

LIMITI DI TOLLERABILITÀ DEL RUMORE DA TRAFFICO AEREO E INTERVENTI DI BONIFICA ACUSTICA

A. Farina⁽¹⁾, L. Rocco⁽²⁾ S. Sauro⁽²⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma

⁽²⁾ Dipartimento di Processi e Metodi della Produzione Edilizia, Università di Firenze

(Ricevuto: settembre 1994)

Nell'articolo vengono descritti i criteri più opportuni per la valutazione del rumore provocato dal traffico aereo sul territorio circostante le aree aeroportuali ed individuati dei limiti di accettabilità della rumorosità per le destinazioni d'uso del territorio più frequenti in tali aree.

Sono poi indicati i possibili interventi di bonifica acustica alla sorgente per la riduzione o il contenimento del rumore aeronautico, con l'esemplificazione grafica e numerica dei risultati ottenibili con quattro interventi su un ipotetico modello di traffico.

1. La valutazione del disturbo da rumore

Presso il Ministero dell'Ambiente è in corso di elaborazione una proposta di legge per la regolamentazione del rumore aeroportuale; il presente articolo si propone pertanto di fornire un contributo alla emanazione di questa norma inerente una materia vasta e complessa quale la tutela dell'ambiente dall'inquinamento da rumore.

La valutazione degli effetti provocati dal rumore sulle persone può essere formulata attraverso vari criteri in base ai quali è possibile determinare la quantità massima di rumore tollerabile in ogni tipo di ambiente e di condizione. I criteri ai quali è possibile fare riferimento si diversificano tra loro a seconda di quale sia l'effetto che si vuole evitare nelle persone. Diversi sono infatti gli effetti più comuni che il rumore può esercitare; in ordine decrescente dei livelli di rumorosità si può avere danno auditivo, interferenza con il parlato, sensazione generica di disturbo ed infine interferenza con il riposo.

Generalmente l'entità della rumorosità riscontrata nel territorio circostante le aree aeroportuali è tale da escludere anche nei punti più esposti di insediamenti abitativi danni uditivi sulle persone; restano pertanto gli altri effetti sui quali basare il criterio di valutazione.

2. Individuazione dei limiti di normale tollerabilità al rumore di aeromobili

In Italia non esiste ancora una norma di legge che stabilisca dei limiti di accettabilità e quindi di tollerabilità dell'inquinamento acustico prodotto dal traffico aereo.

Tali limiti si possono peraltro individuare basandosi sui seguenti elementi:

- normativa nazionale esistente sul rumore proveniente da sorgenti diverse dagli aeromobili, costituita dal DPCM, 1° Marzo 1991 «Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno»;
- normativa di paesi europei ed extraeuropei sul rumore proveniente sia da aeromobili che da altre sorgenti;
- pubblicazioni della recente letteratura scientifica sull'argomento della tollerabilità del rumore di aerei.

Tanto nelle normative che nella letteratura scientifica i criteri considerati di valutazione della accettabilità del rumore sono essenzialmente due:

- il criterio cosiddetto del "valore assoluto" che fissa dei valori assoluti massimi dei livelli di rumore, livelli che variano con le circostanze di luogo e di tempo, oltre i quali il rumore diventa

- per le persone ad esso esposte inaccettabile e quindi superiore alla normale tollerabilità;
- il criterio cosiddetto del "valore differenziale", che viene applicato sia da solo sia integrato dal precedente criterio e col quale vengono stabiliti i valori massimi della differenza tra il livello del rumore prodotto da una specifica sorgente disturbante ed il rumore residuo (o di fondo) che si verifica nel luogo considerato in assenza della sorgente disturbante, e che costituisce una condizione ambientale alla quale il luogo considerato è comunque asservito.

Nel caso del rumore degli aerei il secondo criterio non è applicabile, in quanto tale tipo di rumore provenendo dall'alto investe gli ambienti abitativi da tutti i lati anche da quelli che, avendo affacci dal lato opposto della strada, sono protetti dal rumore del traffico stradale e quindi soggetti a rumore di fondo molto ridotto; infatti con il criterio del valore differenziale lo stesso rumore prodotto da sorvoli di aerei potrebbe risultare nello stesso edificio e nello stesso momento accettabile per ambienti volti verso la strada ed inaccettabile per ambienti volti verso l'interno degli isolati.

Il criterio del valore assoluto è infatti quello che più estesamente viene applicato nella valutazione del rumore prodotto da traffico aereo ed è dunque a questo criterio che è opportuno fare riferimento.

Il limite di normale tollerabilità deve tener conto anche delle circostanze di luogo, cioè del tipo di destinazione d'uso attualmente in essere, del territorio sul quale vi sono gli insediamenti abitativi esposti al rumore degli aerei; i limiti infatti variano a seconda delle destinazioni d'uso, potendosi consentire livelli di rumorosità più elevati là dove il tipo di destinazione d'uso, come per esempio le aree esclusivamente industriali, non è incompatibile con tali livelli, mentre all'opposto in aree particolarmente protette, come quelle ospedaliere o i parchi pubblici, i livelli massimi di rumorosità accettabili devono essere più contenuti.

Occorre pertanto individuare anzitutto il tipo di destinazione d'uso del territorio del caso in esame.

Per giungere a tale individuazione è opportuno riferirsi alle classificazioni di destinazioni d'uso del territorio contenute in normative nazionali e di paesi esteri riguardanti le interpretazioni di compatibilità delle stesse con la loro esposizione al rumore.

Una situazione molto comune è la coesistenza negli insediamenti urbani sul territorio in vicinanza di aeroporti delle seguenti destinazioni d'uso poste le une in prossimità delle altre:

- residenziale a bassa densità abitativa con fabbricati di uno o due piani;
- residenziale ad alta densità abitativa con

- fabbricati multipiano;
- edifici pubblici, scuole, chiese.

Con riferimento al DPCM 1° Marzo 1991 le destinazioni d'uso sopradescritte possono essere tutte comprese nella classe IV "Aree di intensa attività umana".

Con riferimento a normative estere che si riferiscono al rumore degli aerei in prossimità degli aeroporti quali la "Standard Land Use Coding Manual" [1] e la FAA (Federal Aviation Administration - USA) Part 150 "Land Use Compatibility Guide Line" [2] adottate negli U.S.A. la destinazione d'uso del territorio in oggetto può essere individuata nella classificazione comprendente le seguenti destinazioni:

- residenziale a bassa densità abitativa;
- residenziale ad alta densità abitativa;
- edifici di pubblica utilità, scuole, chiese, asili infantili,

ed è praticamente coincidente con la classificazione definita dal DPCM 1° Marzo 1991.

Analoghe classificazioni delle destinazioni d'uso del territorio sempre in relazione al rumore degli aerei sono considerate in Germania e in Francia.

Ciò premesso si ritiene di individuare la destinazione d'uso di un tale territorio come: "Area residenziale urbana a media densità abitativa, interessata da traffico veicolare medio, con presenza di edifici di pubblica utilità, prossima a strade di grande comunicazione ed a linee ferroviarie".

Per un tale tipo di destinazione d'uso del territorio con edifici privi di particolari accorgimenti di protezione acustica verso il rumore esterno, emergono dalle normative prese in considerazione i seguenti limiti massimi dei livelli di rumorosità accettabili espressi in termini di Livello Sonoro Giorno Notte L_{DN}

- DPCM 1° Marzo 1991	$L_{DN} = 65$ dBA
- "Standard Land Use Coding Manual" (USA)	$L_{DN} = 65$ dBA
- FAA Part 150 "Land use compatibility guide lines"	$L_{DN} = 65$ dBA
- Germania (Ministero della Sanità)	$L_{DN} = 67$ dBA
- Francia	$L_{DN} = 62$ dBA
- ICAO (International Civil Aviation Organization)	$L_{DN} = 65$ dBA

Dalla letteratura scientifica si rileva inoltre che il rumore prodotto dal mezzo di trasporto aereo viene considerato più disturbante del rumore prodotto dagli altri mezzi di trasporto stradale e ferroviario, per cui l'intollerabilità verso quel tipo di rumore si manifesta a partire da un L_{DN} più basso di circa 5 dB rispetto a quello prodotto dal traffico stradale e ferroviario [3].

Inoltre da molteplici indagini su popolazioni esposte al rumore dei mezzi di trasporto emerge che la percentuale di persone che si ritengono fortemente disturbate dal rumore è del 27% circa in presenza di un $L_{DN} = 70$ dBA; a partire poi da tale livello all'aumentare del L_{DN} tale percentuale aumenta molto più rapidamente che ai livelli inferiori [4].

In base ai suddetti lavori scientifici si può dedurre che il Livello $L_{DN} = 70$ dBA può considerarsi un limite massimo di accettabilità per il rumore dovuto al traffico terrestre e che per il rumore degli aerei, considerato più disturbante, il livello di 65 dBA può essere adottato come il limite massimo di accettabilità per l'ambiente esterno.

Quanto sopra implicitamente concorda con le indicazioni del DPCM 1° Marzo 1991 che, in assenza della suddivisione in zone del territorio da parte dei comuni, considera per le sorgenti di rumore che non siano aeromobili, un limite massimo di $L_{DN} = 70$ dBA su tutto il territorio nazionale e di conseguenza un limite massimo di accettabilità per gli aerei di $L_{DN} = 65$ dBA.

Concludendo, sia in base alle varie normative estere sulla compatibilità delle destinazioni d'uso del territorio al rumore degli aerei, sia in base a quanto riportato dalla più recente e autorevole letteratura scientifica sull'argomento, si può fissare nel valore di $L_{DN} = 65$ dBA il limite della normale tollerabilità al rumore prodotto dagli aerei in relazione al territorio circostante avente le suddette destinazioni d'uso; a tale limite corrisponde un livello equivalente nel periodo notturno dalle 22.00 alle 07.00 di 55 dBA ed un livello equivalente nel periodo diurno dalle 07.00 alle 22.00 di 65 dBA. Occorre precisare che tale livello è quello dovuto al solo rumore da traffico aereo escludendo quindi ogni altra componente del rumore ambientale.

È necessario a questo punto rilevare che nelle aree urbane in prossimità degli aeroporti il livello di rumore prodotto dal traffico aereo va rapidamente aumentando via via che ci si avvicina alla testata della pista e quindi alle traiettorie di volo fino a superare in molti casi anche il valore $L_{DN} = 70$ dBA.

Il superamento del livello di 70 dBA comporta delle conseguenze sulla parte della comunità urbana esposta a tale rumore ancora più pesanti di quelle dovute al solo superamento della normale tollerabilità al disturbo prodotto dal rumore stesso, divenendo la situazione acustica incompatibile con la maggior parte delle destinazioni d'uso del territorio ed interferendo con gran parte delle attività umane.

Da qui l'opportunità di definire un ulteriore limite allo scopo di identificare sul territorio le tre seguenti zone:

ZONA A: ($L_{DN} \leq 65$ dBA) con livelli di esposizione al rumore accettabili all'esterno ed all'interno degli edifici.

ZONA B: ($65 < L_{DN} < 70$ dBA) con livelli di esposizione al rumore al di sopra della normale tollerabilità e quindi non accettabili; pertanto in tale zona le nuove costruzioni dovrebbero essere evitate, ad eccezione di possibili completamenti di aree già sviluppate; in questi ultimi casi dovrebbe essere effettuata fin dalla prima fase di progetto una dettagliata analisi dei requisiti di insonorizzazione per ottenere valori dei livelli di esposizione interni accettabili.

Per gli insediamenti già esistenti in tale zona è opportuno un intervento di bonifica acustica alla sorgente, volto a portare i livelli L_{DN} esterni al di sotto di 65 dBA.

ZONA C: ($L_{DN} \geq 70$ dBA): con livelli di esposizione molto elevati ed interferenti con l'esistenza della comunità.

Per gli insediamenti esistenti, considerati gli elevati livelli di rumore, è necessario come intervento immediato il raggiungimento di un adeguato grado di isolamento acustico verso l'esterno degli edifici; in tempi successivi un intervento di bonifica acustica alla sorgente volto a portare i livelli L_{DN} esterni al di sotto di 65 dBA.

3. Interventi di bonifica acustica per la riduzione o il contenimento del rumore aeronautico

Il controllo del rumore aeronautico e quindi la sua riduzione o il suo contenimento entro ragionevoli limiti di accettabilità può essere effettuato ricorrendo a differenti tecniche o metodiche operative, alcune con effetti diretti sulla riduzione del rumore, altre con effetti indiretti.

Gli interventi con effetti diretti possono essere effettuati sulla sorgente o sul luogo di ricezione. Limitando l'interesse agli interventi alla sorgente si possono ottenere riduzioni di rumore sia a seguito dello sviluppo della tecnologia aeronautica, sia con adozione di particolari procedure di decollo e di atterraggio, sia con speciali restrizioni operative.

In base ad accertamenti svolti in vari aeroporti riguardo il contributo alla rumorosità globale dei singoli eventi di rumore è emerso che la componente maggiore della rumorosità prodotta sul territorio dal traffico aereo è costituita da quello notturno; inoltre sono gli aerei più rumorosi di vecchio tipo quelli che

condizionano la situazione acustica in prossimità di un aeroporto. Pertanto, tralasciando quegli interventi che prevedono procedure antirumore basate sulla modifica delle traiettorie di volo, procedure sempre in contrasto con la sicurezza di volo, nonché quelli sul luogo di ricezione, risultano efficaci i seguenti interventi:

Con effetti diretti:

- divieto di operazioni di volo durante le ore notturne;
- sostituzione degli aerei più rumorosi di vecchio tipo con aerei di più recente modello;

Con effetti indiretti:

- imposizione di una tassazione speciale per le operazioni di volo eccessivamente rumorose;
- monitoraggio della situazione di inquinamento acustico.

Tali interventi sono di seguito dettagliatamente illustrati, iniziando da quelli con effetti diretti sulla riduzione del rumore.

Divieto delle operazioni di volo durante le ore notturne dalle 22.00 alle 07.00.

Poiché gli eventi di rumore notturni sono molto più disturbanti che gli eventi diurni, tanto che nella valutazione del disturbo i livelli che si verificano di notte vengono penalizzati di 10 dB, l'eliminazione di tali eventi comporta un notevole beneficio in termini di bonifica acustica.

In alcune situazioni è stato constatato che il contributo alla rumorosità globale prodotto dalle sole operazioni di volo notturne dei grandi velivoli da trasporto di linea o postali può essere addirittura superiore al contributo delle operazioni di volo di tutti gli altri tipi di aeromobili nel periodo diurno.

In questi casi un efficace intervento di bonifica acustica è quello che assume il trasferimento temporale di tutti i voli notturni dell'Aviazione Commerciale al periodo diurno. Tale misura non è una novità; infatti molti aeroporti in presenza di situazioni critiche di inquinamento acustico vengono chiusi al traffico nelle ore notturne, altri vengono limitati nelle operazioni più rumorose, di solito le partenze di grossi aerei, dalla mezzanotte alle sei del mattino. Ciò può provocare inconvenienti operativi di non indifferente portata, come minore possibilità di diluire il traffico durante la giornata e restrizioni alla programmazione dei lunghi voli transcontinentali, con antieconomiche menomazioni della capacità dell'aeroporto. Peraltro negli aeroporti la cui capacità operativa è ancora lontana dalla saturazione, lo spostamento alle ore diurne degli attuali voli in orario nelle ore notturne non dovrebbe comportare grosse difficoltà economiche e organizzative.

Comunque l'entità del beneficio in termini di inquinamento acustico dell'intervento di bonifica consistente nel divieto delle operazioni di volo notturno è sempre accuratamente stimabile sulla base dei dati reperibili circa il traffico aereo giornaliero ed i livelli, stimabili o misurabili, di esposizione a singolo evento SEL di ciascun tipo di aereo operante nell'aeroporto.

Il confronto della rumorosità indotta sul territorio tra un modello giornaliero di traffico con operazioni di volo diurne e notturne (Situazione 1) ed un modello con le stesse operazioni tutte svolgentisi nelle ore diurne (Situazione 2) può dedursi dai dati riportati nella Tabella 1. In tale tabella sono indicati per ogni modello di traffico i contributi energetici espressi in Livelli di Esposizione a Singolo Evento relativi alle varie categorie di Aviazioni facenti capo all'aeroporto, calcolati per una posizione di riferimento posta a 1000 metri dalla testata pista e sul prolungamento dell'asse della stessa, nonché i valori del livello SEL complessivo e del livello L_{DN} nella stessa posizione.

Nella Fig. 1 sono riportate le mappature delle curve dei livelli L_{DN} in una situazione aeroportuale senza interventi di bonifica acustica (Situazione 1) ed in una situazione con eliminazione dei voli notturni (Situazione 2).

Ipotizzando come intervento di bonifica acustica la chiusura al traffico nelle ore notturne di tutti i voli, si ottiene nel punto di riferimento una riduzione del livello L_{DN} da 70,4 dBA a 66,7 dBA, e la zona C con $L_{DN} \geq 70$ dBA si riduce notevolmente come evidenziato sulla mappatura delle curve L_{DN} .

Sostituzione degli aerei più rumorosi di vecchio tipo con modelli più recenti meno rumorosi.

L'introduzione nelle linee aeree commerciali dei grandi velivoli con motori a reazione a partire dagli anni '60, unitamente al grande sviluppo del traffico aereo, incrementò in modo eccessivo l'inquinamento acustico negli insediamenti urbani in prossimità degli aeroporti, per cui si rese necessario da parte delle pubbliche amministrazioni prendere delle drastiche misure per fermare la tendenza all'aumento del rumore. A tale scopo per prima la FAA nel Dicembre 1969 [5] e poi l'ICAO nell'Agosto 1971 [6] pubblicarono due documenti denominati rispettivamente "FAR Part 36, Noise Standard" e "Annex 16 Aircraft Noise" che si proponevano di regolamentare, attraverso una certificazione acustica, l'emissione del rumore degli aerei.

Gli aerei dai due documenti sopracitati furono classificati, agli effetti della certificazione acustica, in tre categorie:

- Aerei che non soddisfano i requisiti iniziali di

Tab.1 - Confronti di interventi di bonifica acustica

Modello di traffico e contributi energetici in SEL

SITUAZIONE 1: Senza interventi di bonifica acustica

Aviazione commerciale

Atterraggi voli di linea diurni	n. 38	SEL = 113,4 dBA
Atterraggi voli di linea notturni	n. 4	SEL = 115,0 dBA
Decolli voli di linea diurni	n. 2	SEL = 108,1 dBA
Atterraggi voli postali notturni	n. 2	SEL = 114,3 dBA
Atterraggi voli charter diurni	n. 2	SEL = 101,1 dBA
Atterraggi voli charter notturni	n. 1	SEL = 108,1 dBA

Aviazione Generale

Atterraggi di voli diurni	n. 18	SEL = 100,8 dBA
Addestramento voli diurni	n. 5	SEL = 95,2 dBA

Aviazione Militare

Atterraggi voli diurni	n. 6	SEL = 106,4 dBA
------------------------	------	-----------------

TOT. SEL = 119,76 $L_{DN} = 70,4$ dBA

Modello di traffico e contributi energetici in SEL

SITUAZIONE 2: Eliminazione di tutti i voli notturni

Aviazione commerciale

Atterraggi voli di linea diurni	n. 42	SEL = 113,9 dBA
Decolli voli di linea diurni	n. 2	SEL = 108,1 dBA
Atterraggi voli postali diurni	n. 2	SEL = 104,3 dBA
Atterraggi voli charter diurni	n. 3	SEL = 102,9 dBA

Aviazione Generale

Atterraggi voli diurni	n. 18	SEL = 100,8 dBA
Addestramento voli diurni	n. 5	SEL = 95,2 dBA

Aviazione Militare

Atterraggi voli diurni	n. 6	SEL = 106,4 dBA
------------------------	------	-----------------

TOT. SEL = 116,06 $L_{DN} = 66,7$ dBA

Modello di traffico e contributi energetici in SEL

SITUAZIONE 3: Sostituzione dei DC9 con MD80

Aviazione commerciale

Atterraggi voli di linea diurni	n. 38	SEL = 111,6 dBA
Atterraggi voli di linea notturni	n. 4	SEL = 112,0 dBA
Decolli voli di linea diurni	n. 2	SEL = 106,7 dBA
Atterraggi di voli postali notturni	n. 2	SEL = 116,8 dBA
Atterraggi di voli charter diurni	n. 2	SEL = 99,2 dBA
Atterraggi di voli charter notturni	n. 1	SEL = 106,2 dBA

Aviazione Generale

Atterraggi di voli diurni	n. 18	SEL = 100,8 dBA
Addestramento voli diurni	n. 5	SEL = 95,2 dBA

Aviazione Militare

Atterraggi voli diurni	n. 6	SEL = 106,4 dBA
------------------------	------	-----------------

TOT. SEL = 117,05 $L_{DN} = 67,7$ dBA

Modello di traffico e contributi energetici in SEL

STUAZIONE 4: Eliminazione di tutti i voli notturni e sostituzione dei DC9 con MD80

Aviazione commerciale

Atterraggi voli di linea diurni	n. 42	SEL = 112,2 dBA
Decolli voli di linea diurni	n. 2	SEL = 106,7 dBA
Atterraggi voli postali diurni	n. 2	SEL = 96,8 dBA
Atterraggi voli charter diurni	n. 3	SEL = 100,9 dBA

Aviazione Generale

Atterraggi voli diurni	n. 18	SEL = 100,8 dBA
Addestramento voli diurni	n. 5	SEL = 95,2 dBA

Aviazione Militare

Atterraggi voli diurni	n. 6	SEL = 106,4 dBA
------------------------	------	-----------------

TOT. SEL = 113,95 $L_{DN} = 64,6$ dBA

contenimento del rumore stabiliti dall'Annesso 16 e dal FAR 36;

- Aerei che soddisfano i requisiti iniziali di contenimento del rumore stabiliti dall'Annesso 16 e dal FAR 36 (costituiti da aerei derivati da modelli già in produzione e indicati come "Capitolo 2" dall'Annesso 16 e "Stadio 2" dal FAR 36);
- Aerei che soddisfano i requisiti di più accentuato contenimento del rumore stabiliti per tutti i modelli di nuovo tipo (aerei indicati come "Capitolo 3" dall'Annesso 16 e "Stadio 3" dal FAR 36).

A seguito di tale regolamentazione tutti i modelli di aerei di nuovo tipo che l'industria aeronautica avrebbe prodotto dopo la pubblicazione dei due documenti dovevano essere conformi ai limiti più contenuti di rumorosità (Capitolo 3 e Stadio 3). Ciò comportò un notevolissimo sforzo di ricerca da parte dell'industria con la definizione di motori di nuova concezione, cosa che però alla fine consentì la produzione di aerei con livelli di emissione sonora addirittura inferiori fino a 5 dBA ai limiti del "Capitolo 3" e "Stadio 3".

Inoltre tale regolamentazione comportava che tutti gli aerei derivati da modelli esistenti che l'industria aeronautica avrebbe da quel momento prodotto, per ottenere l'aeronavigabilità dovessero soddisfare i requisiti della certificazione acustica previsti per la seconda categoria della classificazione ("Capitolo 2" e "Stadio 2"); tali limiti risultavano mediamente di 10 dBA inferiori alla emissione sonora degli aerei in esercizio di precedente produzione, per cui anche per i tipi derivati da modelli già in produzione si rese necessaria una intensa ricerca per ottenere una così forte riduzione della loro rumorosità.

Per quanto concerne gli aerei della prima categoria non soddisfacenti i requisiti iniziali di contenimento del rumore, diversi paesi stabilirono delle date per la cessazione del loro impiego, date peraltro in molti casi non rispettate; comunque l'Italia non ha posto finora scadenze al riguardo.

I principali tipi di aerei da trasporto dell'Aviazione Commerciale che soddisfano i limiti di rumorosità stabiliti dall'Annesso 16 o dal FAR 36 per i modelli di nuovo tipo ("Capitolo 3" o "Stadio 3") e che quindi sono gli aerei meno rumorosi oggi esistenti, sono i seguenti:

Boeing:	747-200, B757, B767, B737-300
Airbus:	A310, A300
BAe:	146
Lockeed:	Tri Star
MDC:	MD80, DC10-105.

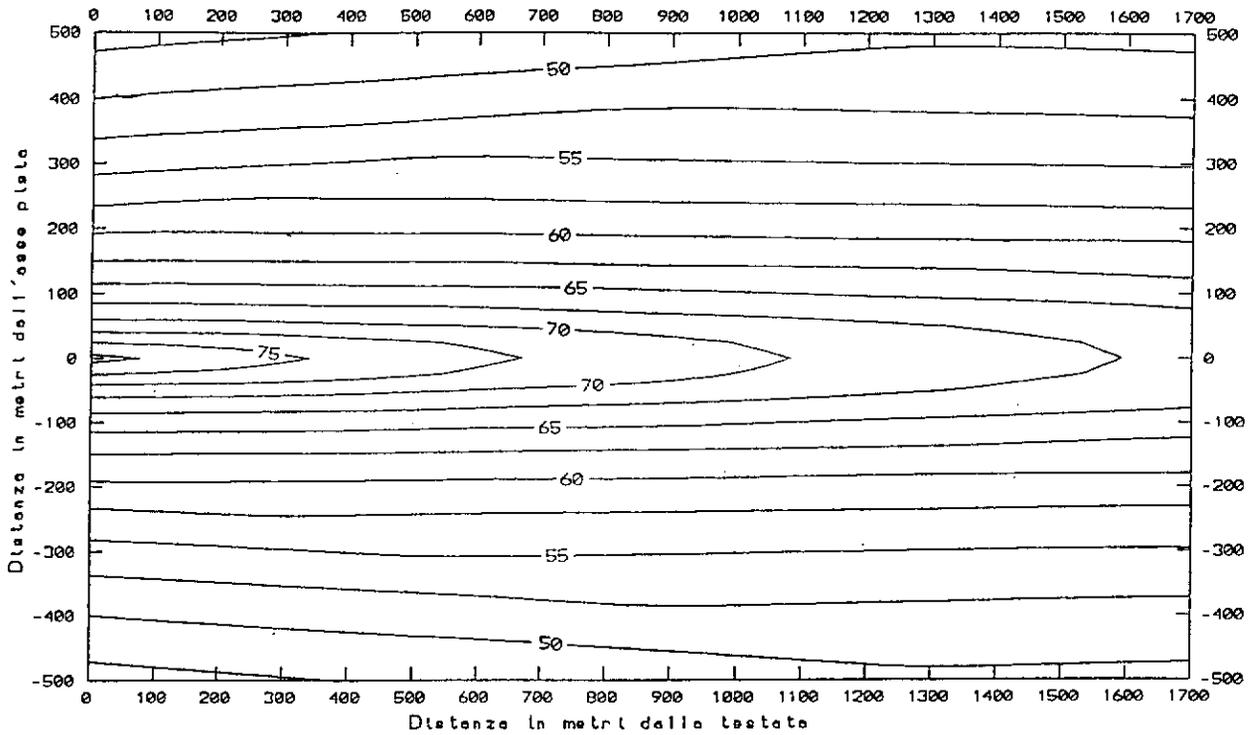
I principali tipi di aerei da trasporto che invece non soddisfano neppure i requisiti iniziali di contenimento del rumore stabiliti dall'Annesso 16 o dal FAR 36 (Stadio 1) e che quindi sono gli aerei più rumorosi delle flotte delle Aviazioni Commerciali sono i seguenti:

Boeing:	707/720, 727 (ante 1974), 737 (ante 1974)
MDC:	DC8, DC9 (ante 1974)
BAe:	One-Eleven
Aérospatiale:	Caravelle.

Alcuni dei suddetti tipi di aerei prodotti dopo il 1983 uscirono dalla fabbrica già modificati per soddisfare i requisiti iniziali di contenimento del rumore, e pertanto sono da considerarsi fra quelli mediamente rumorosi.

Altri furono modificati successivamente mediante l'applicazione di dispositivi di insonorizzazione ai motori, comportanti comunque costi molto elevati, e pertanto

- Ldn DECOLLI E ATTERRAGGI SITUAZIONE 1 -



- Ldn DECOLLI E ATTERRAGGI, SITUAZIONE 2 -

(Eliminazione di tutti i voli notturni)

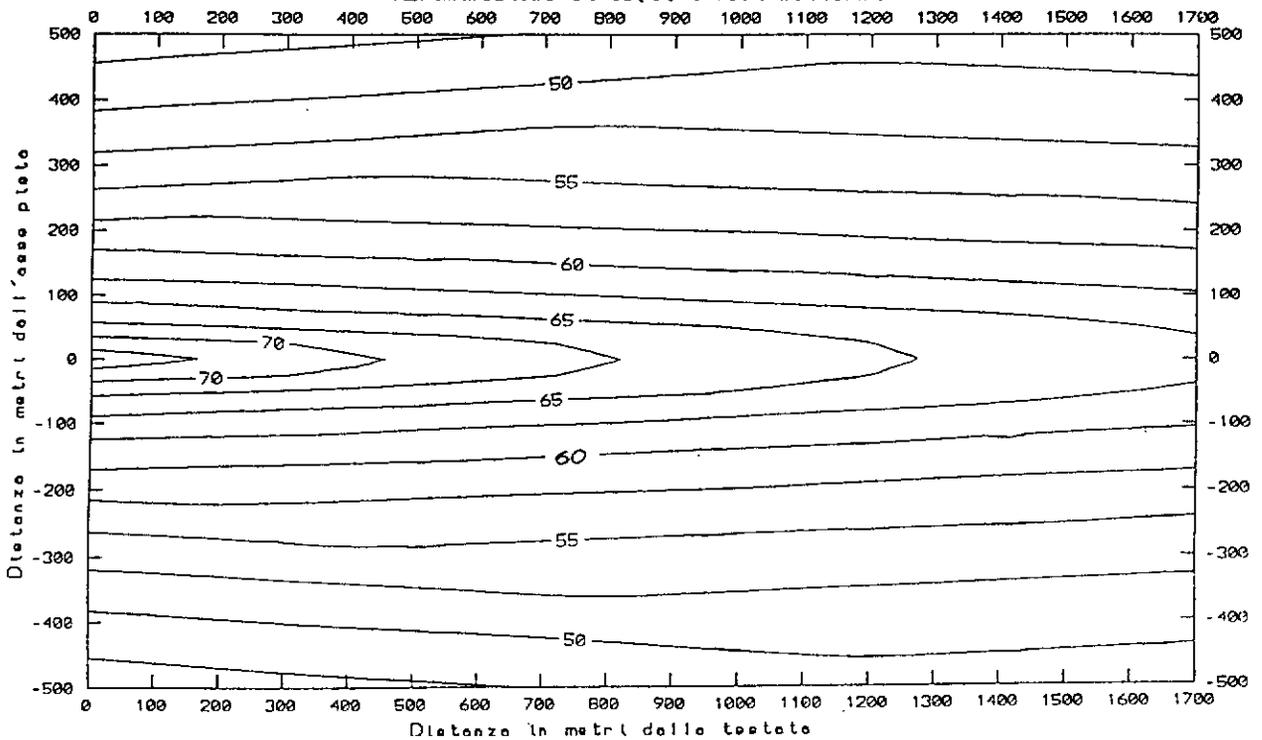


Fig. 1 - Mappature curve isofone Situazioni 1 e 2.

sostenibili solo in quei casi in cui i costi operativi degli aerei potevano essere ancora competitivi e quindi non generalizzabili a tutti i velivoli.

Il passaggio ad una flotta prevalentemente costituita da velivoli "quieti" è stato inevitabilmente lento e graduale ma non è lontano dall'essere completato con il compiersi del ciclo operativo di tutti i vecchi aeromobili che è di circa 25 anni. Tale passaggio può comunque essere accelerato in situazioni particolarmente critiche, potendo dare luogo a sostanziali miglioramenti della situazione di inquinamento acustico.

Da rilevare che la sostituzione dei vecchi modelli di aerei con i nuovi, aventi tra l'altro costi di esercizio più bassi anche per il minore consumo di combustibile realizzato con i più recenti motori, non comporta soltanto degli oneri per le compagnie aeree ma anche dei notevoli vantaggi che consentono di assorbire in tempi ragionevoli gli oneri stessi.

Anche l'entità della riduzione della rumorosità indotta sul territorio in prossimità di un aeroporto dalla sostituzione dei tipi di aerei più rumorosi attualmente operanti è valutabile sulla base dei dati sul traffico aereo giornaliero, del tipo di velivoli operanti e dei livelli stimabili o misurabili di esposizione a singolo evento SEL di ciascun tipo di velivolo.

Con quanto riportato nella Tabella 1 si può confrontare la situazione della rumorosità indotta sul territorio tra un modello con presenza di aerei rumorosi quali i DC9 (Situazione 1), avente nella posizione di riferimento a 1000 metri dalla testata pista un SEL = 101,3 dBA, ed un modello nel quale tutti i DC9 (cinque in atterraggio diurno ed uno in decollo diurno) sono stati sostituiti dai più recenti MD 80 avente nella posizione di riferimento un SEL = 93,8 dBA (Situazione 3).

La mappatura delle curve isolivello L_{DN} per la Situazione 3 riportata nella Figura 2 evidenzia come con tale intervento la zona C con $L_{DN} \geq 70$ dBA si sia ridotta a circa 1/4 della sua estensione. Nella posizione di riferimento questa ipotesi di bonifica dà luogo ad una riduzione del Livello Giorno Notte da $L_{DN} = 70,4$ dBA a $L_{DN} = 67,7$ dBA.

Effetto combinato del divieto di voli notturni unitamente alla sostituzione dei velivoli di vecchio tipo con modelli più recenti.

Ipotizzando sia il trasferimento temporale di tutti i voli notturni al periodo diurno, sia la sostituzione di tutti i velivoli di vecchio tipo come ad esempio i DC9 con velivoli meno rumorosi come ad esempio gli MD80, si ottiene un notevole miglioramento della situazione di inquinamento acustico.

Dai dati della Tabella 1 si può rilevare che con quest'ultima situazione (Situazione 4) nella posizione di riferimento si ha una riduzione del SEL da 119,7 dBA a 113,9 dBA.

La mappatura delle curve isolivello L_{DN} per la Situazione 4 riportata nella Figura 2 fa vedere infine come la zona C si sia ridotta ad una superficie insignificante a ridosso della testata pista, mentre nella posizione di riferimento il Livello Giorno Notte è diminuito da 70,4 dBA a 64,6 dBA.

Oltre ai suddetti provvedimenti che hanno un effetto diretto ed immediato nella riduzione del rumore sul territorio possono essere presi anche altri provvedimenti qui di seguito analizzati, che nel tempo possono produrre ugualmente, con effetto indiretto, una riduzione del rumore sul territorio, stimolando le compagnie aeree all'impiego di aerei meno rumorosi.

Imposizione di una tassazione speciale progressiva per le operazioni di volo eccessivamente rumorose

Per le operazioni di volo che abbiano prodotto il superamento di determinati limiti di rumorosità in corrispondenza dell'insediamento urbano considerato, le autorità aeroportuali dovrebbero imporre alle Compagnie Aeree una tassazione speciale, progressiva con l'entità del superamento del limite.

Infatti, molti aeroporti esteri hanno introdotto incrementi di diritti di atterraggio in funzione della rumorosità dell'aeromobile, così da incentivare l'uso di velivoli più silenziosi; altri scali hanno raggiunto lo stesso obiettivo praticando sconti agli aerei più silenziosi.

L'ipotesi di tassazione per incentivare l'impiego di aerei meno rumorosi potrebbe essere basata su tre livelli SEL di rumorosità, da rilevarsi in una postazione fissa per ogni testata pista in asse con la stessa e posta a 1000 metri dalla testata:

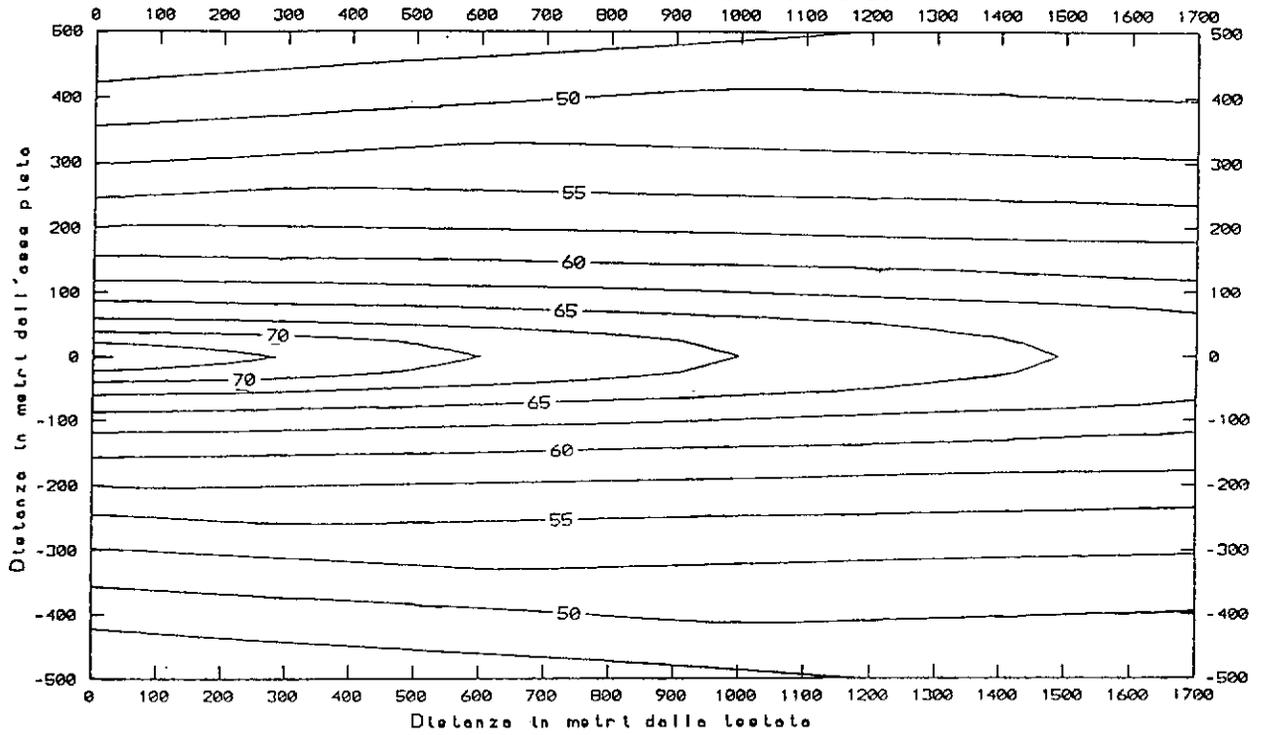
- SEL ≤ 95 dBA; in questo caso si applicano solo gli incrementi percentuali dell'importo dei diritti di approdo e partenza degli aeromobili già previsti dal DPR 26.08.93 n° 434, pari al 20% per i velivoli senza certificazione acustica, al 15% per i velivoli conformi al "Capitolo 2" dell'Annesso 16 dell'I.C.A.O. e al 5% per i velivoli conformi al "Capitolo 3" dell'Annesso 16.
- $95 \leq \text{SEL} \leq 100$ dBA; per le tre classi di velivoli sopra identificate gli incrementi percentuali suddetti vengono raddoppiati.
- SEL > 100 dBA; oltre alle percentuali di incremento sopra indicate, si applica all'importo dei diritti di approdo una ulteriore soprattassa corrispondente al 20% dei diritti di approdo per ogni dBA in più oltre la soglia dei 100 dBA.

Monitoraggio del rumore da traffico aereo

Per il controllo del rumore a terra e l'individuazione degli aerei che non si attengono ai limiti di rumorosità stabiliti, e quindi eventualmente per l'applicazione della tassazione speciale alle operazioni di volo troppo rumorose, è necessario

- Ldn DECOLLI E ATTERRAGGI, SITUAZIONE 3 -

(Sostituzione di tutti i DC-9 con MD-80)



- Ldn DECOLLI E ATTERRAGGI, SITUAZIONE 4 -

(Eliminazione di tutti i voli notturni e sostituzione del DC-9 con MD-80)

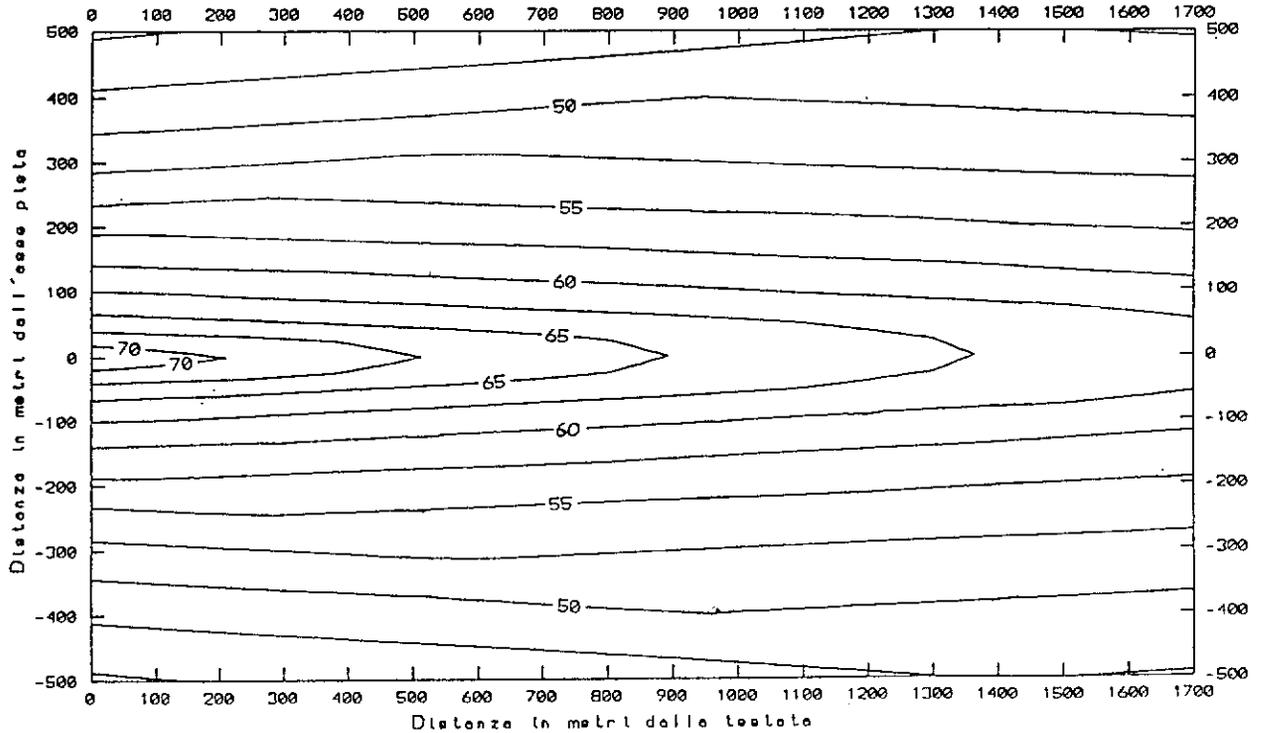


Fig. 2 - Mappature curve isofone Situazioni 3 e 4.

predisporre un sistema di monitoraggio continuo del rumore aeronautico in prossimità dei confini dell'aeroporto e delle aree abitate più vicine.

Il monitoraggio consente anche l'elaborazione puntuale in tempo reale giornaliero della mappa delle curve luogo dei punti di uguale livello di esposizione al rumore conseguente alle operazioni aeroportuali che si verificano nell'arco delle 24 ore giornaliere. In base a ciò è possibile pertanto conoscere con esattezza a seguito di ciascun evento di rumorosità fuori limite il territorio interessato da tale evento.

Per il monitoraggio, a seconda degli scopi che si vogliono raggiungere è necessario l'impiego di una o più unità microfoniche e di una centrale di elaborazione dati.

Un sistema di monitoraggio particolarmente semplice costituito da un solo punto di rilevamento con microfono posto all'esterno in posizione protetta per ogni testata pista può essere realizzato se si dispone di una postazione favorevole al rilevamento degli eventi di rumore connessi alle operazioni di volo, quale può essere quella posta in asse con la pista a circa 1000 metri di distanza dalla testata in precedenza descritta; ciò è possibile perché tale punto si trova proprio sotto le traiettorie di atterraggio e di decollo, traiettorie che, se il punto di rilevamento è sufficientemente vicino alla testata della pista, sono quasi sempre dei sentieri praticamente obbligati dai quali le reali traiettorie possono discostarsi solo di alcuni decine di metri con influenza limitata sull'impronta di rumore prodotta da un sorvolo di aereo.

Il sistema di monitoraggio in tal caso dovrebbe essere costituito come segue:

- un microfono da esterno posto nel punto di rilevamento scelto;
- cavo di collegamento blindato per portare il segnale del microfono al punto dove vengono elaborati i segnali;
- un analizzatore fonometrico collegato con il suddetto cavo al microfono per elaborare i segnali dello stesso;
- un personal computer collegato all'analizzatore per raccogliere in continuo i dati dello stesso;
- un modem per trasmettere via rete telefonica i dati del computer alla Torre di Controllo;
- un personal computer nella Torre di Controllo collegato a stampante che riporta in tempo reale su carta i livelli SEL e l'ora registrati nella postazione di monitoraggio;
- un secondo computer con stampante presso la

posizione di rilevamento, collegato al primo dotato di software per l'elaborazione in base ai dati SEL registrati nell'arco della giornata delle mappature dei livelli L_{DN} giornalieri.

Dal sistema di monitoraggio sopra descritto è possibile ricavare i seguenti elementi:

- il livello SEL di ogni singolo movimento del traffico aereo in corrispondenza del punto di rilevamento; tale livello SEL, trasmesso in tempo reale alla Torre di Controllo, dovrà essere riportato sul foglio di controllo del volo compilato dal controllore e potrà anche servire all'autorità aeroportuale per l'eventuale applicazione della tassa speciale progressiva per superamento dei limiti di rumorosità;
- mediante un metodo di calcolo semplificato elaborato dagli scriventi, applicabile sia a causa della particolare posizione del punto di rilevamento sia per le approssimazioni ammissibili nelle mappature del rumore sul territorio, sarà possibile inoltre determinare giornalmente una mappatura plotter delle curve isolivello L_{DN} consentendo in tal modo una visualizzazione della situazione acustica in atto.

Il sistema di monitoraggio pertanto servirà sia all'applicazione della tassa speciale sul rumore, sia per tenere sotto continuo controllo la situazione acustica nel territorio considerato.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Standard land use coding manual*, Department of Housing and Urban Development, 1974.
- [2] *Airport noise compatibility planning*, Federal Aviation Regulations (FAR) Part 150, US Department of Transportation, FAA (January 1981).
- [3] Green D.M., Fidell S., *Variability in the criterion for reporting annoyance in community noise surveys*, J.A.S.A., 89 (1), January 1991.
- [4] Fidell S., Barber D.S., Schultz T.J., *Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise*, J.A.S.A., 89(1) January 1991.
- [5] *Noise Standards: Aircraft type and airworthiness certification*, Federal Aviation Administration Regulation, Part 36, US Department of Transportation (June 1974 as amended).
- [6] *Annex 16, International Standards and recommended practices, Environmental Protection, Aircraft Noise, Aircraft Engine Emissions*, ICAO, Montreal, Canada (1981).