55 dB. Tra i 12.891 soggetti in studio che risiedono in aree in cui il rumore aeroportuale supera i 60 dB sono stati stimati 3,4 (IC95% 0-10,7) casi addizionali di IMA ogni anno. Infine, si stimano 5.084 (IC95% 1.894-10.509) casi di disturbi del sonno attribuibili al rumore aeroportuale tra i 62.385 individui esposti a più di 47,5 dB durante la notte. Il 21% dei casi di ipertensione e il 14% degli infarti del miocardio sono dunque attribuibili al rumore aeroportuale. Relativamente all'*annoyance* e ai disturbi del sonno, non sono attualmente disponibili in letteratura indicazioni che consentano di stimare le percentuali di soggetti *annoyed* e di soggetti affetti da disturbi del sonno per cause differenti dal rumore aeroportuale. Pertanto, per i due esiti in questione, i casi non



attribuibili al rumore aeroportuale sono da considerarsi dati mancanti.

Nelle tabelle 4-7 si riportano, per ciascun esito in studio, i casi attribuibili per singolo aeroporto e per livello di esposizione a rumore. Come atteso, negli aeroporti di Caselle (TO) e Ciampino (RM) si osservano il maggior numero di casi per ciascun esito indagato.

### DISCUSSIONE

Le valutazioni d'impatto sulla salute (VIS) forniscono, in tempi rapidi, un supporto decisionale alle amministrazioni sui

temi relativi alla valutazione dei fattori di rischio e alla loro gestione, allo scopo di garantire il benessere complessivo degli individui, delle comunità e la sostenibilità del loro ambiente. I risultati di questa valutazione indicano che nei pressi degli aeroporti di Ciampino (Roma), Linate e Malpensa (Milano), San Giusto (Pisa), Caselle (Torino) e Tessera (Venezia), 73.272 persone risiedono in aree in cui la rumorosità aeroportuale è superiore ai 55 dB, superando dunque i livelli di rumore raccomandati dall'OMS per le aree residenziali.

A causa di questa esposizione, nella popolazione considerata si stima ogni anno un impatto sanitario pari a 4.607 casi addi-

	Lden (dB)			TOTALE
	55-60	60-65	>65	
<b>TOTALE</b>	<b>55.915</b>	<b>16.562</b>	<b>795</b>	<b>73.272</b>
<b>Genere</b>				
Uomini	48,8	49,6	49,4	48,9
Donne	51,2	50,4	50,6	51,1
<b>Età (anni)</b>				
0-14	15,0	14,5	14,2	14,9
15-39	30,8	31,9	35,8	31,1
40-59	29,4	29,1	28,8	29,3
60-74	17,0	16,7	13,2	16,9
75+	7,8	7,9	7,9	7,9
<b>Aeroporto</b>				
Caselle (TO)	9,8	27,3	27,9	14,0
Tessera (VE)	0,5	0,5	0,4	0,5
San Giusto (PI)	5,7	0,4	2,9	4,5
Linate (MI)	34,8	23,6	6,3	32,0
Ciampino (RM)	30,8	45,8	62,5	34,5
Malpensa (MI)	18,4	2,5	0,0	14,6

**Tabella 2.** Distribuzione percentuale della popolazione residente entro 5 km dai siti aeroportuali esposta a più di 55 dB (Lden) per livello di esposizione, genere, classe d'età e aeroporto.

**Table 2.** Percentage distribution of the population living within 5 km from the airport sites exposed to more than 55 dB (Lden), by exposure categories, gender, age classes, and airport.

zionali di ipertensione, 3,4 casi di infarto acuto del miocardio, 9.789 casi di *annoyance* e 5.084 casi di disturbi del sonno.

L'impatto sanitario stimato è diverso per ciascun aeroporto, e risulta minore per aeroporti come Pisa e Venezia, in cui l'impronta acustica cade al di fuori dei centri abitati; maggiore per gli aeroporti di Milano, Linate e Malpensa, dove l'impronta cade su aree urbanizzate. L'impatto più importante è quello dell'*annoyance*, cioè di persone che a causa del continuo rumore manifestano sintomi di irritabilità e fastidio generico, e questo non sorprende, dato che proprio questa percezione è alla base delle preoccupazioni che solitamente si osservano tra

i residenti in aree critiche dal punto di vista ambientale. Ciascun passo del processo di VIS, dalla valutazione dell'esposizione, allo stato di salute al *baseline*, alla scelta dell'opportuna funzione concentrazione-risposta (FRC), può presentare criticità delle quali è doveroso tenere conto.

In questo studio l'esposizione al rumore aeroportuale è stata stimata utilizzando il modello previsionale che il decreto legislativo 194/05, recependo la direttiva europea, suggerisce per determinare l'esposizione globale della cittadinanza al rumore. Tuttavia, il livello di pressione acustica all'indirizzo di residenza potrebbe non rappresentare adeguatamente la reale esposizione, poiché la maggior parte delle persone non passa tutto il tempo a casa, e una VIS non consente di tenere conto di informazioni riguardanti le attività quotidiane e le esposizioni di tipo occupazionale.

Lo stato di salute della popolazione al *baseline* deriva dai dati di prevalenza di ipertensione e di incidenza di infarto pubblicati dall'Osservatorio epidemiologico cardiovascolare italiano (Progetto CUORE) relativi rispettivamente al periodo 2008-2012 e all'anno 2000. Per l'*annoyance* e i disturbi del sonno non sono, invece, disponibili dati di prevalenza nella popolazione italiana.

Abbiamo assunto che l'associazione tra esposizione a rumore aeroportuale ed esiti in studio sia vera e non affetta da confondimento o distorsioni. Tale assunzione è suffragata da numerosi studi epidemiologici, dalla relazione dose-risposta spesso documentata e dalla plausibilità biologica dell'effetto. Tuttavia, l'applicazione delle FCR selezionate dalla letteratura si basa sul presupposto che le situazioni locali siano simili alle condizioni di riferimento utilizzate negli studi epidemiologici da cui sono derivati i coefficienti di esposizione-risposta. In questo caso, le FCR applicate per calcolare l'impatto del rumore aeroportuale derivano da studi condotti in contesti non italiani e può essere criticabile l'applicare tali stime alla situazione italiana.

ESITO	CLASSE D'ETÀ	POPOLAZIONE ESPOSTA <sup>a</sup>	CASI NON ATTRIBIBILI AL RUMORE <sup>b</sup>	CASI ATTRIBIBILI AL RUMORE <sup>c</sup>	FRAZIONE ATTRIBIBILE AL RUMORE <sup>d</sup>
	ANNI	n.	n.	n. (IC95%)	%
<b>Iperensione</b>	35-74	40.131	17.631	4.607 (0-9.923)	21
<b>Infarto miocardico acuto</b>	25-84	12.891	20,8	3,4 (0,0-10,7)	14
<b>Annoyance</b>	≥15	62.385	–	9.789 (6.895-11.962)	100
<b>Disturbi del sonno</b>	≥15	62.385	–	5.084 (1.894-10.509)	100

<sup>a</sup> Popolazione esposta al rumore aeroportuale  
*Population exposed to aircraft noise*

<sup>b</sup> Numero di casi non attribuibili al rumore aeroportuale = a \* tasso di riferimento  
*Number of cases not attributable to aircraft noise = a \* reference rate*

<sup>c</sup> Numero di casi attribuibili al rumore aeroportuale  
*Number of cases attributable to aircraft noise*

<sup>d</sup> Percentuale di casi attribuibili all'esposizione al rumore = c/b+c \* 100  
*Percentage of cases attributable to noise = c/b+c \* 100*

**Tabella 3.** Valutazione quantitativa dell'impatto del rumore aeroportuale sulla popolazione residente nei pressi di sei aeroporti italiani.

**Table 3.** Impact assessment of aircraft noise on the population residing nearby six Italian airports.

AEROPORTO	IPERTENSIONE - Lden					
	55-65 dB		>65 DB		TOTALE	
	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale
	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)
Caselle (TO)	5.465	628 (0-1.352)	112	19 (0-42)	5.577	647 (0-1.394)
Tessera (VE)	225	26 (0-56)	2	0,3 (0-0,8)	227	26,3 (0-56,8)
San Giusto (PI)	1.775	201 (0-434)	13	2,2 (0-4,6)	1.788	203,2 (0-438,6)
Linate (MI)	13.561	1545 (0-3.328)	26	4,5 (0-9,6)	13.587	1.549,5 (0-3.337,6)
Ciampino (RM)	12.866	1.468 (0-3.161)	245	42 (0-91)	13.111	1.510 (0-3.252)
Malpensa (MI)	5.841	671 (0-1.444)	0	0 (0-0)	5.841	671 (0-1.444)
Totale	39.733	4.539 (0-9.775)	398	68 (0-148)	40.131	4.607 (0-9.923)

**Tabella 4.** Valutazione dell'impatto annuale del rumore aeroportuale sulla popolazione esposta a più di 55 dB (Lden): casi addizionali di ipertensione dovuti al rumore aeroportuale e relativi intervalli di confidenza al 95% per singolo aeroporto.

**Table 4.** Impact assessment of aircraft noise on the population exposed to more than 55 dB (Lden): additional cases of hypertension due to aircraft noise and 95% confidence intervals by airport.

AEROPORTO	INFARTO MIOCARDICO ACUTO - Lden					
	60-65 dB		65-70 dB		TOTALE	
	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale
	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)
Caselle (TO)	3.333	0,9 (0,0-2,7)	166	0,1 (0,0-0,2)	3.499	1 (0,0-2,9)
Tessera (VE)	64	0,0 (0,0-0,1)	2	0,0 (0,0-0,0)	66	0,0 (0,0-0,1)
San Giusto (PI)	48	0,0 (0,0-0,0)	18	0,0 (0,0-0,0)	66	0,0 (0,0-0,0)
Linate (MI)	2.995	0,8 (0,0-2,4)	34	0,0 (0,0-0,0)	3.029	0,8 (0,0-2,4)
Ciampino (RM)	5.553	1,4 (0,0-4,5)	369	0,1 (0,0-0,5)	5.922	1,5 (0,0-5,0)
Malpensa (MI)	309	0,1 (0,0-0,3)	0	0,0 (0,0-0,0)	309	0,1 (0,0-0,3)
Totale	12.302	3,2 (0,0-10)	589	0,2 (0,0-0,7)	12.891	3,4 (0,0-10,7)

**Tabella 5.** Valutazione dell'impatto annuale del rumore aeroportuale sulla popolazione esposta a più di 60 dB (Lden): casi addizionali di infarto miocardico acuto dovuti al rumore aeroportuale e relativi intervalli di confidenza al 95% per singolo aeroporto.

**Table 5.** Impact assessment of aircraft noise on the population exposed to more than 60 dB (Lden): additional cases of acute myocardial infarction due to aircraft noise and 95% confidence intervals by airport.

E' da rilevare, tuttavia, che per ipertensione e *annoyance* sono stati condotti anche in Italia studi specifici che confermano l'esistenza dell'associazione e l'ordine di grandezza delle stime.<sup>35</sup> I risultati del progetto a indagine SERA Italia indicano una chiara associazione tra rumore di origine aeroportuale e livelli di pressione sistolica arteriosa (+6,3 mmHg nelle ore serali, IC95% 1,5-11; +4,7 mmHg al mattino, IC95% 0,2-9,2 tra i soggetti esposti a più di 65 dB dell'Lden rispetto al riferimento <50 dB) e *annoyance* (*Odds Ratio*: 7,86, IC95% 6,09-9,32 durante il giorno; *Odds Ratio*: 5,17, IC95% 3,08-7,86 nelle ore notturne tra i residenti nelle zone 65+ dB dell'Lden rispetto al gruppo di confronto <50 dB). I risultati sono stati presentati al convegno 2013 dell'Associazione italiana di epidemiologia. In ogni caso, almeno la FCR utilizzata per il calcolo dell'*annoyance* da rumore aeroportuale è la stessa raccomandata dalla direttiva sul rumore dell'UE.<sup>33</sup>

Per l'infarto acuto del miocardio non sono ad oggi disponibili metanalisi dalle quali derivare la relazione concentrazione-risposta per la stima dell'impatto del rumore aeroportuale sul-

l'occorrenza di questo esito. Abbiamo dunque deciso, in maniera conservativa, di utilizzare le FCR disponibili per il rumore da traffico stradale. Dati a supporto di una relazione tra il rumore degli aerei e l'incidenza di infarto acuto del miocardio vengono dai risultati di uno studio di coorte svizzero che dimostrano un aumento della mortalità per IMA con l'aumentare del livello e della durata del rumore aeroportuale (RR 1,30; IC95% 0,96-1,76 confrontando i residenti a 60+ dB *vs.* quelli della categoria di riferimento <45dB), aggiustando per l'inquinamento atmosferico (PM<sub>10</sub>) e la distanza da una strada principale.<sup>36</sup> Recentemente sono stati pubblicati i risultati di due studi trasversali che hanno evidenziato un'associazione tra rumore aeroportuale e rischio di ospedalizzazione per patologie cardiovascolari in Inghilterra<sup>28</sup> e negli Stati Uniti.<sup>26</sup>

## CONCLUSIONI

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.



AEROPORTO	ANNOYANCE - Lden							
	55-60 dB		60-65 dB		>65 dB		TOTALE	
	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale
	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)
Caselle (TO)	4.584	626 (436-772)	3.824	832 (597-998)	188	59 (45-70)	8.596	1.517 (1.078-1.840)
Tessera (VE)	254	35 (24-43)	70	15 (11-18)	2	1 (0-1)	326	51 (35-62)
San Giusto (PI)	2.857	390 (272-481)	50	11 (8-13)	23	7 (5-9)	2.930	408 (285-503)
Linate (MI)	16.540	2.259 (1.573-2.787)	3.408	741 (532-890)	45	14 (11-17)	19.993	3.014 (2.116-3.694)
Ciampino (RM)	14.466	1.976 (1.376-2.438)	6.456	1.405 (1.008-1.686)	424	134 (101-157)	21.346	3.515 (2.485-4.281)
Malpensa (MI)	8.838	1.207 (840-1.489)	356	77 (56-93)	0	0 (0-0)	9.194	1.284 (896-1.582)
Totale	47.539	6.493 (4.521-8.010)	14.164	3.081 (2.212-3.698)	682	215 (162-254)	62.385	9.789 (6.895-11.962)

**Tabella 6.** Valutazione dell'impatto annuale del rumore aeroportuale sulla popolazione esposta a più di 55 dB (Lden): casi addizionali di soggetti molto infastiditi dal rumore aeroportuale e relativi intervalli di confidenza al 95% per singolo aeroporto.

**Table 6.** Impact assessment of aircraft noise on the population exposed to more than 55 dB (Lden): additional cases of highly annoyed people due to aircraft noise and 95% confidence intervals by airport.

AEROPORTO	DISTURBI DEL SONNO - Lnigt							
	47,5-52,5 dB		52,5-57,5 dB		>57,5 dB		TOTALE	
	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale	Popolazione	Casi attribuibili al rumore aeroportuale
	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)	n.	n. (IC95%)
Caselle (TO)	4.584	339 (123-705)	3.824	398 (156-810)	188	27 (11-53)	8.596	764 (290-1.568)
Tessera (VE)	254	19 (7-39)	70	7 (3-15)	2	0 (0-1)	326	26 (10-55)
San Giusto (PI)	2.857	211 (77-440)	50	5 (2-11)	23	3 (1-6)	2.930	219 (80-457)
Linate (MI)	16.540	1.223 (443-2.546)	3.408	354 (139-722)	45	6 (3-13)	19.993	1.583 (585-3.281)
Ciampino (RM)	14.466	1.070 (388-2.226)	6.456	671 (264-1.368)	424	60 (25-119)	21.346	1.801 (677-3.713)
Malpensa (MI)	8.838	654 (237-1.360)	356	37 (15-75)	0	0 (0-0)	9.194	691 (252-1.435)
Totale	47.539	3.516 (1.275-7.316)	14.164	1.472 (579-3.001)	682	96 (40-192)	62.385	5.084 (1.894-10.509)

**Tabella 7.** Valutazione dell'impatto annuale del rumore aeroportuale sulla popolazione esposta a più di 47,5 dB (Lnigt): casi addizionali di disturbi del sonno arrecati dal rumore aeroportuale e relativi intervalli di confidenza al 95% per singolo aeroporto.

**Table 7.** Impact assessment of aircraft noise on the population exposed to more than 47.5 dB (Lnigt): additional cases of highly sleep disturbances due to aircraft noise and 95% confidence intervals by airport.

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.<sup>37</sup> Si ritiene, dunque, necessario che una valutazione epidemiologica periodica venga condotta sulle popolazioni residenti in prossimità dei grandi aeroporti italiani, specialmente nei casi in cui siano previsti cambiamenti strutturali degli aeroporti.

**Conflitti d'interesse dichiarati:** nessuno.

**Gruppo di lavoro dello studio SERA.**

Si ringraziano tutti i partecipanti al gruppo di lavoro. **Dipartimento di epidemiologia, SSR del Lazio:** Carla Ancona, Laura Ancona, Chiara Badaloni, Giulia Cesaroni, Simone Bucci, Martina N. Golini, Francesca Mataloni, Claudio Morciano, Chelo G. Salatino, Eleonora Zirro, Francesco Forastiere. **ARPA Lazio:** Silvia Barberini, Gianmario Bignardi, Andrea Bolignano, Valerio Briotti, Roberta Caleprico, Sesto Damia, Tina Fabozzi, Raffaele Piatti, Francesco Troiano, Roberto Sozzi. **ISPR:** Anna

Maria Caricchia, Riccardo De Lauretis, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Daniela Romano, Giorgio Cattani. **Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima:** Francesco Angelini, Francesca Barnaba, Francesca Costabile, Gian Paolo Gobbi; **Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma:** Luca Fontana, Ivo Iavicoli. **Istituto superiore di sanità:** Marco Inglessis, Francesco Tancredi. **Università di Padova:** Claudia Amadasi, Laura Cestari, Roberta Dorio, Barbara Palazzi, Dorelia Zangrando, Lorenzo Simonato. **ARPA Veneto:** Daniele Sepulcri. **Direzione integrata della prevenzione, SSD epidemiologia, ASL TO 4:** Celestina Arcadi, Luisa Bandroco, Graziella Barra, Fulvia Bellone, Paolo Carnà, Pierina Casu, Maria Conchedda, Carmela De Fano, Piera Di Gilio, Antonella Macario, Maria Peritore, Stefania Sapetti, Luisa Signorile, Vilma Tempia, Marina Ottino. **ARPA Piemonte:** Monica Chiusolo, Jacopo Fogola, Ennio Cadum. **Università degli Studi di Milano:** Donatella Camerino, Dario Consonni, Angela Pesatori, Pier Alberto Bertazzi. **Istituto di fisiologia clinica, CNR Pisa:** Caterina Ferri, Caterina Minniti, Maddalena Nanni, Davide Petri, Maria Angela Vigotti. **Istituto per i processi chimico-fisici, CNR Pisa:** Gaetano Licitra. **Istituto di acustica e sensoristica "Orso Mario Corbino":** Elena Ascari. **Osservatorio epidemiologico, ASL Varese:** Maria Chiara Antoniotti, Lorena Balconi, Domenico Bonarrigo, Cristina Degli Stefani, Aniello Esposito, Maria Gambino, Sabina Speciali, Salvatore Pisani. **ARPA Lombardia:** Silvana Angius, Emanuele Galbusera, Paola Maggi, Roberta Pollini.

Si ringrazia Dario Consonni per aver fornito le informazioni sulla popolazione residente in Lombardia.

**BIBLIOGRAFIA**

1. World Health Organization – Europe. *Night Noise Guidelines for Europe*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2009.
2. Fritschi L, Brown AL, Kim R, Schwela DH, Kephelopoulos S (eds). *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2011.
3. Hänninen O, Knol A (eds.). *Environmental Perspectives on Environmental Burden of Disease. Estimates for Nine Stressors in Six European Countries*. National Institute for Health and Welfare (THL), Report 1/2011. Helsinki 2011.
4. Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale - Dichiarazione della Commissione in sede di comitato di conciliazione sulla direttiva relativa alla valutazione ed alla gestione del rumore ambientale. *Gazzetta ufficiale EUR*, L. 189 del 18.07.2002, pp. 12-26. Disponibile all'indirizzo: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32002L0049>
5. Ising H, Babisch W, Kruppa B. Noise-induced endocrine effects and cardiovascular risk. *Noise Health* 1999;1(4):37-48.
6. Basner M, Müller U, Elmenhorst EM. Single and combined effects of air, road, and rail traffic noise on sleep and recuperation. *Sleep* 2011;34(1):11-23.
7. Basner M, Babisch W, Davis A et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet* 2013;383(9925):1325-32.
8. Ente nazionale per l'aviazione civile. Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti. Piano Nazionale degli Aeroporti. Disponibile all'indirizzo: <http://www.portale-infrastrutture.it>
9. Il rapporto completo del progetto SERA è disponibile all'indirizzo: <http://www.deplazio.net/it/esposizione-a-rumore>
10. [www.assaeroporti.it](http://www.assaeroporti.it)
11. ARPA Lombardia. Sezione: Rumore aeroportuale. Disponibile all'indirizzo: [http://ita.arpalombardia.it/ita/aree\\_tematiche/agentifisici/aeroporti\\_lmo.asp#01](http://ita.arpalombardia.it/ita/aree_tematiche/agentifisici/aeroporti_lmo.asp#01)
12. ARPA Piemonte. Sezione: Rumore – Documentazione e dati. Disponibile all'indirizzo: <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/rumore/rumore/documentazione>
13. ARPA Toscana. *Il monitoraggio acustico dell'aeroporto di Pisa a partire dal 2001*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2009/223-09-aeroporto-pisa?searchterm=None>
14. ARPA Lazio. *Rumore da infrastrutture di trasporto*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.arpalazio.gov.it/ambiente/rumore/trasporti.htm>
15. Venice Airport. *Sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale*. Disponibile all'indirizzo: <http://ambiente.veniceairport.it/Rumore/Sistemadimonitoraggio.aspx>
16. Decreto legislativo del 19 agosto 2005, n.194. *Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/05194dl.htm>
17. van Kempen EE, van Kamp I, Stellato RK et al. Children's annoyance reactions to aircraft and road traffic noise. *J Acoust Soc Am* 2009; 125(2):895-904.
18. Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G et al; HYENA Consortium. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years – results of the HYENA study. *Environ Int* 2009;35(8):1169-76.
19. Babisch W, Pershagen G, Selander J et al. Noise annoyance – a modifier of the association between noise level and cardiovascular health? *Sci Total Environ* 2013;452-453:50-7.
20. Muzet A. Environmental noise, sleep and health. *Sleep Med Rev* 2007;11(2):135-42.
21. Eriksson C, Rosenlund M, Pershagen G, Hilding A, Ostenson CG, Bluhm G. Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology* 2007;18(6):716-21.
22. Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Velonaki V et al. Can exposure to noise affect the 24 h blood pressure profile? Results from the HYENA study. *J Epidemiol Community Health* 2011;65(6):535-41.
23. van Kempen E, Babisch W. The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *J Hypertens* 2012;30(6):1075-86.
24. Babisch W. Cardiovascular effects of noise. *Noise Health* 2011; 13(52):201-4.
25. Huss A, Spoerri A, Egger M, Röösli M; Swiss National Cohort Study Group. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 2010;21(6):829-36.
26. Correia AW, Peters JL, Levy JL, Melly S, Dominici F. Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study. *BMJ* 2013;347:f5561.
27. Floud S, Blangiardo M, Clark C et al. 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;12:89.
28. Hansell AL, Blangiardo M, Fortunato L et al. Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ* 2013;347:f5432.
29. Babisch W, Kamp I. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise Health* 2009;11(44):161-8.
30. Istituto superiore di sanità. *Il progetto CUORE. Epidemiologia e prevenzione delle malattie cerebro e cardiovascolari*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.cuore.iss.it/>
31. Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise Health* 2008;10(38):27-33.
32. Miedema HM, Oudshoorn CG. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect* 2001;109(4):409-16.
33. Hellmuth T, Claßen T, Kim R, Kephelopoulos S, Joint Reserach Center (JRC) of the European Commission, World Health Organization – Regional Office for Europe (WHO-Europe) (eds). *Methodological guidance for estimating the burden of disease from environmental noise*. Copenhagen, World Health Organization, 2012. Disponibile all'indirizzo: <http://pub.uni-bielefeld.de/publication/2610829>
34. Miedema HM, Vos H. Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behav Sleep Med* 2007;5(1):1-20.
35. Järup L, Babisch W, Houthuijs D et al. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environ Health Perspect* 2008;116(3):329-33.
36. Huss A, Spoerri A, Egger M, Röösli M; Swiss National Cohort Study Group. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 2010;21(6):829-36.
37. Licitra G, Gagliardi P, Fredianelli L, Simonetti D. Noise mitigation action plan of Pisa civil and military airport and its effects on people exposure. *Applied Acoustics* 2014,84:25-36.