

ISOLAMENTO ACUSTICO DI IMMOBILI ESPOSTI A RUMORE DI INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO PROPOSTA DI UN TERMINE DI ADATTAMENTO SPECIFICO PER AREE AEROPORTUALI

Massimo Guazzotti (1), Gianni Utica (2), Stefania Masseroni (3), Lidia Pinti (4), Luigi Guzzoni (5)

- 1) Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Milano, massimo.guazzotti@polimi.it
- 2) Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Milano, gianni.utica@polimi.it
- 3) Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Milano, stefania.masseroni@polimi.it
- 4) Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Milano, lidia.pinti@polimi.it
- 5) Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Milano, luigi.guzzoni@polimi.it

INTRODUZIONE

Nel presente elaborato si espone lo studio acustico condotto mediante l'analisi dei valori di LA_{max} delle singole manovre di decollo e di atterraggio di un aeroporto lombardo. Ai singoli movimenti si associa il relativo spettro sonoro, nell'intento di studiare e prescrivere, nell'ambito di un regolamento edilizio comunale, le caratteristiche più adeguate di isolamento per le diverse zone coinvolte da disturbo da rumore aeroportuale. L'obiettivo dell'analisi consiste nell'individuazione di uno spettro medio di rumore aeronautico per lo specifico contesto aeroportuale, da confrontare poi con lo spettro di rumore stradale gravante sulla medesima realtà comunale. Le due forzanti vengono riportate ad un unico Overall e, riferendosi alla metodologia già utilizzata dalla normativa UNI EN ISO 717-1, si ricava la proposta di un termine di adattamento specifico per il rumore aeronautico indotto dall'aeroporto in studio. Il territorio prescelto è momentaneamente caratterizzato dalla non applicabilità del parametro L_{va} e, per questo motivo, caratterizzabile attraverso il parametro LA_{eq}, che nello scenario futuro potrà risultare inapplicabile in quanto l'area oggetto di studio dovrebbe infine essere ricompresa in zone di rispetto aeroportuale. Per questa ragione e dovutamente alla necessità di operare delle analisi di tipo spettrale sui singoli movimenti aeronautici, si è optato per eseguire anche dei rilievi mediante il parametro LA_{max}, il quale è riconosciuto dalla European Environment Agency (EEA), insieme a LA_{eq}, come indicatore di stress e valutazione del livello di performance.

1 Metodo

1.1 Sessioni di misura

Le campagne di misura sono state realizzate con uno strumento Bruel & Kjaer 2250 ed eseguite in diverse località dell'intorno aeroportuale specificatamente posizionate rispetto all'asse pista e caratterizzate ciascuna da una specifica tipologia di immissione rumorosa. Si distinguono principalmente tre zone di misura: soli decolli; soli atterraggi ed atterraggi, decolli e rullaggi. Contestualmente alle singole misure è stata rilevata in tempo reale la traccia radar dell'aeromobile, la tipologia del medesimo, la compagnia esercente ed è stata ipotizzata la procedura eseguita fra quelle prescritte dall'Ente Nazionale di Assistenza al Volo (ENAV).

1.2 Caratteristiche spettrali di decolli e atterraggi

Di seguito si riportano gli spettri maggiormente rappresentativi misurati per ciascuna postazione.

Valori esterni di LA_{max} superiori a 72 dB sono indicativi di livelli di pressione sonora, all'interno delle abitazioni, superiori a quanto previsto da EEA. Livelli equivalenti superiori a 70 dB

sono indicativi di superamento dei limiti assoluti previsti dal DPCM 4/11/1997.

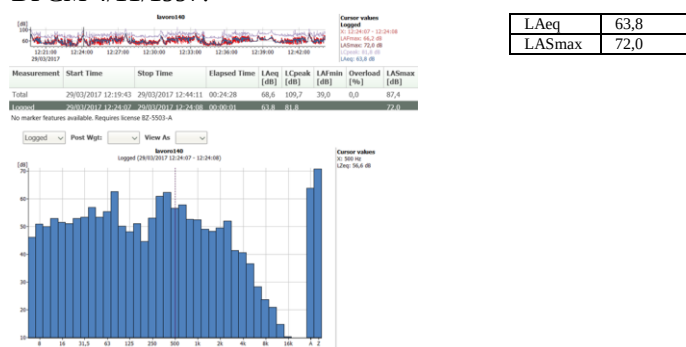


Figura 1 – Esempio di spettro di rumore aeronautico rilevato presso una zona caratterizzata prevalentemente da operazioni di atterraggio

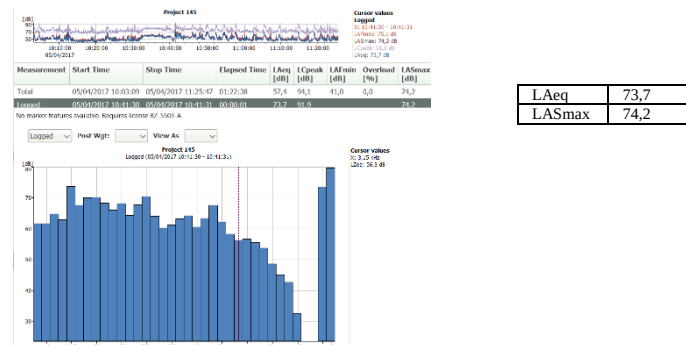


Figura 2 – Esempio di spettro di rumore aeronautico rilevato presso una zona caratterizzata prevalentemente da decolli

1.3 Caratteristiche spettrali del traffico stradale rilevato localmente

Di seguito si riporta un esempio rappresentativo della sessione di misura eseguita lungo la superstrada locale.

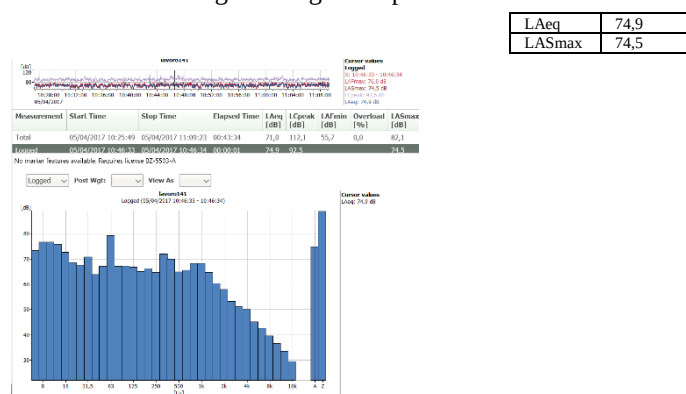


Figura 3 – Esempio di spettro di rumore stradale rilevato

1.4 Equiparazione degli spettri medi aeronautici allo spettro stradale

Ai fini dell'equiparazione degli spettri ottenuti, lo spettro stradale è stato aumentato dello stesso valore per ciascun terzo di ottava fino al raggiungimento del medesimo Overall degli spettri medi aeronautici per decolli e atterraggi. Questa operazione ha permesso l'ottenimento della differenza caratteristica in frequenza fra le forzanti. L'intervallo spettrale considerato è compreso fra 100 e 3150 Hz.

F. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
VALORI IN TERZO DI OTTAVA Atterraggi																
[dB]	66,1	68,2	64,4	67,9	70,6	64,2	60,2	61,2	63,2	64,2	60,6	63,4	67,7	62,2	58,2	56,3
VALORI IN TERZO DI OTTAVA Stradali																
[dB]	53,8	49,2	47,7	44,2	46,6	45,7	47,1	46,8	48,9	48,6	44,9	42,2	37,1	32,4	26,9	26,0
VALORI IN TERZO DI OTTAVA Corretti																
[dB]	72,0	67,4	65,9	62,4	64,8	63,9	65,3	65,0	67,1	66,8	63,1	60,4	55,3	50,6	45,1	44,2
Differenza spettri																
[dB]	5,9	-0,8	1,5	-5,5	-5,8	-0,3	5,1	3,8	3,9	2,6	2,5	-3,0	-12,4	-11,6	-13,1	-12,1

Tabella 1 Esempio di foglio di calcolo utilizzato per l'ottenimento della differenza caratteristica in frequenza fra le forzanti

1.5 Calcolo dei termini di adattamento per il rumore aeronautico

I termini di adattamento proposti vengono calcolati impiegando lo spettro n. 2 indicato nella UNI EN ISO 717-1, corretto in funzione della differenza fra lo spettro stradale medio misurato e lo spettro aeronautico medio misurato in loco per i decolli e per gli atterraggi.

Rw																
C _{ctr} :C _{taD} 60,00 -1,7 -5,4 -6,7 Db																
F. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
xi POTERE FONDISOLANTE	42,2	44,0	46,0	47,8	49,6	51,5	53,4	55,2	57,1	59,1	60,9	62,7	64,8	66,6	68,4	70,3
L ₁ 1 SPETTRO N.1 (RUMORE ROSA)	-29,00	-26,00	-23,00	-21,00	-19,00	-17,00	-15,00	-13,00	-12,00	-11,00	-10,00	-9,00	-9,00	-9,00	-9,00	-9,00
L ₁ 1-Xi	-71,2	-70,0	-69,0	-68,8	-68,6	-68,5	-68,4	-68,2	-69,1	-70,1	-70,9	-71,7	-73,8	-75,6	-77,4	-79,3
10(L ₁ -xi)/10	-7,12	-7,00	-6,90	-6,88	-6,86	-6,85	-6,84	-6,82	-6,91	-7,01	-7,09	-7,17	-7,38	-7,56	-7,74	-7,93
L ₁ 2 SPETTRO N.2 (RUMORE STRADALE)	-20,0	-20,0	-18,0	-16,0	-15,0	-14,0	-13,0	-12,0	-11,0	-9,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0	-13,0	-15,0
L ₁ 2-Xi	-62,2	-64,0	-64,0	-63,8	-64,6	-65,5	-66,4	-67,2	-68,1	-69,1	-69,9	-71,7	-74,8	-77,6	-81,4	-85,3
10(L ₁ -xi)/10	-6,22	-6,40	-6,40	-6,38	-6,46	-6,55	-6,64	-6,72	-6,81	-6,91	-6,99	-7,17	-7,48	-7,76	-8,14	-8,53
L ₁ 3 SPETTRO N.3 (RUMORE AERONAUTICO Decollo)	10,9	4,5	-1,3	-2,5	-1,4	-5,9	-5,1	-1,7	2,6	0,8	0,1	-1,2	-5,2	-6,0	-4,8	-6,3
diff bilanc.	-30,9	-24,5	-16,7	-13,5	-13,6	-8,1	-7,9	-10,3	-13,6	-9,8	-8,1	-7,8	-4,8	-5,0	-8,2	-8,7
L ₁ 3-Xi	-73,1	-68,5	-62,7	-61,3	-63,2	-59,6	-61,3	-65,5	-70,7	-68,9	-69,0	-70,5	-69,6	-71,6	-76,6	-79,0
10(L ₁ -xi)/10	-7,31	-6,85	-6,27	-6,13	-6,32	-5,96	-6,13	-6,55	-7,07	-6,89	-6,90	-7,05	-6,96	-7,16	-7,66	-7,90
Rw																
C _{ctr} :C _{taA} 60,00 -1,7 -5 -7,4 Db																
FREQUENZA (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
xi POTERE FONDISOLANTE	42,2	44,0	46,0	47,8	49,6	51,5	53,4	55,2	57,1	59,1	60,9	62,7	64,8	66,6	68,4	70,3
L ₁ 1 SPETTRO N.1 (RUMORE ROSA)	-29,00	-26,00	-23,00	-21,00	-19,00	-17,00	-15,00	-13,00	-12,00	-11,00	-10,00	-9,00	-9,00	-9,00	-9,00	-9,00
L ₁ 1-Xi	-71,2	-70,0	-69,0	-68,8	-68,6	-68,5	-68,4	-68,2	-69,1	-70,1	-70,9	-71,7	-73,8	-75,6	-77,4	-79,3
10(L ₁ -xi)/10	-7,12	-7,00	-6,90	-6,88	-6,86	-6,85	-6,84	-6,82	-6,91	-7,01	-7,09	-7,17	-7,38	-7,56	-7,74	-7,93
L ₁ 2 SPETTRO N.2 (RUMORE STRADALE)	-20,0	-20,0	-18,0	-16,0	-15,0	-14,0	-13,0	-12,0	-11,0	-9,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0	-13,0	-15,0
L ₁ 2-Xi	-62,2	-64,0	-64,0	-63,8	-64,6	-65,5	-66,4	-67,2	-68,1	-69,1	-69,9	-71,7	-74,8	-77,6	-81,4	-85,3
10(L ₁ -xi)/10	-6,22	-6,40	-6,40	-6,38	-6,46	-6,55	-6,64	-6,72	-6,81	-6,91	-6,99	-7,17	-7,48	-7,76	-8,14	-8,53
L ₁ 3 SPETTRO N.3 (RUMORE AERONAUTICO Atterraggi)	5,9	-0,8	1,5	-5,5	-5,8	-0,3	5,1	3,8	3,9	2,6	2,5	-3,0	-12,4	-11,6	-13,1	-12,1
diff bilanc.	-25,9	-19,2	-19,5	-10,5	-9,2	-13,7	-18,1	-15,9	-14,9	-11,6	-10,5	-6,0	2,4	0,6	0,1	-2,9
L ₁ 3-Xi	-68,1	-63,2	-65,5	-58,3	-58,8	-65,2	-71,5	-71,0	-72,0	-70,7	-71,4	-68,7	-62,4	-66,0	-68,3	-73,2
10(L ₁ -xi)/10	-6,81	-6,32	-6,55	-5,83	-5,88	-6,52	-7,15	-7,10	-7,20	-7,07	-7,14	-6,87	-6,24	-6,60	-6,83	-7,32

Tabella 2 – Fogli di calcolo utilizzati per ottenere L_j aeronautico per decolli e atterraggi rispetto a L_j stradale ricavato dalla norma ISO 717

2 Applicazione degli spettri proposti su una parete di facciata

Gli spettri determinati in precedenza si applicano ad una parete di facciata costituita da una muratura a cassa vuota provvista di un serramento vetrato avente una superficie corrispondente a circa il 10 per cento della parete.

L'indice del potere fonoisolante della parete in studio è R_w pari a 60 dB. Il termine di adattamento per il rumore stradale è C_{tr} pari a -5,4 dB. Il termine di adattamento proposto per il rumore aeronautico in zona decolli è C_{taD} pari a -6,7 dB. Il termine di adattamento proposto per il rumore aeronautico in zona atterraggi è C_{taA} di -7,4 dB.

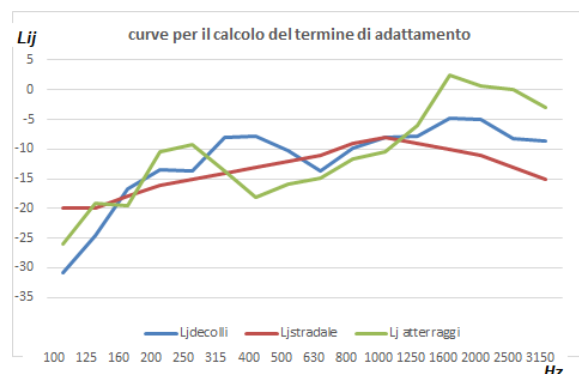


Figura 4 – Diagramma illustrante la curva normalizzata per calcolare il termine di adattamento C_{tr} per il rumore stradale e le curve per il calcolo dei termini di adattamento proposti per il rumore aeronautico denominati C_{taD} e C_{taA}, rispettivamente per operazioni di decollo e di atterraggio.

3 Osservazioni e conclusioni

I termini di adattamento proposti comportano differenze di indice di potere fonoisolante comprese fra 1,3 e 2,0 dB rispetto al potere fonoisolante corretto con termine di adattamento stradale. Per questo motivo si ritiene che tali nuovi termini di adattamento possano integrare la normativa vigente per la definizione dei materiali da impiegarsi per bonifiche e nuove costruzioni, e che possano costituire, anche nell'immediato, un utile strumento da inserire nei regolamenti edilizi delle municipalità interessate da tali fenomeni rumorosi.

4 Limiti della ricerca

Il traffico aeronautico gravante sull'aeroporto studiato è costituito, pressoché interamente, da aeromobili equipaggiati con due propulsori turbofan con spinta pari a 26.400 libbre ciascuno (Boeing 737 800) operanti nelle medesime condizioni di carico. Per questo motivo gli spettri di rumore rilevati e gli spettri medi calcolati connotano una sola tipologia di aeromobile.

L'applicazione della metodologia riportata nella presente ricerca risulta tuttavia applicabile per la grande maggioranza di scali internazionali comunitari, in quanto la tipologia dell'aeromobile studiato è assimilabile alle caratteristiche della totalità dei velivoli operanti su tratte a medio e corto raggio (B737 700, b737 800, Airbus 319, Aerbus320, Airbus 321). Gli scriventi si impegneranno ad estendere la ricerca a scali intercontinentali caratterizzati dalla presenza di aeromobili quadrigetto (Airbus 380, Boeing 747) e a scali con frequentazione intensa di aeromobili tipo executive equipaggiati normalmente con due o tre motori turbogetto (Dassault Falcon, Gulfstream, Cessna citation, Lear Jet 45, etc.), per verificare l'attendibilità dei termini proposti e/o riproporli calcolati su spettri medi aggiornati.

5 Bibliografia

- [1] H. C. Canguli, M.S. Frakash Rao, *Human Factor Aspects of Aircrafts noise*
- [2] Trevor Thom, *The air pilots manual*
- [3] AIP Italia rac 4.1.2.9, *Orio al Serio Initial climb procedures and sid*
- [4] ISO 717-1:1997, *Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea*
- [5] Massimo Guazzotti, Livio Mazzarella, *Metodo analitico per la determinazione del potere fonoisolante delle pareti in laterocemento. Atti del XXVII Congresso Nazionale AIA 1999(Genova maggio 1999)*
- [6] Massimo Guazzotti, Lorenzo Scapellato, *Caratterizzazione acustica sperimentale dell'intorno di aeroporti civili. Atti del XXVI Congresso Nazionale AIA (Torino maggio 1998)*
- [7] European Environment Agency, *Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical Report No 11/2010*
- [8] DPCM 14/11/1997, *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*