



**Impatto dell'inquinamento ambientale prodotto dagli aeroporti sulla salute dei residenti: risultati dello studio campionario**



**D/EP/Lazio**

Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale  
Regione Lazio



*Centro Nazionale per la  
Prevenzione e il Controllo delle  
Malattie*



*Ministero della Salute*

## **S.E.R.A. Italia**

### **Composizione del gruppo di lavoro dello studio SERA Italia**

#### **Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio**

Carla Ancona, Laura Ancona, Chiara Badaloni, Giulia Cesaroni, Simone Bucci, Martina N. Golini, Francesca Mataloni, Claudio Morciano, Chelo G. Salatino, Eleonora Zirro e Francesco Forastiere

#### **ARPA Lazio**

Silvia Barberini, Gianmario Bignardi, Andrea Bolignano, Valerio Briotti, Roberta Caleprico, Sesto Damizia, Tina Fabozzi, Raffaele Piatti, Francesco Troiano e Roberto Sozzi

#### **ISPRA**

Anna Maria Caricchia, Riccardo De Lauretis, Alessandro Di Menno Di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Daniela Romano e Giorgio Cattani

#### **Istituto di Scienze dell' Atmosfera e del Clima**

Francesco Angelini, Francesca Barnaba, Francesca Costabile e Gian Paolo Gobbi

#### **Università Cattolica del Sacro Cuore**

Luca Fontana e Ivo Iavicoli

#### **Istituto Superiore di Sanità**

Marco Inglessis e Francesco Tancredi

#### **Università di Padova**

Claudia Amadasi, Laura Cestari, Roberta Dorio, Barbara Palazzi, Dorelia Zangrando e Lorenzo Simonato

#### **ARPA Veneto**

Daniele Sepulcri

#### **Direzione Integrata della Prevenzione ASL TO 4 SSD Epidemiologia**

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 e Marina Ottino

#### **ARPA Piemonte**

Monica Chiusolo, Jacopo Fogola e Ennio Cadum

#### **Università di Milano**

Donatella Camerino, Dario Consonni, Angela Pesatori e Pier Alberto Bertazzi

#### **Istituto di Fisiologia Clinica – CNR Pisa**

Caterina Ferri, Caterina Minniti, Maddalena Nanni, Davide Petri e Maria Angela Vigotti

**ARPA Toscana**

Elena Ascari e Gaetano Licitra

**Osservatorio Epidemiologico – ASL Varese**

Maria Chiara Antoniotti, Lorena Balconi, Domenico Bonarrigo, Cristina Degli Stefani, Aniello Esposito, Maria Gambino, Sabina Speciali e Salvatore Pisani

**ARPA Lombardia**

Silvana Angius, Emanuele Galbusera, Paola Maggi, Roberta Pollini

### INTRODUZIONE

Il rumore è un importante ed attuale problema ambientale che interessa un elevato numero di persone. Si stima, infatti, che il 50% della popolazione europea viva in aree nelle quali, durante il giorno, si supera il limite massimo di 55 dBA, mentre il 20% dei cittadini europei è esposto a valori superiori a 40 dBA durante le ore notturne. Tali soglie sono state recentemente stabilite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 1999). La legge quadro italiana sull'inquinamento acustico (L. 447 del 1995), insieme ai suoi decreti attuativi, disciplina la materia dell'inquinamento acustico definendo i principi di tutela dell'ambiente esterno ed abitativo. Inoltre, la normativa sul rumore aeroportuale stabilisce che per la definizione della rumorosità generata dagli aeroporti venga utilizzato un descrittore specifico: il Livello di Valutazione del rumore Aeroportuale (LVA). Tale descrittore misura i livelli di rumore generati esclusivamente dagli eventi aeronautici; tali livelli possono essere determinati mediante applicazione di modelli di calcolo o misurazioni in sito.

La principale sorgente di rumore 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. La Direttiva europea 2002/49/CE indica tra gli effetti nocivi derivanti dall'esposizione a rumore, l'*annoyance* (letteralmente "fastidio") e i disturbi del sonno.

L'inquinamento prodotto da un aeroporto non è solo di tipo acustico e occorre tener conto anche delle emissioni di inquinanti in aria; queste variano al variare dei motori e dei carburanti impiegati, con il conseguente rilascio di CO<sub>2</sub>, CO, C<sub>e</sub>, NO<sub>x</sub>, particelle sospese, e un numero variabile di sostanze chimiche organiche. Infine, alla presenza di un impianto aeroportuale è generalmente associato anche un aumento del traffico veicolare, con conseguente ulteriore incremento dell'inquinamento acustico ed atmosferico.

Il progetto CCM SERA Italia, coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del SSR del Lazio, è stato condotto grazie alla collaborazione delle seguenti strutture:

- Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale del Lazio, Veneto, Piemonte, Toscana, Lombardia
- Università di Padova
- Direzione Integrata della Prevenzione ASL TO 4 SSD Epidemiologia
- Università di Milano
- Istituto di Fisiologia Clinica - CNR Pisa
- Osservatorio Epidemiologico – ASL Varese.

## RASSEGNA DELLA LETTERATURA

Sono stati condotti numerosi studi di laboratorio ed epidemiologici sugli effetti del rumore che hanno coinvolto sia i lavoratori esposti al rumore in ambiente di lavoro, sia la popolazione generale che vive nelle vicinanze di aeroporti, industrie e strade ad alto traffico. Tali studi indicano che il rumore può avere un impatto, temporaneo o permanente, sulle funzioni fisiologiche dell'uomo. L'esposizione acuta al rumore, infatti, 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, dei lipidi ematici, e alterazioni degli elettroliti (*Ising 1997*). Come conseguenza di una prolungata esposizione a rumore, gli individui più suscettibili della popolazione possono sviluppare un danno permanente, come l'ipertensione e le malattie ischemiche, fino all'infarto del miocardio (*Passchier-Vermeer 1993; Berlung e Lindevall 1995*). A tal proposito, negli ultimi anni alcuni studi hanno evidenziato come il rumore da traffico aeroportuale sia associato ad effetti sulla salute (*van Kempen 2002; Babisch 2006*), in particolare all'aumento della pressione arteriosa e ad una maggior frequenza di disturbi cardiovascolari (*Rosenlund et al 2001; Matzui 2004; Aydin Y 2007; Eriksson et al 2007; Haralabidis 2008*). E' stato inoltre evidenziato l'effetto dell'esposizione a rumore aeroportuale su disfunzionalità del sistema endocrino (*Spiegel 2004*), alterazioni croniche del sistema immunitario (*Maschke 2002*) e modifiche della salute mentale negli adulti (*Hardoy 2005*).

L'esposizione residenziale al rumore aeroportuale è risultata associata ad un aumento dei livelli pressori anche nei bambini (*Cohen 1980; Haynes 2001; Hygge 2002; Stansfeld et al 2005*). Sempre nei bambini sono stati documentati effetti sulla salute mentale (*Lercher et al 2002*), riduzione delle capacità di apprendimento (*Rosenlund M et al 2001; Haines et al 2001; Hygge 2003*) e diminuzione delle capacità cognitive (*Stansfeld et al 2005*).

Per quanto riguarda gli effetti a lungo termine, Visser e collaboratori hanno valutato il rischio di tumore associato alla residenza in prossimità dell'aeroporto di Amsterdam attraverso l'analisi dei dati del registro tumori (1998-2003), non riscontrando differenze rispetto ai livelli nazionali (*Visser et al 2005*). Lo studio HYENA (*HYpertension and Exposure to Noise near Airports - Jarup et al 2005*), finanziato dall'UE e condotto tra il 2003 e il 2006, ha intervistato e misurato la pressione a 4,891 persone con età compresa tra i 45 e i 70 anni, residenti da almeno cinque anni nei pressi di sei grandi aeroporti di altrettante città europee (Londra, Berlino, Amsterdam, Atene, Stoccolma, e Milano) con l'obiettivo di analizzare l'associazione tra esposizione al rumore aeroportuale e ipertensione. Nello studio HYENA i livelli di esposizione sono stati stimati tramite modelli di dispersione del suono e le informazioni individuali sono state raccolte tramite un

## **S.E.R.A. Italia**

questionario. I risultati dello studio (*Jarup 2008*) hanno indicato un eccesso di rischio di ipertensione pari al 10% per incrementi di rumore di 10 dBA.

Il rumore aeroportuale viene indicato anche come causa di irritabilità, stanchezza, mal di testa, calo di *performance* e, in generale, di un'alterazione psicofisica che prende il nome *annoyance*. Diversi studi mostrano una relazione tra l'aumento del rumore di origine aeroportuale e l'incremento della frequenza di persone che si definiscono infastidite dal rumore stesso (*Miedema 1998; Passchier-Vermeer 2000; Fidell 2002; Babisch 2009*).

Il rumore aeroportuale interferisce con la qualità del sonno delle persone che risiedono nelle vicinanze degli aeroporti (*Passchier-Vermeer 2002; Maschke 2004; Michaud DS 2007*), come dimostrano alcuni studi in cui il rumore aeroportuale è risultato associato ad un aumento della frequenza d'uso di sonniferi e tranquillanti (*Rosenlund 2001; Haines 2001; Franssen 2004; Raschke F 2004*).

## **OBIETTIVO DELLO STUDIO SERA**

Lo studio trasversale SERA aveva l'obiettivo di studiare l'associazione tra la residenza in prossimità degli aeroporti di Torino-Caselle, Pisa-San Giusto, Venezia-Tessera, Milano-Linate e Milano-Malpensa, Roma-Ciampino e la variazione dei livelli pressori, la frequenza di *annoyance* e disturbi del sonno in un campione di popolazione residente da almeno due anni nelle vicinanze di questi aeroporti con età compresa tra i 45 e 70 anni.

## **METODI**

### *CARATTERISTICHE DEGLI AEROPORTI*

Seguono alcune informazioni sugli aspetti storici e le caratteristiche degli aeroporti indagati. Le informazioni sono state desunte dall'Associazione Italiana Gestione Aeroporti ([www.assaeroporti.it](http://www.assaeroporti.it))

### *MILANO - LINATE E MALPENSA*

Nel 1948 la vecchia pista militare di Malpensa viene riconvertita all'aviazione civile e alla fine del 1954 si osservano 163,438 passeggeri, 4,374 movimenti aerei, 2,800 tonnellate circa di merci trasportate. Nel 1957 viene deliberata la costruzione del nuovo aeroporto di Linate che si inaugurerà nel 1960. Negli anni successivi, i due scali vengono ingranditi e dotati di nuove tecnologie, si migliorano i collegamenti stradali, si realizzano ampi capannoni di immagazzinamento merci. A partire degli anni settanta si registra un aumento degli spostamenti

turistici in Europa e intercontinentali, con il conseguente ampliamento delle piste di atterraggio e decollo degli *airbus* e la definizione di nuovi collegamenti in America e in Asia, grazie allo stanziamento di diversi miliardi di lire da parte del Ministero dei Trasporti. Nell'ultimo decennio vengono realizzate opere per lo sviluppo di Malpensa: dal riassetto della struttura aeroportuale dedicata ai voli *low cost* alla costruzione del nuovo *hangar*, dall'ampliamento del piazzale aeromobili e dei parcheggi alla messa in atto di interventi di mitigazione sull'ambiente. Dal 2001, SEA assicura il monitoraggio del rumore di origine aeronautica nei due aeroporti, in collaborazione e sotto lo stretto controllo dell'ARPA. Il sistema di rilevamento del rumore aeroportuale è costituito da 23 stazioni sul campo (17 a Malpensa e 6 a Linate), a cui si aggiungono altre 5 centraline mobili, utilizzate per campagne di misura specifiche. Il dato acustico rilevato è analizzato con l'ausilio di un sistema informatico: tramite l'utilizzo dei tracciati radar dei singoli voli, consente di distinguere il rumore di origine aeronautica dal rumore complessivo.

#### *PISA - SAN GIUSTO*

L'aeroporto nasce durante il primo dopoguerra per poi svilupparsi negli anni trenta, periodo durante il quale diviene sede stanziale dell'allora 46° Stormo. Negli anni cinquanta vengono costruite due piste di volo e delle relative strutture logistiche per assicurare l'operatività degli aerei da trasporto militari. Negli stessi anni riprendono progressivamente i voli commerciali, senza che sia ancora disponibile alcuna aerostazione civile. Sul finire degli anni ottanta, a seguito dell'apertura alle rotte internazionali dell'aeroporto di Firenze-Peretola, l'aeroporto di Pisa ebbe un ridimensionamento del traffico passeggeri, soprattutto quelli legati al turismo, ma con l'apertura alle compagnie aeree *low cost* dagli anni novanta, ha conquistato con successo questo segmento di mercato, restando il principale scalo in Toscana per i voli *low cost*. SAT ha recentemente presentato il piano, già in atto, di mitigazione dell'impatto acustico sulla città di Pisa ed il progetto definitivo 2013-2015 di potenziamento delle infrastrutture di volo dell'aeroporto Galilei.

#### *ROMA - CIAMPINO*

L'aeroporto Internazionale "G.B. Pastine" di Ciampino nasce come aeroscalo nel 1916, per poi divenire aeroporto militare aperto al traffico civile negli anni trenta e, dalla inaugurazione dell'aeroporto di Fiumicino nel 1961, è stato per decenni lo scalo scelto per ragioni di sicurezza da capi di stato e personalità in visita a Roma e in Italia. La vicinanza con Roma stessa lo ha, sotto questo punto di vista, enormemente aiutato nel suo sviluppo. Lo scalo di Ciampino è di tipologia mista, sia civile che militare, ed 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. Dal 2001, con l'avvento dei vettori *low cost*, il volume di traffico è più

## **S.E.R.A. Italia**

che quintuplicato. Nel 2004 è nato un contenzioso tra le amministrazioni comunali di Ciampino e Marino e i cittadini da una parte ed ENAC ed Adr dall'altra, a proposito della crescita esponenziale del volume di traffico. Nell'aprile del 2008 il Consiglio di Stato ha sancito l'attuazione della riduzione di voli commerciali, decisa dall'ordinanza dell'ENAC, da 138 a 100 voli al giorno. Nello stesso anno la Regione Lazio ha attivato il Centro Regionale Infrastrutture Sistemi Trasporto Aereo (CRISTAL), ovvero un sistema di monitoraggio dell'inquinamento acustico degli aeroporti del Lazio.

### *TORINO - CASELLE*

L'aeroporto "Sandro Pertini" di Torino nasce ufficialmente nel 1938, principalmente come scalo per l'attività militare. Qualche anno dopo il Ministero dell'Aeronautica stipula con il Comune di Torino una convenzione per la costruzione e la gestione dell'aeroporto civile di Torino, che viene inaugurato nel 1953. A partire dal 1993 si inaugura la nuova aerostazione, capace di ospitare oltre tre milioni di passeggeri l'anno, vengono potenziate ulteriormente le infrastrutture dotando l'aerostazione di sei ponti di imbarco, si avviano interventi pluriennali riguardanti la riqualifica integrale delle aree di movimento aereo e le opere impiantistiche connesse. Nel 2006, in occasione delle Olimpiadi Invernali di Torino, è stato ufficialmente inaugurato il nuovo aeroporto di Torino Caselle. La Commissione per il Rumore Aeroportuale formata dalla stessa SAGAT e da istituzioni pubbliche, tra le quali l'ENAC, il Ministero dell'Ambiente e l'ARPA Piemonte, ha recentemente approvato la zonizzazione aeroportuale in tre aree di rispetto caratterizzate da soglie massime di rumore aeroportuale ammesso e da corrispondenti tipologie di insediamenti consentiti.

### *VENEZIA - TESSERA*

L'aeroporto "Marco Polo" di Venezia Tessera nasce nel 1960 allo scopo di divenire lo scalo di riferimento dell'Italia nord orientale. Nel luglio del 2002 è stato costruito il nuovo Terminal aeroportuale, progettato per adeguare lo scalo al continuo aumento del traffico aereo. Da diversi anni il sistema aeroportuale di Venezia (Tessera e Treviso) è stabilmente il terzo italiano dopo quello di Roma (Fiumicino e Ciampino) e Milano (Malpensa, Linate e Orio al Serio). Dal 1° giugno al 4 dicembre 2011 l'aeroporto ha assorbito e gestito tutto il traffico aereo dell'Aeroporto di Treviso-Sant'Angelo.

Nelle figure 1 e 2 si riportano rispettivamente i dati dei movimenti aerei e del numero di passeggeri registrati nei sei aeroporti nel periodo dal 2000 al 2012. A partire dal 2000, con l'avvento dei vettori *low cost* e l'ampliamento della connettività internazionale, nei sei aeroporti il flusso di voli turistici e commerciali è aumentato costantemente fino al 2007, anno in cui si sono registrati picchi di mobilità: da 507,461 movimenti aerei a 657,217 nel 2007 (+29.5%), da



35,769,933 passeggeri a 53,524,533 (+49.6%). Nel 2008, invece, si è registrata una flessione sia nel numero di passeggeri (-11.2% rispetto al 2007), sia nel numero dei voli (-10.4% rispetto al 2007), che rappresenta un'inversione di tendenza rispetto al trend degli anni precedenti.

Figura 1. Andamento del numero di movimenti aerei (in migliaia) per aeroporto nel periodo 2000-2012 - Fonte: Associazione Italiana Gestione Aeroporti ([www.assaeroporti.it](http://www.assaeroporti.it))

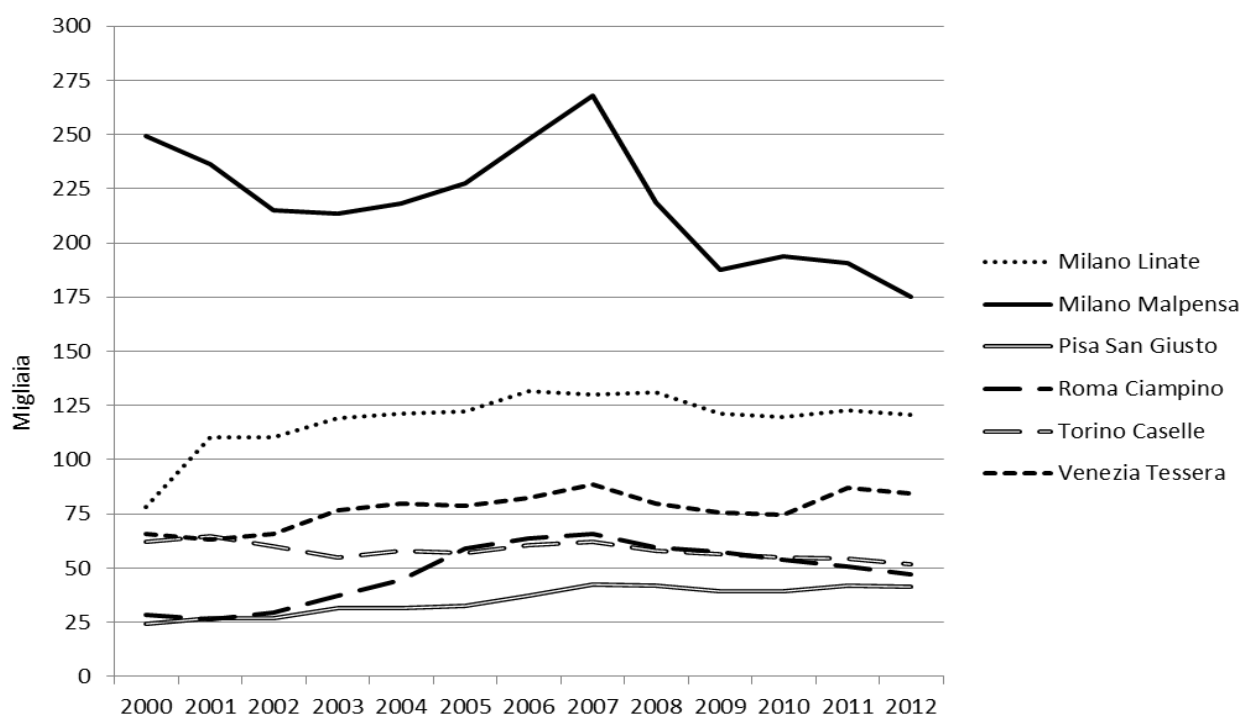
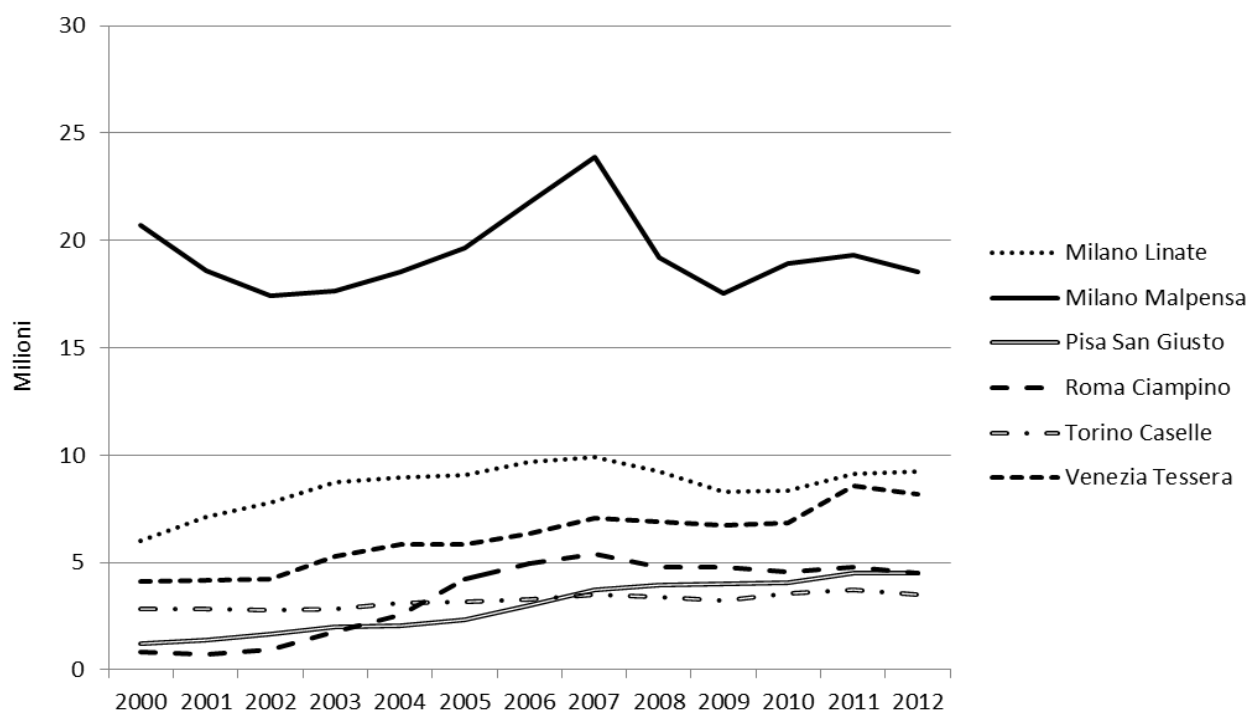


Figura 2. Andamento del numero di passeggeri (in milioni) per aeroporto nel periodo 2000-2012 - Fonte: Associazione Italiana Gestione Aeroporti ([www.assaeroporti.it](http://www.assaeroporti.it))



## **S.E.R.A. Italia**

### *AREE IN STUDIO*

Per ciascun aeroporto l'area oggetto di indagine comprende sia il comune in cui l'aeroporto è situato sia i comuni adiacenti potenzialmente interessati dall'impatto acustico derivante dagli stessi aeroporti.

Si riporta di seguito la lista dei comuni per ogni aeroporto:

- Milano Linate: San Donato Milanese, Segrate, Peschiera Borromeo, Milano;
- Milano Malpensa: Somma Lombardo, Lonate Pozzolo, Samarate, Cardano al Campo, Castelletto sopra Ticino, Gargallo, Marano Ticino, Oleggio, Pombia, Soriso, Varallo Pombia;
- Pisa San Giusto: Pisa;
- Roma Ciampino: Ciampino, Marino;
- Torino Caselle: Caselle Torinese, San Francesco al Campo, San Maurizio Canavese;
- Venezia Tessera: Venezia.

### *POPOLAZIONE IN STUDIO*

La popolazione di riferimento è costituita dalle persone di età, compresa tra 45 e 70 anni, residenti al 31 dicembre 2010 nei comuni interessati dalla presenza dell'aeroporto. Per l'aeroporto di Roma-Ciampino le liste anagrafiche fanno riferimento al 1 gennaio 2005, e per l'aeroporto di Venezia al 1 gennaio 2010.

Gli archivi anagrafici comunali dei comuni interessati sono stati georeferenziati ed è stata scelta come oggetto d'indagine la popolazione residente da almeno due anni all'indirizzo di residenza.

I residenti sono stati campionati dalle liste anagrafiche comunali sulla base dell'impronta sul territorio dell'impatto acustico delle sorgenti aeroportuali stimata sulla base del numero dei voli del 2008. Sulla base dell'impronta acustica i territori intorno agli aeroporti sono stati suddivisi in tre fasce di esposizione:

- *ZONA A*: rumore compreso tra 60 e 65 dB;
- *ZONA B*: rumore compreso tra 65 e 75 dB;
- *ZONA C*: rumore superiore a 75 dB.

Le porzioni di territorio non interessate da impatto acustico aeroportuale sono state utilizzate per campionare il gruppo dei soggetti non esposti a rumore aeroportuale.

### *DIMENSIONI E DEFINIZIONE DEL CAMPIONE*

Per il calcolo della potenza dello studio è stata utilizzata la prevalenza di ipertensione riportata dall'indagine multiscopo dell'ISTAT, pari al 13.6%. Un campione di 2,000 soggetti, di cui il

60% equipartito tra esposti prevalentemente a rumore aeroportuale e riferimento, e il restante 40% equipartito nei restanti due gruppi, consente di evidenziare un Rischio Relativo di ipertensione tra gli esposti (gruppi 1 e 2) compreso tra 1.25 e 1.30, con una potenza statistica dell'80% e un livello di significatività statistica del 5%. Inoltre, la stessa numerosità campionaria permette di stimare un Rischio Relativo di *annoyance* tra gli esposti pari a 1.4, riducendo la percentuale di non esposti al 10% e lasciando invariati la significatività e la potenza statistica.

Per ogni aeroporto, il campione iniziale da sottoporre alla *survey* era composto da almeno 400 soggetti stratificati per sesso, età (tra 45 e 60 anni; tra 61 e 75anni) e livello di esposizione (almeno 100 soggetti in ognuno dei tre gruppi di esposizione più un gruppo di non esposti). Se in una o più fasce risultavano residenti meno di 100 persone, queste venivano incluse tutte nello studio senza bisogno di campionarle.

Prevedendo le difficoltà tipiche di una *survey* (irreperibilità dei soggetti, rifiuti), per ogni sito è stata predisposta anche una lista di sostituti, anch'essa stratificata per sesso, età e livello di esposizione, di numerosità doppia rispetto alla lista iniziale, al fine di consentire le dovute sostituzioni.

#### *ORGANIZZAZIONE GENERALE DELLO STUDIO*

Alle persone selezionate per lo studio è stata spedita una lettera di presentazione della ricerca in cui venivano invitati a contattare il centro di coordinamento dello studio. In caso di mancata risposta, dopo qualche giorno dal previsto arrivo della lettera, le persone sono state nuovamente contattate tramite un nuovo invio della lettera o, più spesso, per via telefonica. Le unità operative hanno informato del progetto di ricerca (nella maggioranza dei casi) i medici di Medicina Generale delle ASL presenti sul territorio, che si sono in molti casi resi disponibili a spiegare le motivazioni e gli scopi dello studio ai pazienti più scettici a partecipare. Una volta contattate le persone campionate e confermata la volontà a partecipare, è stata fissata la data della visita domiciliare.

#### *QUESTIONARIO E MISURA DELLA PRESSIONE ARTERIOSA*

Al momento dell'intervista, il soggetto partecipante ha ricevuto dall'operatore incaricato alla visita domiciliare la lettera informativa e la dichiarazione di consenso, in cui si specificano gli obiettivi dello studio, le strutture organizzatrici e gli aspetti etici e di rispetto della privacy dell'indagine. Quindi al soggetto partecipante è stato somministrato un questionario che si basa sui materiali originali dello studio HYENA (Jarup, 2005).

Le domande del questionario sono state formulate per raccogliere informazioni rilevanti ai fini dello studio, quali l'uso dei farmaci, la presenza di disturbi attribuiti al rumore (*annoyance*,

## **S.E.R.A. Italia**

insonnia), l'attività lavorativa e esposizioni ambientali, il tempo trascorso nel luogo di residenza. L'intervistatore ha effettuato tre misurazioni della pressione arteriosa mediante uno sfigmomanometro: la prima misura è stata effettuata prima dell'intervista dopo 5 minuti di riposo, la seconda dopo un ulteriore minuto di riposo, in accordo con le raccomandazioni dell'*American Heart Association* (Pickering, 2005); infine, la terza misura è stata effettuata alla fine dell'intervista (della durata di circa 45 minuti/1 ora). La media di queste tre misurazioni è stata usata per definire la pressione sistolica e diastolica del partecipante al momento dell'intervista. A tutti i partecipanti è stato chiesto di astenersi dal fumare nei 30 minuti precedenti le misurazioni di pressione, perché la pressione aumenta immediatamente dopo aver fumato.

Alla fine dell'intervista al partecipante è stato consegnato uno sfigmomanometro per l'automisurazione della pressione arteriosa da utilizzare secondo un calendario stabilito: una prima automisurazione da effettuare la sera stessa prima di coricarsi, e una seconda da effettuare il mattino successivo al risveglio. Infine, previo appuntamento, l'intervistatore ha recuperato lo sfigmomanometro e le schede di registrazione delle due automisurazioni.

### ***ASPETTI ETICI E CONFIDENZIALITÀ***

A tutti i partecipanti è stato chiesto di firmare il modulo di consenso informato alla partecipazione allo studio SERA. Tutte le informazioni individuali, ottenute dai questionari, sono considerate confidenziali e trattate quindi con la massima riservatezza, ad esse si è applicato il dovere del segreto professionale da parte di chi, ai vari livelli, ha condotto lo studio. Il protocollo dello studio è stato approvato dai comitati etici locali.

### ***CONSUMO DI FARMACI IPERTENSIVI***

Durante l'intervista sono stati registrati tutti i farmaci regolarmente assunti dai partecipanti, è stato così possibile, utilizzando la classificazione internazionale ATC, selezionare le classi di farmaci della terapia anti-ipertensiva: consumo di alfabloccanti (C02), diuretici (C03), betabloccanti (C07), calcioantagonisti (C08) e sostanze ad azione sul sistema renina-angiotensina senza restrizioni (C09) identificando in questo modo i soggetti che al momento dell'intervista erano in trattamento per l'ipertensione.

### ***INDICATORI DI ESPOSIZIONE***

Per ogni partecipante allo studio SERA è stata effettuata una stima dei livelli sonori (da traffico aeroportuale e stradale) all'indirizzo di residenza utilizzando il modello di calcolo Integrated Noise Model 7.0b messo a punto dalla USA Federal Aviation Administration per il rumore aeroportuale e il modello messo a punto in Francia per la predizione del rumore da traffico stradale

NMPB-1996. I parametri descrittivi acustici utilizzati sono stati l'Lden (descrittore acustico giorno-sera-notte) e l'Lnigt (descrittore acustico notturno) entrambi espressi in decibel (dB).

Il sottogruppo del progetto SERA "modellistica dell'inquinamento acustico", coordinato da ARPA Toscana e con rappresentanti delle ARPA provinciali o regionali interessate dagli aeroporti, ha prodotto le linee guida per la stima del rumore stradale e aeroportuale che hanno garantito una standardizzazione dei metodi e a cui si rimanda per maggior dettaglio (allegati 1 e 2).

Occorre precisare che, in alcune situazioni (ad esempio l'aeroporto di Pisa), i valori stimati di rumore da traffico aeroportuale (Lden espresso in dB) all'indirizzo di residenza dei soggetti sono risultati inferiori di quelli derivanti dalle mappe isofoniche (LVA espresso in dB) utilizzate per la selezione del campione.

#### *ESITI IN STUDIO*

- Pressione sistolica e diastolica diurna: media delle due misurazioni effettuate dall'operatore al momento dell'intervista domiciliare. E' stata esclusa la prima misurazione che, in molti casi, può essere influenzata dal particolare stato di agitazione e diffidenza dell'intervistato a cui viene misurata la pressione arteriosa per la prima volta.
- Pressione sistolica e diastolica serale: automisurazione effettuata dal soggetto partecipante prima di coricarsi.
- Pressione sistolica e diastolica al risveglio: automisurazione effettuata dal soggetto partecipante al momento del risveglio.
- Pressione sistolica e diastolica media: media delle due misurazioni effettuate durante l'intervista (escludendo la prima misurazione) e delle due automisurazioni effettuate dal soggetto partecipante prima di coricarsi e al risveglio.

Le misure di pressione sistolica e diastolica (diurna, serale, al risveglio, media) sono variabili continue espresse in mm di mercurio (Hg).

- Definizione di "iperteso OMS" come da linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS): pressione diastolica  $\geq 90$  mm/Hg ovvero pressione sistolica  $\geq 140$  mm/Hg.  
La variabile "soggetto iperteso" è stata costruita sia sulla media delle due misurazioni effettuate durante l'intervista (escludendo la prima misurazione), sia sulla media di queste e delle due automisurazioni effettuate dal soggetto partecipante prima di coricarsi e al risveglio.

## S.E.R.A. Italia

- Definizione di "iperteso HYENA" usata dallo studio HYENA: pressione diastolica  $>90$  ovvero pressione sistolica  $\geq 140$  mm Hg oppure diagnosi di ipertensione eseguita da un medico e consumo di farmaci ipertensivi per i soggetti con valori pressori misurati nella norma.

La variabile "iperteso HYENA" è stata costruita sia sulla media delle due misurazioni effettuate durante l'intervista (escludendo la prima misurazione) sia sulla media di queste e delle due automisurazioni effettuate dal soggetto partecipante prima di coricarsi e al risveglio.

Le variabili iperteso OMS e iperteso HYENA sono variabili dicotomiche (si/no).

- Annoyance*. La percezione di fastidio relativa a diverse fonti di rumore urbano è stata rilevata durante l'intervista ponendo ai partecipanti la seguente domanda:

*"Facendo riferimento agli ultimi 12 mesi, quando lei è a casa, quale numero da 0 (per niente infastidito) a 10 (estremamente infastidito) rappresenta meglio quanto lei è infastidito, disturbato o seccato dalle seguenti potenziali fonti di rumore: traffico veicolare, tram, treni, aerei, moto, lavori in corso, attività industriali, vicinato, attività commerciali, impianti interni fissi?"*.

La domanda è stata posta due volte, sia per il fastidio che queste fonti di rumore eventualmente provocano durante il giorno, sia per quello eventualmente causato dalle stesse durante la notte. L'esito considerato è la percentuale delle persone "molto infastidite", cioè la quota di persone che ha dichiarato di subire un livello di fastidio  $\geq 8$ . La variabile "molto infastidito" è una variabile dicotomica (si/no).

- Disturbi del sonno. In riferimento all'ultimo mese, durante l'intervista il soggetto ha risposto a domande specifiche circa la qualità del sonno e il benessere percepito durante il giorno esprimendo il suo grado di soddisfazione al riguardo. L'indagine sui disturbi del sonno non è disponibile per l'aeroporto di Roma-Ciampino. A seconda della domanda, l'esito considerato è stato definito come segue:
  - *"Quanto tempo impiega generalmente ad addormentarsi?"*: percentuale di rispondenti che hanno subito un forte ritardo nel prendere sonno ovvero che non dormono affatto.
  - *"Le è mai capitato di svegliarsi durante la notte?"*: quota di soggetti che hanno risposto "spesso" ovvero "non ho chiuso occhio".
  - *"Al mattino le è capitato di svegliarsi prima di quanto desiderato?"*: percentuale di soggetti che hanno risposto "abbastanza prima" o "molto prima".
  - *"Come definirebbe la durata totale del suo sonno?"*: quota di rispondenti che la ritengono insufficiente o del tutto inappropriata.

- *"Nel complesso si ritiene soddisfatto della qualità del suo sonno?":* percentuale di soggetti che hanno risposto *"poco"* ovvero *"per niente"*.
- *"In generale, non solo nell'ultimo mese, ritiene di soffrire di disturbi del sonno?":* percentuale di soggetti che hanno risposto *"abbastanza"* o *"molto"*.

Tutti gli esiti relativi ai disturbi del sonno sono variabili dicotomiche (si/no).

### ANALISI STATISTICA

L'associazione tra il rumore aeroportuale e le variazioni della pressione sistolica e diastolica (diurna, serale, al risveglio) è stata studiata con un modello di regressione lineare, aggiustando per sesso, età, indice di massa corporea, condizione lavorativa, istruzione, concomitante rumore da traffico veicolare stimato all'indirizzo di residenza.

Gli effetti dell'esposizione residenziale al rumore aeroportuale sull'occorrenza di ipertensione (definizione OMS e HYENA), *annoyance* e disturbi del sonno sono stati analizzati mediante un modello di regressione logistica, aggiustando per sesso, età, indice di massa corporea, condizione lavorativa, istruzione, rumore da traffico veicolare. Le misure dell'effetto, calcolate come Odds Ratio (OR) sono state successivamente convertite in Rischi Relativi (RR) attraverso la seguente formula:

$$RR = OR \left( \frac{1}{1 - p_0 + p_0 * OR} \right)$$

dove  $p_0$  è la proporzione dell'esito in studio nella classe di riferimento. La stessa formula è stata utilizzata per il calcolo degli intervalli di confidenza (I.C.).

Per lo studio degli effetti del rumore aeroportuale sulla pressione arteriosa sono stati esclusi tutti i soggetti ipertesi (coloro che hanno risposto "sì" alla domanda *"un medico le ha mai diagnosticato di soffrire di ipertensione?"*) in trattamento farmacologico (coloro che consumavano almeno un farmaco ipertensivo). Questo per evitare che l'effetto dei farmaci ipertensivi potesse mascherare il potenziale effetto del rumore aeroportuale.

### RISULTATI

Il tasso di partecipazione allo studio SERA Italia è stato del 52.1%, con percentuali variabili tra gli aeroporti in studio (40.2% a Torino-Caselle, 54.4% a Pisa-San Giusto, 47.7% a Venezia-Tessera, 51.5% a Milano-Linate, 68.1% a Milano-Malpensa e 50% a Roma-Ciampino) di conseguenza il campione studiato è costituito da 1898 persone.

Nelle figure 3-8 sono riportati la localizzazione degli aeroporti oggetto del progetto SERA, l'impatto sul territorio del Rumore Aeroportuale stimato, rappresentato da fasce isolivello ( $L_{den}$  <50, 50-55, 55-60, 60-65, >65 espresso in decibel), l'indirizzo di residenza dei soggetti che hanno partecipato allo studio.

La tabella 1 mostra le caratteristiche descrittive della popolazione in studio per livello di esposizione a rumore aeroportuale. Sono definiti come *gruppo di riferimento* i 902 residenti nelle zone in cui  $L_{den}$  stimato è inferiore a 50 dB. Sono invece 313 le persone residenti nell'area caratterizzata da un basso livello di rumore da aeroporto (tra 50 e 55 dB). Sono 363 i soggetti residenti nella fascia di rumore aeroportuale compresa tra i 60 e 65 dB. Sono considerati come facenti parte del *gruppo dei più esposti* le 61 persone con residenza a livelli di rumore di origine aeroportuale >65 dB.

Si osserva come tra i residenti intorno agli aeroporti di Milano-Malpensa, Pisa-San Giusto e Venezia-Tessera non ci sia nessun partecipante alla *survey* residente in zone in cui il rumore aeroportuale stimato è superiore a 65 dB. Il gruppo dei maggiormente esposti è dunque costituito da residenti intorno all'aeroporto di Roma-Ciampino (32.8%), Torino-Caselle (29.5%) e Milano-Linate (37.7%).

Il campione in studio è bilanciato per genere (50.4% uomini e 49.6% donne) ed età, la media osservata è di 58.1 anni (Deviazione Standard = 6.9). Circa il 12% dei partecipanti ha un Indice di massa Corporea (IMC) che l'OMS definisce come cut-off point (30) per l'obesità, il 23% è laureato (istruzione >14 anni di studio) e il 48.4% dichiara di avere un lavoro, per il 7.7% del campione il lavoro è correlato all'aeroporto. Per quanto riguarda l'abitudine al fumo, il 21% si dichiara fumatore corrente mentre il 34% si dichiara ex-fumatore.

Il *gruppo degli esposti* risulta più giovane del *gruppo di riferimento* (57,2 anni nella categoria >65-75 dB verso i 59 nella categoria <50 dB, con una proporzione di persone di età 65+ anni di 21.3% verso il 26.5% del riferimento). I maggiormente esposti al rumore sono in maggior misura sottopeso/normopeso (44.3% vs 39.4% del riferimento), laureati (27.9% vs 22.5%) e fumatori correnti (24.6% vs 19.5%).



Il 31.5% del campione in studio è anche esposto a livelli stimati di rumorosità da traffico stradale >65 dB; nel gruppo dei maggiormenti esposti e in quello dei meno esposti a rumore aeroportuale questa quota sale a circa il 35%.

Nella tabella 2 sono riportate alcune caratteristiche delle abitazioni dei soggetti in studio. La durata della residenza è superiore ai 20 anni per tutti i partecipanti allo studio SERA (22 anni per il *gruppo degli esposti* verso i 24 anni per il *gruppo di riferimento*). Nell'area meno esposta a rumore aeroportuale le persone abitano prevalentemente in villette/case singole, mentre, nelle aree più esposte a rumore aeroportuale le persone abitano prevalentemente in appartamenti. In particolare, circa l'80% degli esposti ad elevati livelli di rumore aeroportuale abita in un appartamento ed ha effettuato modifiche in casa per proteggersi dal rumore esterno (33% verso il 25% che si osserva nel riferimento). Il 72.8% del campione vive in abitazioni con doppi o tripli vetri ma non si apprezzano particolari differenze associate al gradiente di esposizione.

Il rumore esterno condiziona i comportamenti delle persone quando sono in casa, gli esposti tendono a tenere chiuse le finestre durante il giorno e addirittura dichiarano un uso limitato degli spazi aperti dell'abitazione.

La tabella 3 mostra come l'ipertensione sia il disturbo con la prevalenza grezza maggiore nel campione in studio (36.1%, con un picco del 44% nella categoria di esposti a 60-65 dB valore che scende al 24.6% nella categoria dei maggiormenti esposti), seguita dall'ipercolesterolemia (30.5%, che scende al 26.2% nella classe maggiormente esposta a rumore) e al terzo posto l'aritmia cardiaca (11.1%). Circa il 35% degli intervistati ritiene di soffrire di problemi di udito (57.4% nella categoria maggiormente esposta verso il 31% del riferimento) e nel campione totale il 15% ha avuto la conferma da parte di un medico (21.3% negli esposti, 13.5% nel riferimento).

Al momento dell'intervista il 30.4% del campione era in terapia anti-ipertensiva a fronte di un 36.1% di soggetti con diagnosi di ipertensione; la prevalenza di consumo di farmaci anti-ipertensione varia dal 30.4% osservato nel gruppo di riferimento al 18% osservato nella fascia di maggiore esposizione al rumore aeroportuale.

La distribuzione dei valori pressori, espressi in millimetri di mercurio (mmHg), per le classi di esposizione al rumore aeroportuale è descritta nella tabella 4. Le medie dei valori di pressione sistolica e diastolica diurna (media della 2° e 3° misurazione durante l'intervista) nel campione in studio sono rispettivamente 126 (DS=18) e 81 (DS=11), quelle serali sono rispettivamente 124 (DS=17) e 78 (DS=11), mentre quelle al risveglio sono rispettivamente 123 (DS=18) e 78

## S.E.R.A. Italia

(DS=10). La sistolica media delle 24 ore è pari a 125 mm/Hg (DS=16) mentre la diastolica è risultata pari a 80 (DS=9)

La prevalenza di ipertensione accertata secondo la definizione OMS è del 27.2% se calcolata come media delle quattro misurazioni esclusa la prima (e 19.4% se si includono nella media anche la misura serale e mattutina) valore che arriva al 45.5% se si utilizza la definizione HYENA (40.1% su 4 misurazioni). La prevalenza di ipertensione nel campione SERA calcolata utilizzando la definizione proposta dallo studio HYENA è superiore a quella dell'OMS perché include anche gli ipertesi in trattamento e quindi con valori pressori nella norma.

In generale, i valori di pressione arteriosa tendono ad essere più elevati nel *gruppo degli esposti* se confrontati con i valori del *gruppo di riferimento*.

Nel campione in studio 577 persone erano in terapia anti-ipertensiva al momento dell'intervista e non sono stati considerati nell'analisi multivariata ipotizzando che il trattamento ipertensivo potesse mascherare l'associazione tra rumore aeroportuale e pressione arteriosa.

L'analisi multivariata è stata dunque effettuata sui rimanenti 1321 soggetti. I risultati dell'analisi multivariata confermano l'esistenza di associazione tra esposizione a rumore aeroportuale e aumento della pressione sanguigna anche tenendo conto delle caratteristiche individuali (sesso, età, IMC, occupazione, istruzione) dei soggetti in studio, del livello di rumore da traffico stradale stimato all'indirizzo di residenza e del sito aeroportuale specifico (tabella 5). L'eccesso che si osserva tra le persone esposte al livello maggiore di rumore aeroportuale, se confrontate con quelle del gruppo di riferimento, è per la pressione sistolica diurna (media della 2° e 3° misurazione) pari a + 3.8 mm/Hg (95% IC -1.1 – 8.7), per la sistolica serale + 7,. mm/Hg (95% IC 2.4-12.0), per la sistolica al risveglio +5.3 mm/Hg (95% IC 0.6-9.9) e per la sistolica come media di tutte le misurazioni +5.1 mm/Hg (95% IC 0.7-9.4).

Nessun aumento si osserva invece per la pressione diastolica (tabella 5).

La tabella 6 mostra i risultati dell'analisi multivariata per la variabile presenza/assenza di ipertensione secondo le due definizioni in studio: OMS, che si basa sui valori di pressione misurati durante l'intervista e HYENA, che include anche i soggetti con ipertensione diagnosticata che, essendo sotto trattamento farmacologico al momento dell'intervista, hanno mostrato valori di pressione nel range di normalità. Il rischio di ipertensione (definizione OMS) tra gli esposti a elevati livelli di rumore aeroportuale nel modello che tiene conto sia delle caratteristiche individuali sia del rumore da traffico stradale, è pari a 1.40 se confrontato con quello del gruppo di riferimento. Tale eccesso tuttavia non raggiunge la significatività statistica (95% IC 0.82-2.18). Utilizzando la definizione di ipertensione usata nello studio HYENA si osserva un eccesso di rischio per i

maggiormente esposti a rumore aeroportuale verso il riferimento (RR 1.08), tale eccesso tuttavia non raggiunge la significatività statistica (95% IC 0.72-1.47).

Tra tutti i fattori che generano fastidio (*annoyance*) negli ambienti urbani, il rumore di origine aeroportuale è quello che più infastidisce le persone residenti sia di giorno (28.4% si dichiara molto infastidito) che di notte (17.2%). Queste percentuali sono più basse tra residenti nell'area di riferimento (9.0 e 6.3 % rispettivamente di giorno e di notte) che tra quelli prevalentemente esposti al rumore di origine aeroportuale, dove le percentuali di persone molto infastidite raggiungono il 59% di giorno e il 28% di notte (tabella 7).

La seconda causa di fastidio per la popolazione in studio è il traffico stradale sia di giorno (17% circa si dichiara molto infastidito), che di notte (9.1%). Tra i residenti nell'area di riferimento la percentuale di persone che si dichiarano molto infastidite dal rumore generato dal traffico stradale è del 14.1% e del 7.1% (giorno e notte rispettivamente), mentre tra le persone prevalentemente esposte al rumore di origine aeroportuale la percentuale è del 18% di giorno e del 6.6% di notte (tabella 7).

I risultati dell'analisi multivariata (tabella 8) mostrano come la percentuale di persone molto infastidite, durante il giorno, dal rumore di origine aeroportuale, aumenti all'aumentare del livello di esposizione al rumore aeroportuale al netto dei confondenti presi in considerazione (rispetto al riferimento si osserva un RR pari a 3.17 tra gli esposti a 50-55 dB, a 6.25 negli esposti a 55-60 dB, a 6.41 negli esposti a 60-65 dB e a 6.79 negli esposti a più di 65 db). Tutti gli eccessi raggiungono la significatività statistica. La stessa relazione tra fastidio e esposizione residenziale al rumore aeroportuale si osserva per le persone che si dicono molto infastidite dal rumore aeroportuale notturno.

Il disturbo del sonno più frequente nel campione SERA è il risveglio frequente durante la notte di cui lamenta circa il 40% del campione, al secondo posto c'è la tendenza a svegliarsi al mattino prima del previsto (28%), di conseguenza il 26.4% del campione ha dichiarato di essere poco o per niente soddisfatto della qualità del riposo notturno. I disturbi del sonno si verificano più frequentemente nelle persone molto esposte al rumore aeroportuale rispetto al riferimento (tab 9).

I risultati dell'analisi multivariata (tabella 10) mostrano un eccesso di rischio di sviluppare disturbi del sonno associato al gradiente di esposizione; per tutti gli esiti considerati i soggetti residenti in zone in cui il rumore aeroportuale è tra i 60 e i 65 dB e >65dB hanno maggiori probabilità, rispetto al gruppo di riferimento di soffrire di disturbi del sonno.

## **CONCLUSIONI**

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.

Figura 3. Aeroporto di Roma Ciampino: livelli di esposizione al rumore aeroportuale (Lden espresso in dB) e soggetti partecipanti allo studio SERA.

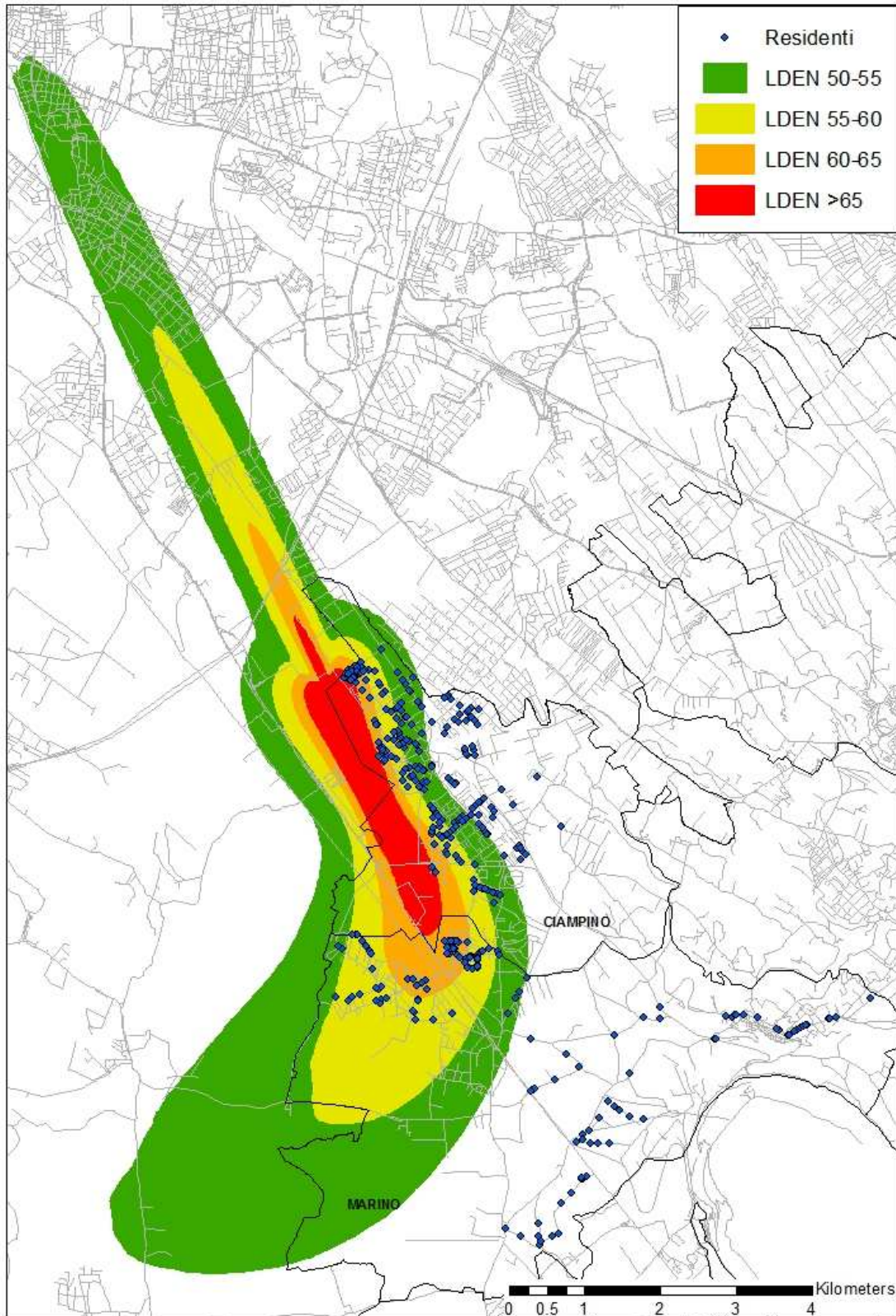


Figura 4. Aeroporto di Torino Caselle: livelli di esposizione al rumore aeroportuale (Lden espresso in dB) e soggetti partecipanti allo studio SERA.

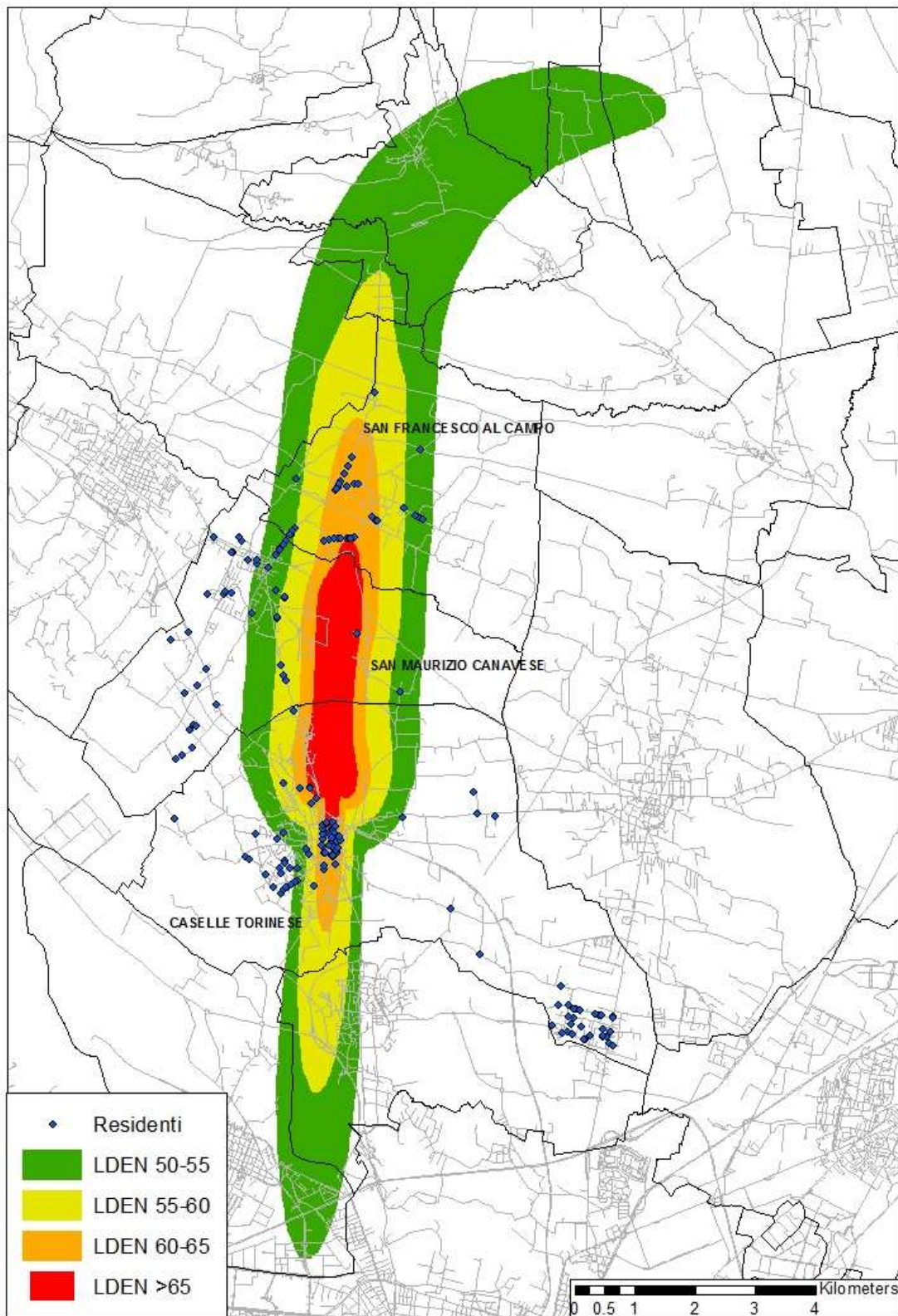


Figura 5. Aeroporto di Milano Malpensa: livelli di esposizione al rumore aeroportuale (Lden espresso in dB) e soggetti partecipanti allo studio SERA.

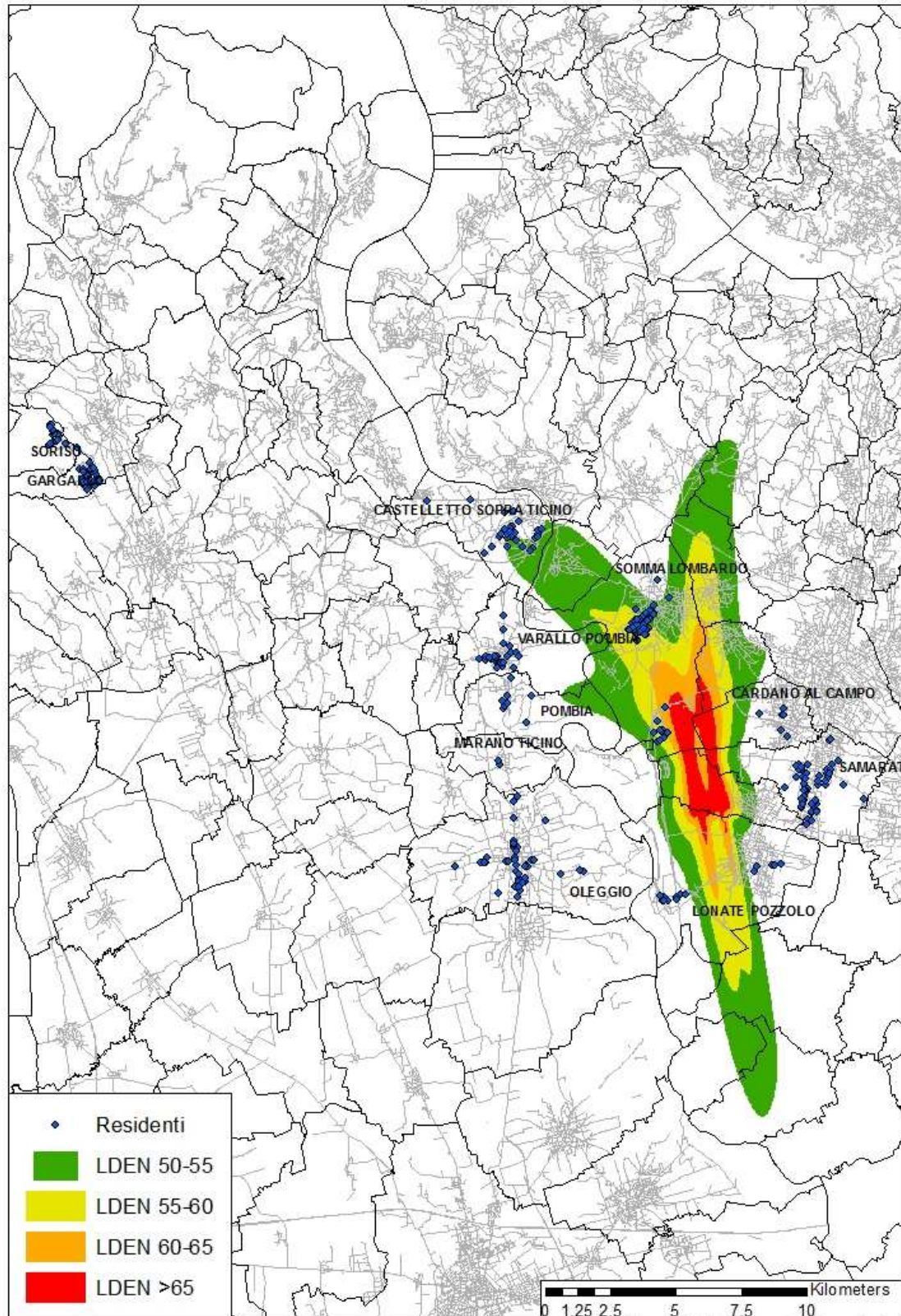


Figura 6. Aeroporto di Milano Linate: livelli di esposizione al rumore aeroportuale (Lden espresso in dB) e soggetti partecipanti allo studio SERA.

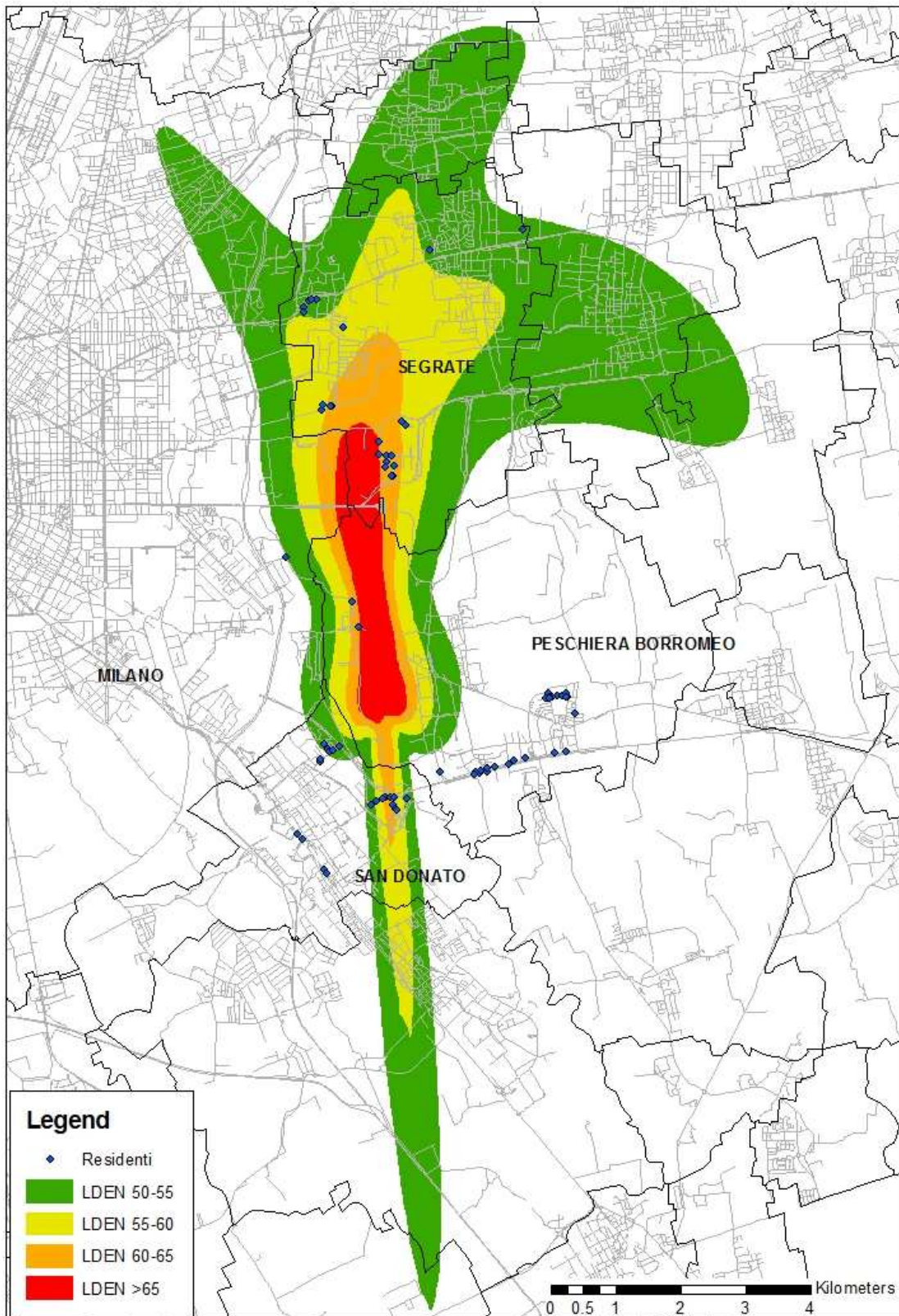




Figura 7. Aeroporto di Pisa San Giusto: categorie di esposizione al rumore aeroportuale (Lden espresso in dB) e soggetti partecipanti allo studio SERA.

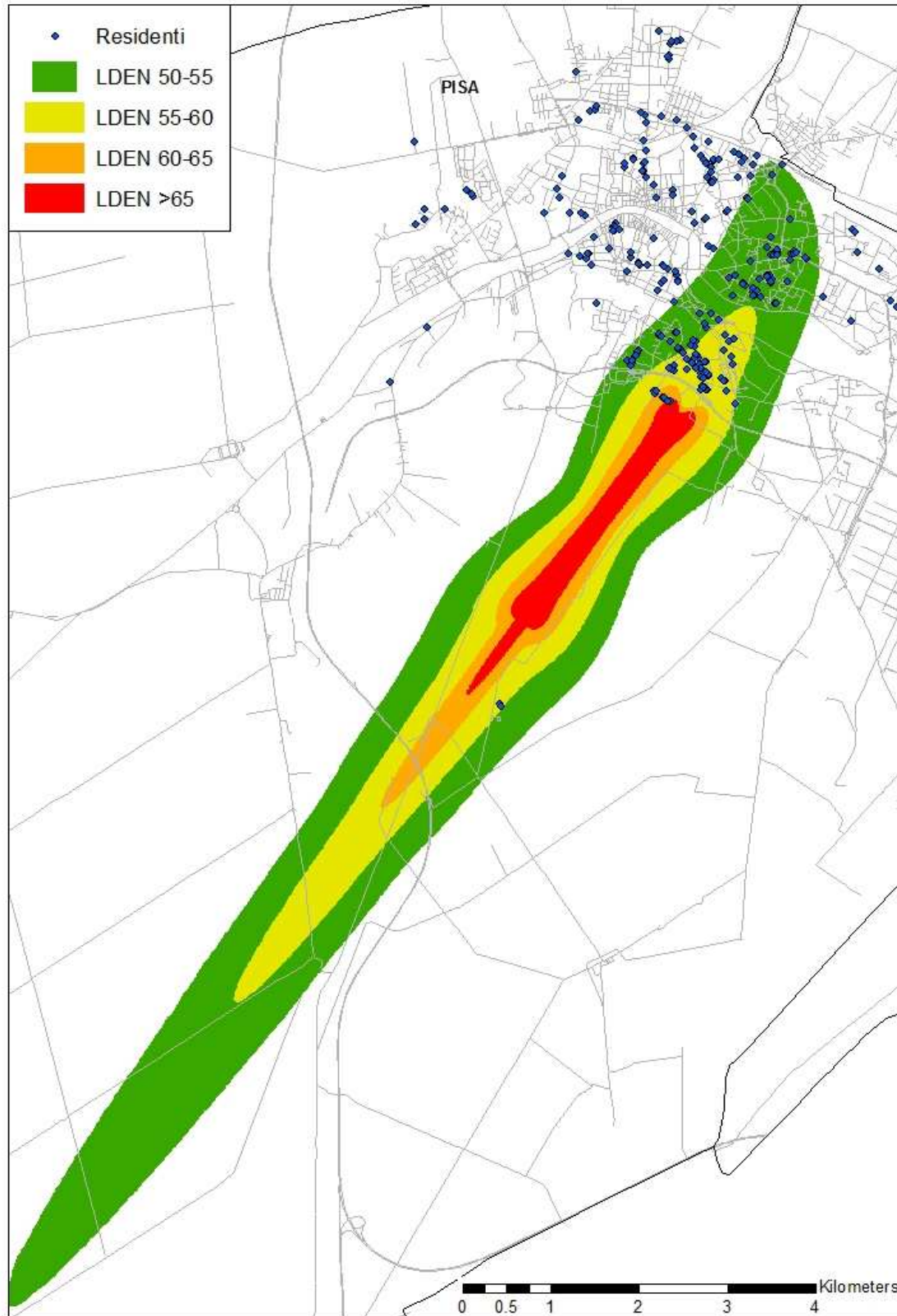


Figura 8. Aeroporto di Venezia Tessera: livelli di esposizione al rumore aeroportuale (Lden espresso in dB) e soggetti partecipanti allo studio SERA.

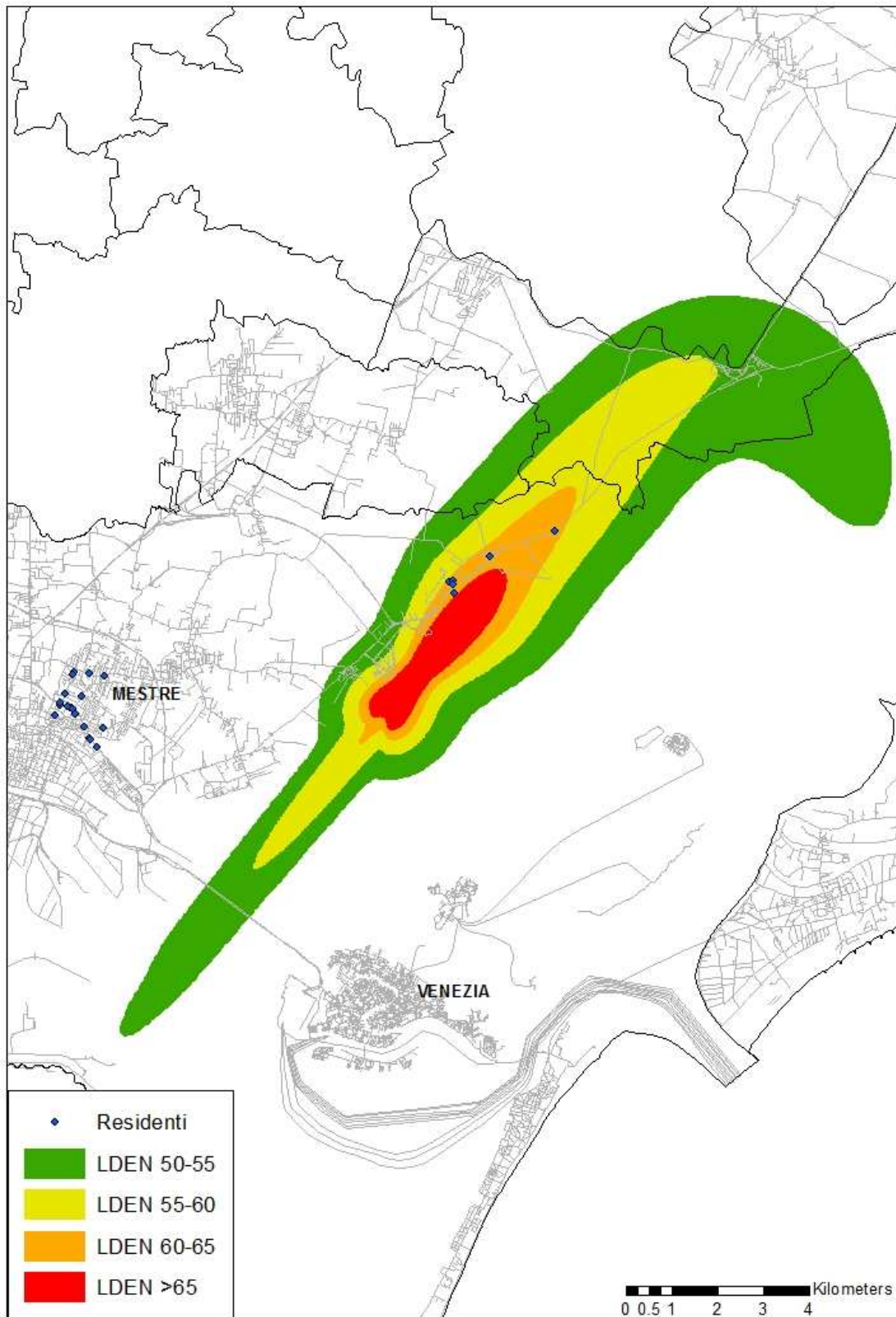


Tabella 1. Caratteristiche dei soggetti partecipanti per livelli di esposizione al rumore aeroportuale

		<50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB	TOT
Totale		902	313	363	259	61	1898
		%	%	%	%	%	%
Aeroporto	Roma Ciampino	20.1	33.5	46.3	44.4	32.8	31.0
	Torino Caselle	10.2	10.5	6.1	35.5	29.5	13.5
	Milano Malpensa	30.4	8.9	14.0	0.8	0.0	18.7
	Milano Linate	11.6	19.5	3.0	15.4	37.7	12.6
	Pisa San Giusto	14.4	27.5	30.6	0.8	0.0	17.3
	Venezia Marco Polo	13.3	0.0	0.0	3.1	0.0	6.7
Sesso	Uomini	51.4	49.8	47.7	48.3	62.3	50.4
	Donne	48.6	50.2	52.3	51.7	37.7	49.6
Età compiuta alla data dell'intervista	<50	11.8	14.4	13.5	16.2	23.0	13.5
	50-54	16.4	24.3	23.7	28.6	16.4	20.8
	55-59	23.2	19.2	23.1	16.6	16.4	21.4
	60-64	22.2	23.3	16.5	20.8	23.0	21.1
	65+	26.5	18.8	23.1	17.8	21.3	23.2
Età media (Deviazione Standard)		59 (6,8)	57,6 (6,8)	57,7 (7)	56,8 (6,9)	57,2 (7,8)	58,1 (6,9)
Indice di Massa Corporea	<25 (sottopeso-medio)	39.4	40.9	38.3	41.7	44.3	39.9
	25-30 (sovrappeso)	48.9	46.3	51.0	42.1	44.3	47.8
	>30 (obeso)	11.4	12.5	10.2	15.1	11.5	11.9
	<i>missing</i>	0.3	0.3	0.6	1.2	0.0	0.5
Istruzione (anni di studio)	<6	15.0	11.2	11.6	13.9	1.6	13.1
	6-9	25.9	19.5	24.8	21.6	31.1	24.2
	10-13	33.8	42.8	37.7	40.9	34.4	37.0
	14+	22.5	24.6	24.8	19.3	27.9	23.0
	<i>missing</i>	2.8	1.9	1.1	4.2	4.9	2.6
Lavoro attuale	no / casalinga	13.1	11.2	14.0	19.7	6.6	13.6
	pensionato	41.9	37.7	32.8	30.9	32.8	37.7
	si	44.8	50.8	53.2	48.6	60.7	48.4
	<i>missing</i>	0.2	0.3	0.0	0.8	0.0	0.3
Mansione attuale o più recente	non lavora	9.1	9.9	14.6	16.2	8.2	11.2
	dirigenti / imprenditori	21.4	24.3	19.3	15.4	13.1	20.4
	impiegati	31.2	35.1	36.1	33.6	45.9	33.6
	operai	26.4	17.9	18.2	26.3	21.3	23.2
	autonomi	11.8	12.5	11.3	8.1	4.9	11.1
	altro	0.2	0.3	0.6	0.4	6.6	0.5
Lavoro connesso all'aeroporto	si	6.8	7.7	8.3	11.2	3.3	7.7
Fumo	mai	47.7	46.3	39.4	41.7	44.3	44.9
	ex-fumatore	32.7	32.3	36.6	37.8	31.1	34.0
	corrente	19.5	21.4	24.0	20.5	24.6	21.0
	<i>missing</i>	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Categorie di esposizione al rumore da traffico veicolare	<50 dB	16.1	8.3	11.8	8.1	14.8	12.9
	50-55 dB	14.3	11.8	27.8	18.9	18.0	17.2
	55-60 dB	17.8	15.3	21.5	18.9	32.8	18.8
	60-65 dB	17.1	29.1	23.7	16.2	0.0	19.7
	>65 dB	34.7	35.5	15.2	37.8	34.4	31.5

Tabella 2. Caratteristiche dell'abitazione e interventi di mitigazione del rumore per livelli di esposizione al rumore aeroportuale

		<50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB	TOT
Totale		902	313	363	259	61	1898
		%	%	%	%	%	%
Da quanti anni vive nell'abitazione in cui è stata effettuata l'intervista (media e deviazione standard)		24 (13)	22 (12)	24 (13)	23 (13)	22 (14)	24 (13)
Tipologia di abitazione	villetta	48.0	33.2	45.7	32.4	21.3	42.1
	appartamento	51.6	66.8	53.7	66.8	78.7	57.4
Ha effettuato modifiche in casa per attenuare o prevenire il rumore							
	si	25.2	27.8	35.3	35.5	32.8	29.2
Ha installato infissi con doppio / triplo vetro nell'abitazione							
	si	77.5	72.5	66.4	65.3	75.4	72.8
Finestre chiuse durante il giorno	spesso / sempre	28.5	49.2	50.1	52.9	52.5	40.1
Evita di uscire in giardino / balcone / terrazzo a causa del rumore	spesso / sempre	11.8	19.8	23.1	20.5	26.2	16.9

Tabella 3. Stato di salute dei soggetti partecipanti per livelli di esposizione al rumore aeroportuale

Totale		<50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB	TOT
		902	313	363	259	61	1898
		%	%	%	%	%	%
	pressione arteriosa alta	34.3	36.7	36.6	44.0	24.6	36.1
	colesterolo alto	28.5	33.9	31.1	33.6	26.2	30.5
	angina pectoris	1.7	0.3	1.9	1.9	3.3	1.6
	aritmia cardiaca	9.5	9.6	13.8	14.7	9.8	11.1
Ha mai avuto una diagnosi di:	infarto miocardico	2.4	1.0	2.2	3.9	1.6	2.3
	ictus	1.6	1.3	0.6	1.9	0.0	1.3
	diabete	8.0	6.4	5.5	10.0	9.8	7.6
	asma	4.1	5.8	6.1	7.7	3.3	5.2
	bronchite cronica/ enfisema	4.4	6.4	6.9	6.6	4.9	5.5
Consumo di farmaci per l'ipertensione	si	30.4	31.0	30.3	32.8	18.0	30.4
Ritiene di avere problemi di udito	si	31.0	31.0	38.6	39.4	57.4	34.5
Il suo medico le ha mai diagnosticato un calo di udito	si	13.5	14.4	17.6	16.6	21.3	15.1
E' portatore di apparecchio acustico	si	1.1	0.6	1.4	1.5	0.0	1.1

## S.E.R.A. Italia

**Tabella 4. Media (Deviazione Standard) dei valori pressori in mm/Hg e percentuale di soggetti ipertesi da definizione OMS e definizione HYENA per livelli di esposizione al rumore aeroportuale**

	<50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB	TOT
	n	n	n	n	n	n
Totale	902	313	363	259	61	1898
Sistolica diurna	126 (18)	127 (18)	127 (17)	124 (18)	129 (21)	126 (18)
Diastolica diurna	81 (10)	81 (11)	82 (11)	81 (10)	82 (12)	81 (11)
Sistolica serale	124 (18)	124 (17)	125 (16)	122 (18)	128 (22)	124 (17)
Diastolica serale	77 (11)	79 (11)	78 (10)	76 (11)	78 (11)	78 (11)
Sistolica al risveglio	123 (18)	123 (17)	123 (16)	121 (18)	126 (20)	123 (18)
Diastolica al risveglio	78 (10)	79 (10)	77 (10)	78 (11)	79 (11)	78 (10)
Sistolica media	125 (16)	125 (16)	125 (15)	123 (17)	128 (20)	125 (16)
Diastolica media	79 (9)	80 (10)	80 (9)	79 (9)	80 (10)	80 (9)
Iperteso OMS <sup>1</sup>	19.0	17.9	21.2	19.3	24.6	19.4
Iperteso HYENA <sup>2</sup>	38.9	40.6	40.8	43.6	37.7	40.1

<sup>1</sup>Definizione OMS: diastolica $\geq$ 90 mm/Hg o sistolica $\geq$ 140 mm/Hg, utilizzando la media della II e III misurazione effettuate durante l'intervista e delle due automisurazioni effettuate prima di coricarsi e al risveglio

<sup>2</sup>Definizione HYENA: iperteso da definizione OMS, ovvero diagnosi di ipertensione da parte di un medico e consumo di farmaci anti-ipertensivi, utilizzando la media della II e III misurazione effettuate durante l'intervista e delle due automisurazioni effettuate prima di coricarsi e al risveglio

Tabella 5. Effetto del rumore aeroportuale sulla pressione arteriosa: variazioni dei valori pressori in mm/Hg e intervalli di confidenza (95% IC) per livelli di esposizione al rumore aeroportuale (N=1321)\*

	0-50 dB		50-55 dB		55-60 dB		60-65 dB		>65 dB				
	n	mmHg	95% IC	mmHg	95% IC	mmHg	95% IC	mmHg	95% IC				
Sistolica diurna	624	0.6	-2.0	3.2	-0.1	-2.6	2.4	-3.3	-6.3	-0.4	3.8	-1.1	8.7
Diastolica diurna	624	0.3	-1.4	2.0	-0.3	-1.9	1.3	-1.6	-3.5	0.4	-0.2	-3.4	3.0
Sistolica serale	612	0.9	-1.7	3.5	-0.9	-3.4	1.6	-1.3	-4.2	1.6	7.2	2.4	12.0
Diastolica serale	612	1.0	-0.7	2.7	-0.6	-2.2	1.0	-0.7	-2.6	1.2	0.8	-2.3	3.9
Sistolica al risveglio	617	0.7	-1.8	3.2	-0.3	-2.7	2.0	-2.1	-4.9	0.8	5.3	0.6	9.9
Diastolica al risveglio	617	1.4	-0.3	3.0	-1.4	-2.9	0.1	-1.2	-3.0	0.6	1.1	-1.8	4.1
Sistolica media	609	1.0	-1.4	3.4	-0.2	-2.4	2.1	-2.7	-5.3	0.0	5.1	0.7	9.4
Diastolica media	609	0.9	-0.6	2.4	-0.6	-2.0	0.8	-1.4	-3.1	0.3	0.1	-2.6	2.9

Modello aggiustato per sesso, età, indice di massa corporea, istruzione, lavoro, rumore da traffico veicolare, aeroporto

\*Esclusi i soggetti in trattamento anti-ipertensivo

Tabella 6. Effetto del rumore aeroportuale sull'occorrenza di ipertensione (definizione OMS e definizione HYENA): rischi relativi (RR) e intervalli di confidenza (95% IC) per livelli di esposizione al rumore aeroportuale (N=1898)

	0-50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB								
n	RR	95% IC	RR	95% IC	RR	95% IC							
Iperteso OMS <sup>1</sup>	171	0.96	0.70	1.29	1.11	0.84	1.44	1.03	0.73	1.41	1.40	0.82	2.18
Iperteso HYENA <sup>2</sup>	351	1.13	0.94	1.32	1.09	0.91	1.28	1.14	0.93	1.36	1.08	0.72	1.47

Modello aggiustato per sesso, età, indice di massa corporea, istruzione, lavoro, rumore da traffico veicolare, aeroporto

<sup>1</sup>Definizione OMS: diastolica $\geq$ 90 mm/Hg o sistolica $\geq$ 140 mm/Hg, utilizzando la media della II e III misurazione effettuate durante l'intervista e delle due automisurazioni effettuate prima di coricarsi e al risveglio

<sup>2</sup>Definizione HYENA: iperteso da definizione OMS, ovvero diagnosi di ipertensione da parte di un medico e consumo di farmaci anti-ipertensivi, utilizzando la media della II e III misurazione effettuate durante l'intervista e delle due automisurazioni effettuate prima di coricarsi e al risveglio



Tabella 7. Occorrenza di *annoyance* durante il giorno e la notte per diverse tipologie di rumore urbano per livelli di esposizione al rumore aeroportuale

		<50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB	TOT
Totale		902	313	363	259	61	1898
		%	%	%	%	%	%
<i>Annoyance</i> da rumore diurno	aereo	9.0	26.2	55.6	53.3	59.0	28.4
	traffico stradale	14.1	27.5	15.2	14.7	18.0	16.7
	treno	0.7	1.3	1.9	3.9	9.8	1.7
	lavori in corso	5.8	8.6	7.7	4.6	3.3	6.4
	attività industriali	1.9	2.9	1.7	3.1	3.3	2.2
	vicinato	4.7	3.8	5.5	4.2	4.9	4.6
	negozi/ristoranti/bar	0.7	1.3	1.1	1.2	3.3	1.0
<i>Annoyance</i> da rumore notturno	aereo	6.3	16.9	33.9	29.3	27.9	17.2
	traffico stradale	7.1	15.3	7.2	11.6	6.6	9.1
	treno	0.8	0.6	0.8	2.3	8.2	1.2
	lavori in corso	1.3	1.0	0.6	0.4	1.6	1.0
	attività industriali	1.1	1.9	1.1	0.4	0.0	1.1
	vicinato	2.5	2.2	3.3	2.7	1.6	2.6
	negozi/ristoranti/bar	1.8	1.3	1.4	1.9	9.8	1.9

**Tabella 8. Effetto del rumore aeroportuale sull'occorrenza di *annoyance* durante il giorno e la notte: rischi relativi (RR) e intervalli di confidenza (95% IC) per livelli di esposizione al rumore aeroportuale (N=1898)**

		0-50 dB		50-55 dB		55-60 dB		60-65 dB		>65 dB				
		n	RR	95% IC	RR	95% IC	RR	95% IC	RR	95% IC	RR	95% IC		
Annoyance da rumore aeroportuale	diurno	81	3.11	2.35	4.02	6.25	5.28	7.18	6.41	5.30	7.46	6.79	5.09	8.28
	notturno	57	2.54	1.75	3.61	4.76	3.59	6.12	5.06	3.64	6.72	4.51	2.58	7.09

**Modello aggiustato per sesso, età, indice di massa corporea, istruzione, lavoro, rumore da traffico veicolare, aeroporto**

Tabella 9. Distribuzione delle persone con disturbi del sonno per livelli di esposizione al rumore aeroportuale\*

		<50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB	TOT
Totale		721	208	195	144	41	1309
		%	%	%	%	%	%
Tempo per addormentarsi	forte ritardo/non dormo	10.1	13.0	9.2	16.0	14.6	11.2
Si sveglia durante la notte	spesso/non dormo	28.4	36.5	40.0	45.8	46.3	33.9
Al mattino si sveglia prima del previsto	abbastanza/molto prima	24.8	29.3	30.3	31.9	41.5	27.7
Qualità del sonno	insufficiente/inappropriata	12.2	12.5	19.5	18.8	22.0	14.4
Soddisfatto del sonno	poco/per niente	23.9	26.0	32.8	29.2	34.1	26.4
Disturbi del sonno	abbastanza/molto	14.7	15.4	16.9	20.8	22.0	16.0

\*Esclusi i residenti intorno all'aeroporto di Roma Ciampino

**Tabella 10. Effetto del rumore aeroportuale sull'occorrenza di disturbi del sonno: rischi relativi (RR) e intervalli di confidenza (95% IC) per livelli di esposizione al rumore aeroportuale\***

	0-50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	>65 dB							
n	RR	95% IC	RR	95% IC	RR	95% IC						
<b>Forte ritardo</b>												
nell'addormentarsi / non dorme	73	1.29	0.80	2.01	0.95	1.62	1.21	0.66	2.10	1.56	0.64	3.32
<b>Si sveglia spesso durante la notte / non dorme</b>												
205	1.14	0.88	1.43	1.38	1.09	1.70	1.62	1.24	2.01	1.57	1.00	2.18
<b>Al mattino si sveglia abbastanza / molto prima del previsto</b>												
179	0.97	0.71	1.28	1.12	0.83	1.47	1.22	0.86	1.66	1.45	0.86	2.16
<b>Giudica la qualità del sonno insufficiente / inappropriata</b>												
88	0.85	0.53	1.33	1.22	0.79	1.81	1.73	1.04	2.71	1.78	0.85	3.27
<b>Si ritiene poco / per niente soddisfatto del sonno</b>												
172	1.00	0.73	1.33	1.26	0.94	1.62	1.29	0.90	1.77	1.51	0.88	2.28
<b>Soffre di disturbi del sonno</b>												
106	0.89	0.58	1.33	0.91	0.59	1.37	1.65	1.04	2.47	1.71	0.84	3.03

**Modello aggiustato per sesso, età, indice di massa corporea, istruzione, lavoro, rumore da traffico veicolare, aeroporto**

**\*Esclusi i residenti intorno all'aeroporto di Roma Ciampino**

**BIBLIOGRAFIA**

1. 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.
2. Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Cadum E, Katsouyanni K, Velonakis M, Dudley ML, Marohn HD, 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.
3. Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk: updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise Health.* 2006 Jan-Mar;8(30):1-29. Review.
4. Berglund B, Lindevall T. Community Noise. *Stockholm: Archives of the center for Sensory Research.* 1995.
5. Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. *Am Psychol.* 1980 Mar;35(3):231-43.
6. Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/06/2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (*Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea* del 18/07/2002, L 189/12).
7. Eriksson C, Rosenlund M, Pershagen G, Hilding A, Ostenson CG, Bluhm G. Aircraft Noise and Incidence of Hypertension. *Epidemiology* 2007; 18 (6): 716-721.
8. Fidell S, Silvati L, Haboly E. Social survey of community response to a step change in aircraft noise exposure. *J Acoust Soc Am.* 2002 Jan;111(1 Pt 1):200-9.
9. Franssen EA, van Wiechen CM, Nagelkerke NJ, Lebet E. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occup Environ Med* 2004;61(5):405-13.
10. Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *Int J Epidemiol* 2001;30:839-45.
11. Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Vigna-Taglianti F, Giampaolo M, Borgini A, Dudley ML, Pershagen G, Bluhm G, Houthuijs D, Babisch W, Velonakis M, Katsouyanni K, Jarup L; HYENA Consortium. *Eur Heart J.* 2008 Mar;29(5):658-64.

## S.E.R.A. Italia

12. Hardoy MC, Carta MG, Marci AR, Carbone F, Cadeddu M, Kovess V, Dell'Osso L, Carpiello B Exposure to aircraft noise and risk of psychiatric disorders: the Elmas survey--aircraft noise and psychiatric disorders. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol.* 2005 Jan;40(1):24-6.
13. Hygge S, Evans GW, Bullinger M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol Sci.* 2002 Sep;13(5):469-74.
14. Hygge S. Noise exposure and cognitive performance: Children and the elderly as possible risk groups. University of Gävle, Sweden, WHO Report Brussels, 2003.
15. Ising H and Gunther T. Interaction between noise-induced stress and magnesium losses: relevance for long-term effects. In F Augustinovicz (ed). *Inter Noise 97. Help Quiet the World for a Higher Quality Life.* Vol 2:1099-1104. Noise Control Foundation, Poughkeepsie, NY, USA.
16. Ising H, Kruppa B. Health effects caused by noise. Evidence in the literature from the past 25 years. *Noise & Health* 2004, 6;22:5-13.
17. Jarup L, Dudley ML, 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 (HYENA): study design and noise exposure assessment. *Environ Health Perspect* 2005;113(11):1473-8.
18. Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley ML, 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. *Environ Health Perspect.* 2008 Jun;116(6):A241.
19. Legge n. 447 del 26 Ottobre 1995. Legge quadro sull'inquinamento acustico. *Gazzetta Ufficiale.* n.254 del 30/10/1995; Suppl. Ord. n.125.
20. Lercher P, Evans GW, Meis M, Kofler WW. Ambient neighbourhood noise and children's mental health. *Occup Environ Med* 2002; 59:380-386.
21. Maschke C. et al. Epidemiological examinations to the influence of noise stress on the immune system and the emergence of arteriosclerosis. Berlin: Robert Koch-Institut, 2002.
22. Maschke C, Hecht K, Wolf U. Nocturnal awakenings due to aircraft noise. Do wake-up reactions begin at sound level 60 dB(A)? *Noise Health.* 2004 Jul-Sep;6(24):21-33
23. Matsui T, Uehara T, Miyakita T, Hitamatsu K, Osada Y, Yamamoto T. The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices. *J Sound Vib* 2004; 277:469-470.
24. Michaud DS, Fidell S, Pearsons K, Campbell KC, Keith SE. Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbance. *J Acoust Soc Am.* 2007 Jan;121(1):32-41.

25. Miedema HME, Vos H. Exposure response functions for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 1998 ; 104 : 3432-3445.
26. Passchier W, Knottnerus A, Albering H, Walda I. Public health impact of large airports. *Environ Health* 2000;15:83–96.
27. Passchier-Vermeer. Noise and Health. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1993.
28. Passchier-Vermeer W, Miedema HME, Vos H et al. Sleep disturbances and aircraft noise ( in Dutch). RIVM report 441520019, 2002.
29. Passchier-Vermeer W and Passchier –Vermeer W.F. Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108, 1, 123- 131.
30. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, Jones DW, Kurtz T, Sheps SG, Roccella EJ; Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. Hypertension. 2005 Jan;45(1):142-61. Epub 2004 Dec 20.
31. Raschke F. Arousals and aircraft noise - environmental disorders of sleep and health in terms of sleep medicine.Noise Health. 2004 Jan-Mar;6(22):15-26.
32. Rosenlund M, Berglund N, Pershagen G, Jarup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup Environ Med* 2001;58:769–773.
33. Spiegel K, Leproult R, L'hermite-Baleriaux M, Copinschi G, Penev PD, Van Cauter E. Leptin Levels Are Dependent on Sleep Duration: Relationships with Sympathovagal Balance, Carbohydrate Regulation, Cortisol, and Thyrotropin. *J Clin Endocrinol Metab* 2004; 89:5762-5771.
34. Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrstrom E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF; RANCH study team. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 2005;365(9475):1942-9.
35. van Kempen EE, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BA, de Hollander AE. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *J Anim Sci*. 2002 Feb;80(2):429-39.
36. Visser O, van Wijnen JH, van Leeuwen FE. Incidence of cancer in the area around Amsterdam Airport Schiphol in 1988-2003: a population-based ecological study. *BMC Public Health* 2005;5:127.

## S.E.R.A. Italia

37. WHO 1999 Berlung B, Lindvall T et al. eds Guidelines for Community Noise. WHO Geneva; 1999 [http://www.ruidos.org/Noise/WHO\\_Noise\\_guidelines\\_contents.html](http://www.ruidos.org/Noise/WHO_Noise_guidelines_contents.html)
38. WHO, Night noise Guidelines for Europe, October 2009 [http://www.euro.who.int/Noise/activities/20040721\\_1#](http://www.euro.who.int/Noise/activities/20040721_1#)).



## Allegato1. Linee guida per la stima dell'esposizione al rumore aeroportuale

Le presenti linee guida partono dall'assunto che l'utilizzatore sia a conoscenza approfondita del modello INM 7.0b, che è il modello e la versione da utilizzare nelle simulazioni. Esprimono il consenso basato sull'esperienza di modellizzazione del rumore aeroportuale degli operatori relativa agli aeroporti di Milano Malpensa, Linate, Torino, Ciampino, Pisa. Esse sono orientate a dare uno strumento univoco per la descrizione dei livelli sonori attesi ai recettori per il progetto di ricerca CCM su alcuni effetti a lungo termine dell'esposizione al rumore aeroportuale.

### Cartografia e modello del terreno

- L'altimetria (DTM) del terreno

INM prevede il DTM nei formati 3CD, 3TX, NED e DEM non usuali in Europa. Se disponibili, utilizzarli. Se il terreno intorno all'aeroporto è pianeggiante, non è necessario l'utilizzo del DTM.

- A quanti metri dal suolo effettuare la simulazione

Secondo le impostazioni di INM, la simulazione viene effettuata al livello del suolo se disponibile un DTM, altrimenti alla quota di riferimento dell'aeroporto.

- Impostazione dei parametri meteo

Valori medi di temperatura, pressione atmosferica, velocità del vento e umidità relativa dalle centraline meteo disponibili nel periodo di indagine considerato.

### Dati di input sorgente

- Tipologia e numero di velivoli:

I dati inerenti le tipologie e il numero di velivoli devono essere determinati usando il database aeroportuale del gestore e le tracce radar fornite da ENAV o dai militari. Nel caso di studi epidemiologici è necessario includere tutti i voli di cui è possibile ottenere le informazioni. Per la verifica del rispetto della normativa saranno esclusi i voli militari, di emergenza, pubblica sicurezza, soccorso e protezione civile. Per i voli di Stato, l'esclusione avverrà solo nel caso dell'utilizzo di velivoli militari.

- Utilizzo delle tracce radar e della dispersione intorno alla rotta

In generale vanno utilizzate le tracce radar, laddove non siano disponibili si utilizza la rotta disponibile e vi si applica la dispersione standard ECAC o, se suffragata da misure specifiche una dispersione manuale asimmetrica. Le tracce radar possono essere utilizzate per definire

## S.E.R.A. Italia

rotte "medie" per ogni tipo di velivolo più rappresentativo alle quali applicare la dispersione standard.

- Come considerare le movimentazioni a terra con i propri motori e nella fase di sosta come considerare APU, sosta a motori accesi, etc

L'importanza delle movimentazioni a terra è legata alla prossimità delle abitazioni all'aerostazione e alle piazzole di sosta. INM considera solo i movimenti in pista, mentre, in caso di presenza di rumori legati ai motori in sosta, all'utilizzo delle APU o al push back, è opportuno simulare tali sorgenti con altre equivalenti a mezzo di altri software utilizzando le norme per le sorgenti industriali.

## Impostazioni modellizzazione

- Modello e versione da utilizzare

INM 7.0b e suoi futuri upgrade, perché consente di tener conto delle più recenti implementazioni del metodo ECAC-29. Anche la versione 6.2a tiene conto delle implementazioni ECAC-29, ma non tiene conto dell'angolo di banking. Da escludere l'utilizzo di INM 7.0a visti gli esiti dell'interconfronto modellistico per la presenza di un baco nel software.

- Associazione del velivolo al dato presente nel database

Utilizzo del database di INM (molto aggiornato). Nel caso non sia presente il velivolo considerato, lo si assimila ad uno simile contenuto nel database. E' importante che il velivolo simile abbia lo stesso peso, lo stesso numero di motori, la stessa spinta e possibilmente lo stesso posizionamento dei motori (sulle ali o in coda) e abbia valori simili di certificazione acustica a quello prescelto. Si consiglia comunque la costruzione di una tabella di corrispondenze comune a tutto il gruppo di studio.

- Quale profilo (standard, ICAO A) di volo inserire e come determinare lo STAGE

Profilo Standard per gli atterraggi, e ICAO A se disponibile o altrimenti lo Standard per i decolli. Per il peso al decollo utilizzare il parametro di STAGE determinato in base alla lunghezza della tratta operata. Se possibile per gli STAGE richiedere i pesi al gestore.

- Impostazione di attenuazione laterale specifica per gli aerei propeller

In caso di presenza di aerei di questa categoria smarcare il flag corrispondente alla differenziazione di algoritmo per il calcolo dell'attenuazione laterale.

## Misure strumentali

- Misure di verifica della categoria di rumore del singolo aereo

Nel caso in cui non vi sia corrispondenza tra simulazioni e misure, può essere utile effettuare statistiche sul rumore medio provocato dai tipi di velivoli che non hanno una corrispondenza chiara in INM.

- Misure per la determinazione delle rotte in caso di assenza delle tracce radar

Nel caso di assenza di tracce radar, è necessario fare misure per la verifica della dispersione.

- Misure per l'impatto sonoro delle operazioni a terra

Quando l'aeroporto è molto vicino alle abitazioni va verificato l'impatto delle operazioni a terra con misure al fine di deciderne l'eventuale modellizzazione con software diverso da INM.

- Misure per verificare la validità delle simulazioni effettuate

Le misure di verifica della qualità delle simulazioni dovranno essere almeno due siti per ogni rotta ed inoltre dovranno essere posizionate anche lateralmente alle piste. La durata deve essere di almeno una settimana e comunque tenendo conto dei volumi di traffico (100 movimenti al giorno 2 settimane...). Se sono disponibili le tracce radar, la scelta del numero delle postazioni di misura e la durata delle stesse dipende dalla dispersione delle tracce stesse e dalla variabilità del traffico. Importante è in ogni caso la scelta delle postazioni laterali sia per l'incertezza associata all'uso del modello e sia per il maggiore contributo delle sorgenti diverse dall'aeroporto.

- Determinazione della durata dell'evento per il calcolo del SEL

Nel caso di disponibilità di tracce radar possono essere utilizzati, se disponibili, software di riconoscimento automatico e di conseguente calcolo del SEL. Nel caso non siano disponibili, l'associazione di un evento sonoro con il sorvolo di un ben determinato velivolo passa per due elementi distinti: l'identificazione che l'evento che venga riconosciuto come sorvolo e l'associazione del sorvolo ad un velivolo ben determinato. L'individuazione degli eventi sonori può avvenire in automatico al superamento di determinate soglie di durata e di livello. Gli eventi riconosciuti devono essere ulteriormente analizzati tramite almeno un'analisi spettrale perché se ne possa verificare la coerenza con lo spettro atteso. Per il calcolo del SEL va utilizzato l'intervallo temporale in cui il livello è compreso fra il  $L_{max}$  e  $L_{max}-10$ .

- Associazione dell'evento acustico (misurato mediante SEL) al singolo movimento aeronautico

Utilizzare un software che associa le informazioni presenti nelle tracce radar al SEL del singolo evento. Dove non disponibili, si dovrà operare l'associazione manualmente tramite confronto fra l'elenco degli eventi con quello del volato fornito dai gestori.

## Stima livelli sonori

- Parametri descrittivi da usare

LDEN e Lnight, Leq diurno e notturno – La scelta di aggiungere il leq diurno e notturno consente di fornire dati ulteriori per gli studi epidemiologici. Usare anche l'N70 per evidenziare il numero di velivoli sopra i 70dB di Lmax.

- Periodo temporale di riferimento

La durata dipende dalla variabilità di operatività aeroportuale. Importante eseguire una statistica preliminare del volato (dati assoaeroporti). Il periodo di misura deve riflettere lo scopo dell'indagine: se la valutazione è relativa al rispetto dei limiti di legge vanno cercate le tre settimane a maggior traffico, sempre che le condizioni meteo non alterino l'operabilità modificando l'utilizzo delle piste. In tal caso occorre avere riguardo alle condizioni peggiori di esposizione per la popolazione. Nel caso di indagini epidemiologiche, occorre far riferimento agli obiettivi delle stesse e la scelta del periodo di indagine pertanto mira a valutare l'esposizione della popolazione media annua. Bisogna quindi simulare un traffico tale da ottenere una stima annua che può essere effettuata tramite il tool di annualizzazione di INM (essenzialmente si dichiara che il traffico è 80%, 100%, 120% ... del traffico medio annuo) oppure si trova una settimana il cui traffico sia paragonabile a quello medio annuo.

- Dati relativi a periodi precedenti

Reperire tutti i dati disponibili dai sistemi di monitoraggio fissi installati dai gestori. Dati storici di eventuali misure ARPA.

## **Allegato 2. Linea guida per la stima dell'esposizione al rumore stradale**

Le presenti linee guida partono dall'assunto che l'utilizzatore sia a conoscenza approfondita del modello NMPB-1996, che è il modello da utilizzare nelle simulazioni numeriche. Esprimono il consenso basato sull'esperienza di modellizzazione del rumore stradale degli operatori. Esse sono orientate a dare uno strumento univoco per la descrizione dei livelli sonori attesi ai recettori per il progetto di ricerca CCM su alcuni effetti a lungo termine dell'esposizione al rumore aeroportuale.

### *Cartografia e modello del terreno*

- Scala dell'edificio

Utilizzare la scala 1:2000 e carte di dettaglio inferiore ove mancante.

- Anno di aggiornamento dell'edificio

Utilizzare l'edificio più aggiornato individuando una tecnica comune di aggiornamento

- Copertura dell'edificio 2D o 3D

Usare un edificio dove sia nota l'informazione sull'altezza, se essa non è disponibile solo per alcuni edifici usare foto o sopralluoghi per effettuare la stima. Se non disponibile affatto, usare altezza standard 10 m.

- Altimetria del terreno (DTM)

Utilizzare la CTR per costruire un DTM adeguato se non disponibile.

- Scala del DTM

Utilizzare almeno la scala 1:10000 e comunque la stessa scala su tutto il territorio.

- Considerazione di ostacoli artificiali (recinzioni, muri, barriere, etc..)

Considerare almeno le barriere e valutare la presenza di muri significativi.

### *Dati di input sorgenti*

- Inserimento dei flussi di traffico

Utilizzare nell'ordine misure (lunghe o brevi), flussi categorizzati verificati con misure di traffico o i flussi secondo la classificazione GPG. Se si utilizzano misure occorre stimare l'incertezza associata (o quantomeno giustificare la rappresentatività del periodo di misura scelto rispetto al dato annuale).

- Valutazione della velocità

Utilizzare i limiti di velocità integrati con osservazioni sul posto se si suppongono discrepanze significative

- Inserimento dei livelli di emissione sonora

Preferibilmente inserire nel modello i flussi di traffico da cui conseguono livelli parametrici secondo il modello standard. Altrimenti occorre che siano effettuate le tarature del caso per la potenza sonora

## S.E.R.A. Italia

### *Impostazioni modellizzazione*

- Numero riflessioni  
Utilizzare 1 riflessione
- Assorbimento del terreno  
Utilizzare l'informazione del land cover con i valori di assorbimento consigliati dalla GPGv2.
- Assorbimento degli edifici  
Usare un assorbimento omogeneo: pari a 0.2 di assorbimento.
- Parametri meteo  
Utilizzare i valori della GPG 50 (D)-70(E) -100(N) per la percentuale di propagazione favorevole. Per umidità e temperatura controllare dati medi locali.

### *Misure strumentali*

- Misure di traffico e/o di rumore conoscitive per la classificazione parametrica delle strade  
Se non è certa la categorizzazione della strada, effettuare misure di rumore spot (es. 1 h) e eventualmente misure lungo termine (es. 24 h).
- Misure di rumore per la determinazione dei livelli di emissione delle singole infrastrutture  
Nel caso di utilizzo del traffico non è necessario. Se si eseguono misure di rumore occorre seguire quanto sopra riportato, effettuando indagini su varie tipologie di strade, ed effettuando una taratura del modello.

### *Stima livelli sonori*

- Parametri descrittivi usati  
Calcolare Lden e Lnight
- Periodo temporale di riferimento  
Usare l'anno medio come riferimento temporale



- Criterio di posizionamento dei punti di calcolo ai ricettori

Posizionare i ricettori dove effettivamente sono stati effettuati i campionamenti (forniti dal survey), attorno agli edifici a 1.5 m 4 m 7 m 10 m 13 m (se disponibile il dettaglio delle altezze) a 2 m dalle facciate senza il suono riflesso

*Determinazione accuratezza stime*

- Numero e tipologia misure di verifica da effettuare

Effettuare almeno un paio di misure brevi per tipologia di strada (minimo 15 min 9-13).

- Criteri per l'analisi dell'incertezza sui dati

Utilizzare la GPG2v unitamente al confronto con le misure.