



## ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL

The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering

07-10 August 2005 - Rio de Janeiro - Brazil

# An Integrated Index for Airport Noise

Federico Rossi<sup>a</sup>, Andrea Nicolini<sup>b</sup>, Mirko Filipponi<sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup>University of Perugia, Perugia, Via G. Duranti 67, Italy

<sup>a</sup>frossi@unipg.it; <sup>b</sup>nicolini.unipg@ciriaf.it; <sup>c</sup>filipponi.unipg@ciriaf.it

**Abstract** Italian and European legislations propose airport noise indicators based on the acoustic climate in the airport surrounding areas and the noise exposed population density. In fact, Italian Environmental Minister Decree of 20th May 1999 defines an index for airport classification; besides, an European proposal concerning a new aircraft noise indicator is being discussed (“Proposal for a Directive on the establishment of a Community framework for noise classification of civil subsonic aircraft for the purposes of calculating noise charges”, 2001/0308 COD, Brussels 2001). These indicators are not appropriate to evaluate airport environmental rate-benefits ratio for many airports; in fact, transport and logistic airport characteristics are not taken into account. In this paper, an integrated airport noise index is proposed. The new index takes into account the previous indicators parameters but also airport characteristics such traffic data, logistic and connection structures and the airport strategic significance. Thus, the proposed indicator may be very useful for the airport managing companies; at last, some Italian airports cases have been analyzed by the new noise evaluation procedure in order to test it.

## 1. INTRODUCTION

Italian legislation, with the Environmental Minister Decree of 20th May 1999, introduces airport classification concept by means of three indexes calculation. Indexes to the three A, B, C zones individualized by isolevel curves (Environmental Minister Decree of 31st October 1997) are referred. Parameters employed to identify such indexes are: airport area extension, A, B, C zones extension, residential areas (Ar, Br, Cr) extension, houses territorial density. Studies on aerial and airport noise and its impact on the communities that live around the infrastructure have shown the necessity to identify a new single number index that takes into account, besides the above mentioned parameters, other airport characteristics. Such characteristics regard: noise pollution parameters (noise levels), airport urban context parameters (schools, hospitals and parks presence, noise source like railway or plants, etc.), airport strategic significance parameters (traffic data, airplane fleet, etc.). In this paper an original formula is presented to identify by mean a single number index the airport acoustic impact. The index allows to place airport inside an absolute value scale ...

## 2. INDEX CALCULATION

An original formula has been developed to calculate the index for airport acoustic impact valuation. Formula is a logarithmic function based on two factors product:

$$I_{airport} = 30 \log_5 [(I_{acoustic} \times I_{data}) + 1] \quad (1)$$

First factor  $I_{acoustic}$ , relates different factors like acoustic levels ( $L_{VA}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{90}$ ), A, B, C zones extension and Ar, Br, Cr zones extension. Second factor  $I_{data}$ , relates traffic data, geometric data, fleet composition and airport seasonal passenger flux. The extended expression of the (1) is given by:

$$I_{airport} = 30 \log_5 \left\{ (\alpha \phi_a I_a + \beta \phi_b I_b + \gamma \phi_c I_c) \times \left( \frac{P_1 K_1 + P_2 K_2 + P_3 K_3 + P_4 K_4 + P_5 K_5 + P_6 K_6 + P_7 K_7}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7} \right) + 1 \right\} \quad (2)$$

The scale range to represent  $I_{airport}$  value has been chosen between 0 and 100. This range has been splitted further in five bands, each 20 points long, to better characterize impact level. In order to achieve the best values arrangement with the  $I_{acoustic}$  and  $I_{data}$  product, the five logarithmic operator has been used. The +1 term inside logarithm argument avoids negative  $I_{airport}$  values. In Figure 1  $I_{airport}$  scale is reported.



Figure 1:  $I_{airport}$  scale.

From the  $I_{airport}$  value calculation, the bands directly provide the airport impact level on the territory.

### 2.1 $I_{acoustic}$ Calculation

The  $I_{acoustic}$  value is given by:

$$I_{acoustic} = (\alpha \phi_a I_a + \beta \phi_b I_b + \gamma \phi_c I_c) \quad (3)$$

where  $I_n$  are Minister Decree of 20th May 1999 indexes,  $\Phi_n$  are comparison factors between  $I_n$  and  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  are corrective factors of the acoustic levels measured by airport monitoring station. Three index  $I_n$  have been added to preserve their importance such as noise pollution level in the A, B, C zones main gauges.

#### Correlation Between Minister Decree Of 20<sup>th</sup> May 1999 Indexes: $\Phi$ Factor

$\Phi_a$ ,  $\Phi_b$  and  $\Phi_c$  multiplicative factors allow to correlate and compare the A, B and C zones. Such zones by  $L_{VA} = 60$  dBA,  $L_{VA} = 65$  dBA,  $L_{VA} = 70$  dBA isolevel curves are identified. To characterize  $I_n$  a further zone, bounded by  $L_{VA} = 65$  dBA curve, has been introduced (see Figure 2). The relation between sound intensity  $S$  and decibel scale is given by acoustic laws: when decibel level grows by 1 dB, the corresponding sound intensity growth is equal to 26 %. Three exact positions inside the A, B, C and D zones, called *essential points*, has been

located: first point placed on  $L_{VA} = 62,5$  dBA, the second point on  $L_{VA} = 70$  dBA, the third point on  $L_{VA} = 77,5$  dBA. For each point intensity value  $S$  has been calculated. In Table 1  $S_{62,5}$ ,  $S_{70}$  and  $S_{77,5}$  and the corresponding  $\Phi$  factors are reported.

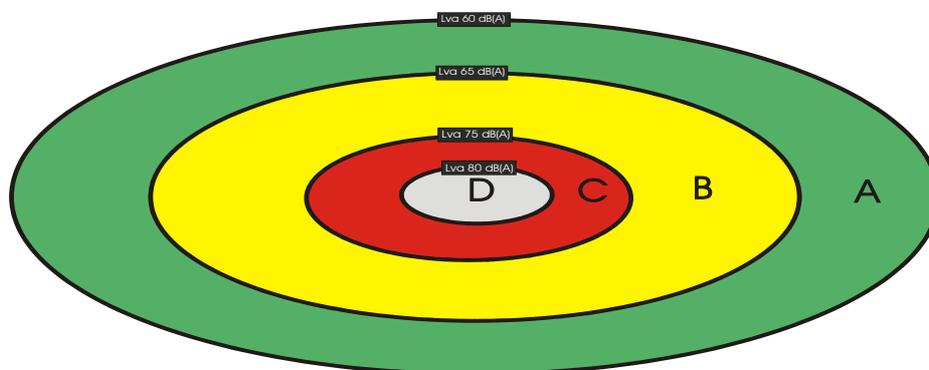


Figure 2: A, B, C and D zones.

Three constant value grows passing from A to C zone since receiver annoyance grows passing from outer to inner zone too.

Table 1: sound intensity and  $\Phi$  values.

Point	Sound intensity S	$\Phi$
1	1,79	4
2	10,08	20
3	57,41	128

### Corrective Coefficient $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$

Corrective factors  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  take in account the relation between  $L_{VA}$  and the other level  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  and  $L_{eq}$ . Therefore to determine factor values phonometric measurement are necessary. Three factors calculation method is the same: each factor is given by three variables product. First variable regards  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  and  $L_{eq}$ , second variable regards the hospitals, schools or parks presence inside the considered zone, third variable regards SIC presence. For example, the  $\alpha$  variable expression is:

$$\alpha = (\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3) \tag{4}$$

$\alpha_1$  is the result of three factors product:  $L_{eq\alpha}$ ,  $L_{10\alpha}$  e  $L_{90\alpha}$ . Factors values vary around unit, (see Table 2); values smaller than 1 award positive acoustic situation while greater ones penalize negative acoustic situation.

$\alpha_2$  takes in account sensible receivers presence inside A zone.  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$  and  $\gamma_2$  values are given by the sum of 1 with the coefficients reported in Table 3.  $\beta$  coefficient is greater than  $\alpha$  one and  $\gamma$  coefficient is greater than  $\beta$  one because of the different noise levels inside the three zones: receivers inside zone C (included between  $L_{VA} = 75$  dBA and  $L_{VA} = 65$  dBA) present heavier acoustic conditions than the B and A zone ones ( $L_{VA}$  included respectively between

75 and 65 dBA and 65 and 60 dBA). If no receiver is present the coefficient is equal to 1. Same method for  $\alpha_3$ ,  $\beta_3$  and  $\gamma_3$  has been employed.

Table 2:  $L_{eq\alpha}$ ,  $L_{10\alpha}$  e  $L_{90\alpha}$  values.

$L_{eq}/L_{VA}$	$L_{eq\alpha}$	$L_{10}/L_{VA}$	$L_{10\alpha}$	$L_{90}/L_{VA}$	$L_{90\alpha}$
Between 0,8 and 1	0,90	Greater than 2,2	0,90	Between 0,8 and 1	0,70
Between 0,7 and 0,8	0,94	Between 2,2 and 2,0	0,93	Between 0,7 and 0,8	0,75
Between 0,6 and 0,7	0,96	Between 2,0 and 1,8	0,96	Between 0,6 and 0,7	0,80
Between 0,5 and 0,6	0,98	Between 1,8 and 1,6	0,99	Between 0,5 and 0,6	0,90
Between 0,4 and 0,5	1,00	Between 1,6 and 1,4	1,01	Between 0,4 and 0,5	1,00
Between 0,3 and 0,4	1,05	Between 1,4 and 1,2	1,03	Between 0,3 and 0,4	1,10
Smaller than 0,3	1,10	Between 1,2 and 1,0	1,05	Smaller than 0,3	1,20

Table 3: This is a table caption.

<b>Receiver</b>	<b>Variables</b>					
	$\alpha_2$	$\beta_2$	$\gamma_2$	$\alpha_3$	$\beta_3$	$\gamma_3$
Hospital	+ 0,25	+ 0,35	+ 0,40	-	-	-
School	+ 0,15	+ 0,25	+ 0,35	-	-	-
Park	+ 0,10	+ 0,15	+ 0,25	-	-	-
SIC	-	-	-	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,3

## 2.2 $I_{data}$ Calculation

$I_{data}$  provides information on airport traffic volume, fleet composition and all that aspects not directly connected to acoustic measurements. The  $I_{data}$  value is given by:

$$I_{data} = \frac{P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + P_3 \cdot K_3 + P_4 \cdot K_4 + P_5 \cdot K_5 + P_6 \cdot K_6}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6} \quad (5)$$

$K$  factors take in account 7 different aspects concerning airport statistical and geometrical data:  $K_1$  regards airport annual traffic, passengers number and annual goods tonne;  $K_2$  regards fleet composition, classified by noise emissions;  $K_3$  concerns the traffic data trend, i.e. comparison between present and previous year traffic;  $K_4$  concerns the comparison between mean annual traffic and moves in the maximum traffic day;  $K_5$  regards passengers and goods quantities carried by each aircraft;  $K_6$  regards airport area size,  $K_7$  concerns transport infrastructure number and typology, neighbouring airport area.  $K$  values have been weighted by the seven constants  $P_i$ .

Traffic data:  $K_1$  Factor

Traffic data, taken in account for each airport, regards: flights, passenger and goods tonne.  $K_1$  is the result of five terms product:

$$K_1 = (CI \times CE \times P \times T \times M) \quad (6)$$

where  $CI$  is the Italian Airport Classification index,  $CE$  is the European Airport Classification index,  $P$ ,  $T$  and  $M$  are the University of Perugia Classification factors.

Italian Airport Classification splits airport into three segments according to annual passenger number: small airport (less than

La classificazione Italiana suddivide gli aeroporti in tre fasce in base al numero di passeggeri annui dello stesso scalo:

- aeroporti piccoli (con meno di un milione di utenti all'anno);
- aeroporti medi (con utenze che variano tra un milione e cinque milioni di passeggeri annui);
- aeroporti grandi (con oltre cinque milioni di passeggeri ogni anno).

Tale classificazione rientra nel calcolo del fattore  $K_1$  tramite il termine  $CI$ , il cui valore è facilmente deducibile dalla Tab. 4.5.

### **Classificazione Italiana Aeroporti**

<b>Valori fattore CI</b>		
<b>Tipo Aeroporto</b>	<b>Pax/anno</b>	<b>Valore CI</b>
<b>Piccolo</b>	<b>Meno di 1 milione</b>	<b>0,9</b>
<b>Medio</b>	<b>Tra 1mln e 5mln</b>	<b>1</b>
<b>Grande</b>	<b>Oltre 5 milioni</b>	<b>1,1</b>

*Tab 4.5: Valori fattore CI*

In campo europeo la direttiva che dà indicazioni sulla classificazione aeroportuale è la 2002/30/CE, che prende in considerazione, diversamente dalle norme italiane, i movimenti annui invece dei passeggeri; la suddivisione è in due fasce:

- Aeroporto (con un numero di movimenti maggiore di 50000 annui);
  - Aeroporto metropolitano (avente meno di 50000 movimenti annui);
- all'interno di  $K_1$  questa tipologia di classificazione compare con il fattore CE, i cui valori sono riportati in Tab. 4.6.

### **Classificazione Aeroporti 2002/30/CE**

<b>Valori fattore CE</b>		
<b>Tipologia</b>	<b>Movimenti annui</b>	<b>Valore CE</b>
<b>Aeroporto</b>	<b>Più di 50000</b>	<b>1,1</b>
<b>Aeroporto metropolitano:</b>	<b>Meno di 50000</b>	<b>0,9</b>

*Tab. 4.6: Valori fattore CE*

I restanti tre fattori, cioè P M e T, che compaiono nella (4.9), sono quelli deducibili dalla classificazione UNIPG, e sono relativi singolarmente a valori annui di **Passeggeri**, **Movimenti** e **Tonnellate** di merci.

Questa classificazione si basa sull'analisi dei dati di traffico dei 36 maggiori aeroporti italiani, e, in base al calcolo delle medie e ad una analisi statistica dei dati a disposizione, sono state costruite delle tabelle che ci permettono di individuare il valore dei tre fattori citati a partire dalle statistiche dell'aeroporto considerato.

Questi valori variano sempre nell'intorno di 1, penalizzando o premiando l'aeroporto in questione; il valore corrispondente ad 1, "range unità", è il risultato della distribuzione statistica dei valori, e corrisponde al valore più frequente tra i 36 valori a disposizione nel caso si tratti di numero di passeggeri, movimenti o tonnellate merci.

I dati a nostra disposizione, numero di passeggeri annuo, numero di movimenti e tonnellate merci, vengono confrontati tramite le Tab. 4.7, 4.8, 4.9 con i valori fissati dalla Classificazione UNIPG fornendo il valore del fattore relativo M, P e T.

<b>Fattore M</b>		
<b>Movimenti annui</b>		
<b>Da</b>	<b>A</b>	<b>Valore di M</b>
0	2000	0,6
2001	5000	0,7
5001	10000	0,8
10001	20000	0,9
20001	30000	1
30001	50000	1,1
50001	100000	1,2
Oltre 100000		1,3

*Tab. 4.7: Valori fattore M*

<b>Fattore P</b>		
<b>Passeggeri annui</b>		
<b>Da</b>	<b>A</b>	<b>Valore di P</b>
0	250000	0,6
250000	500000	0,7
500000	1000000	0,8
1000000	2000000	0,9
2000000	4000000	1
4000000	7000000	1,1
Oltre 7000000		1,2

*Tab. 4.8: Valori fattore P*

<b>Fattore T</b>		
<b>Tonnellate di merce annue</b>		
<b>Da</b>	<b>A</b>	<b>Valore di T</b>
0	2000	0,7
2000	5000	0,8
5000	10000	0,9
10000	20000	1
20000	50000	1,1
50000	100000	1,2
Oltre 100000		1,3

Tab. 4.9: Valori fattore  $T$

#### 4.4.2) La flotta degli aerei: fattore $K_2$

La tipologia di flotta operante sull'aeroporto è un fattore molto importante nell'analisi di impatto acustico. I dati raccolti consultando IRCA (International Register of Civil Aircraft), hanno permesso di effettuare una classificazione in base alla rumorosità degli aerei civili operanti sugli aeroporti italiani.

In base a diverse direttive comunitarie, gli aerei che volano ad oggi nei cieli italiani sono tutti classificati come Chapter 3 dell'Annesso 16 dell'ICAO. Sono state seguite le indicazioni dell'Attachment A dell'Annesso 16, che analizza la rumorosità di un aereo in base al suo peso al decollo (MTOW: Maximum Take-Off Weight) da tre punti specifici (Fig. 4.4):

- il Punto di Sorvolo (Flyover measurement point) situato a 6,5 chilometri lungo l'asse della pista dal punto di inizio rullaggio;
- il Punto di misura laterale (Lateral Measurement point) situato lungo una linea parallela all'asse della pista distante 450 metri dalla pista stessa (punto utilizzato per le misure acustiche in fase di decollo);
- il Punto di atterraggio (Approach measurement point) situato sull'estensione dell'asse della pista a 2000 metri dal punto di contatto.

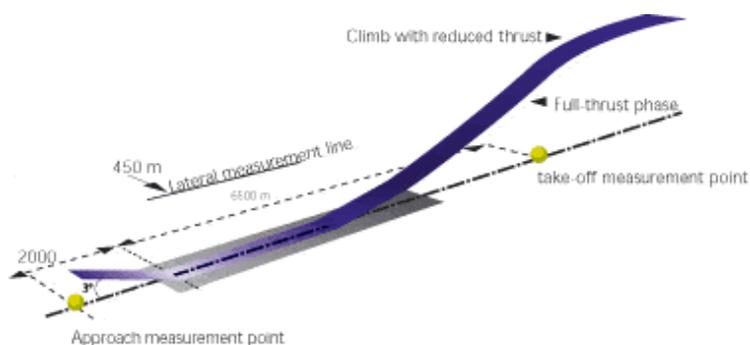


Fig. 4.4: Punti di misura – Annex 16

Sono state anche confrontate le singole impronte acustiche degli aerei e le date di approvazione del certificato di Aeronavigabilità del prototipo per l'aeromobile considerato.

Sulla scia di queste indicazioni è stata costruita la tabella 4.10 con la classificazione acustica dei principali aerei operanti in Italia, suddivisi in tre fasce a basso, medio e alto impatto acustico.

**TABELLA CLASSIFICAZIONE AEROMOBILI**

<b>Nome Commerciale Aeromobile</b>	<b>MTOW(kg)</b>	<b>Motori</b>	<b>Chapter</b>	<b>P.to di Sorvolo (dBA)</b>	<b>P.to Laterale (dBA)</b>	<b>P.to di atterraggio (dBA)</b>	<b>Impatto</b>
Aerospatiale ATR 42-500	18600	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Aerospatiale ATR 72-200 e sim.	22500	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Airbus A319	70000	2	3	91,17	96,57	100,33	Medio
Airbus A320	68000	2	3	91,00	96,46	100,23	Medio
Airbus A321	89000	2	3	92,56	97,46	101,14	Medio
Airbus A330	218000	2	3	97,73	100,77	104,15	Alto
Airbus A340	260000	4	3	103,74	101,42	104,75	Alto
Antonov 26	24000	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Boeing 727-RR	63900	3	3	93,65	96,23	100,02	Medio
Boeing 737-400	67500	2	3	90,96	96,44	100,21	Medio
Boeing 737-700	71435	2	3	91,29	96,65	100,40	Medio
Boeing 737-800	79016	2	3	91,87	97,02	100,74	Medio
Boeing 747-200	368316	4	3	105,76	102,71	105,92	Alto
Boeing 747-300	377842	4	3	105,88	102,80	106,00	Alto
Boeing 747-400	394625	4	3	106,00	102,96	106,15	Alto
Cessna 550	6713	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Cessna C150	750	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Cessna C152	758	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Dassault Falcon 10	8755	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
<b>Nome Commerciale Aeromobile</b>	<b>MTOW(kg)</b>	<b>Motori</b>	<b>Chapter</b>	<b>P.to di Sorvolo (dBA)</b>	<b>P.to Laterale (dBA)</b>	<b>P.to di atterraggio (dBA)</b>	<b>Impatto</b>
Dassault Falcon 20	13000	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Dassault Falcon 50	17600	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Dassault Falcon 100	14515	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso

Dassault Falcon 2000	16238	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Dornier 328	15200	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Embraer 145	19047	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Fokker F28-100	45810	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Learjet 25 C	6804	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
McDonnell Douglas MD11	283720	3	3	102,25	101,74	105,04	Alto
McDonnell Douglas MD80	63000	2	3	90,56	96,18	99,97	Medio
McDonnell Douglas MD81	63000	2	3	90,56	96,18	99,97	Medio
McDonnell Douglas MD82	66150	2	3	90,84	96,36	100,14	Medio
McDonnell Douglas MD83	66150	2	3	90,84	96,36	100,14	Medio
McDonnell Douglas MD87	66150	2	3	90,84	96,36	100,14	Medio
McDonnell Douglas MD88	67050	2	3	90,92	96,41	100,18	Medio
Piper PA 28	1135	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Piper PA 32	1545	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Siai Marchetti S205	1100	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Siai Marchetti S208	1350	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Siai Marchetti S212	2900	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso
Tupolev 204	26000	2	3	89,00	94,00	98,00	Basso

*Tab. 4.10: Classificazione aerei*

Per un aereo non presente in tabella, la sua “fascia acustica” di competenza può essere individuata in base al peso al decollo MTOW: sempre seguendo l’attachement A dell’Annex 16, l’impatto acustico è da considerarsi basso per MTOW minore di 48000 kg, medio per MTOW tra 48000 kg e 200000 kg, e alto per MTOW maggiore di 200000 kg.

La data del certificato di Aeronavigabilità è molto importante perché gli aerei più vecchi del Chapter 3 (come ad esempio il McDonnell Douglas DC9-MD80) sono molto rumorosi a prescindere dall’MTOW, quindi se il certificato è anteriore al 1 Gennaio 1985, l’aereo in questione è da classificarlo nella fascia Alta Rumorosità.

<b>Basso</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	<b>Fascia</b>
<b>0% - 25%</b>	<b>0% - 25%</b>	<b>0% - 25%</b>	<b>A</b>
<b>26% - 50%</b>	<b>26% - 50%</b>	<b>26% - 50%</b>	<b>B</b>
<b>51% - 75%</b>	<b>51% - 75%</b>	<b>51% - 75%</b>	<b>C</b>
<b>76% - 100%</b>	<b>76% - 100%</b>	<b>76% - 100%</b>	<b>D</b>

*Tab.  
4.11:  
Fasce  
di  
impatto*

*acustico*

Definita la classificazione, dai tabulati dei voli nelle tre settimane tipo si individuano gli aerei operanti e si suddivide la flotta in percentuale riferita agli aerei a basso, medio e alto impatto acustico. Con le percentuali ottenute (ad esempio 20% Basso, 50% Medio, 30 Alto) si individua, tramite la tabella 4.11, una terna di lettere (nel caso dell'esempio precedente risulterà: A-B-B). La composizione acustica della flotta viene quindi schematizzata con una sigla di tre lettere, che successivamente tramite la Tab. 4.12 ci fornisce il valore di  $K_2$ .

<b>Percentuale Impatto Acustico Flotta</b>				
<i>Basso</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>	<i>Peso</i>	<i>Valore <math>K_2</math></i>
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>20</b>	<b>1,35</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>18</b>	<b>1,3</b>
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>17</b>	<b>1,25</b>
<b>B</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>16</b>	<b>1,22</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>15</b>	<b>1,2</b>
<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>13</b>	<b>1,15</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>12</b>	<b>1,1</b>
<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>12</b>	<b>1,05</b>
<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>11</b>	<b>1</b>
<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>10</b>	<b>0,9</b>
<b>C</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>9</b>	<b>0,8</b>
<b>D</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>8</b>	<b>0,7</b>

*Tab. 4.12: Percentuale flotta*

Considerando le diverse combinazioni che si possono verificare, per ogni particolare schema avremo un preciso valore di  $K_2$ . La combinazione percentuale che ha per valore di  $K_2 = 1$  è B-B-A., assegnata in base ad analisi statistiche sulle diverse configurazioni delle flotte conosciute.

L'ordine di importanza e di impatto acustico di ogni combinazione scaturisce da considerazioni effettuate sulle fasce percentuali di ognuna delle tre tipologie acustiche calcolata in base alla Tab. 4.13.

PESI SINGOLE FASCE DI IMPATTO					
Configurazione Flotta			Impatto acustico		
Range Percentuale		Fascia	Basso	Medio	Alto
0	25	A	4	4	3
25	50	B	3	5	6
50	75	C	2	6	9
75	100	D	1	7	12

*Tab 4.13: Pesi per fascia di impatto*

Il peso totale della configurazione è la somma dei singoli pesi di ogni particolare fascia, e ricordando l'esempio precedente, cioè per la terna A-B-B, il peso totale è: 4 (fascia A a basso impatto) + 5 (fascia B a medio impatto) + 6 (fascia B ad alto impatto) = 15 (peso totale impatto acustico flotta con configurazione A-B-B).

#### *4.4.3) Trend dei dati di traffico: fattore $K_3$*

Il fattore  $K_3$  tiene conto della futuribilità dell'aeroporto prendendo in considerazione gli sviluppi dell'aeroporto stesso, confrontando i valori (n° passeggeri, n° movimenti, tonnellate merci) dell'anno considerato con quelli dell'anno precedente, e ci dà quindi una stima sul trend di traffico dell'aeroporto.

Il valore  $K_3$  è il prodotto di tre fattori che riguardano ciascuno il trend di passeggeri ( $\Delta P$ ), di movimenti ( $\Delta M$ ) e di tonnellate di merci ( $\Delta T$ ). In base ai valori percentuali di aumento o diminuzione dei valori di questi dati tra l'anno analizzato e l'anno

precedente, si possono ritrovare nelle tabelle 4.14, 4.15 e 4.16 i valori delle tre variabili predette, che moltiplicate tra di loro danno come risultato  $K_3$ , come indicato nella formula seguente:

$$K_3 = \Delta P \times \Delta M \times \Delta T \quad (4.10)$$

Trend Passeggeri	%		Valore fattore $\Delta P$
Oltre il	-25		0,9
Tra -25	E	-15	0,93
Tra -15	E	-5	0,96
Tra -5	E	5	1
Tra 5	E	15	1,04
Tra 15	E	25	1,07
Oltre il	25		1,1

*Tab 4.14: Trend Passeggeri*

Trend Movimenti	%		Valore fattore $\Delta M$
Oltre il	-25		0,9
Tra -25	E	-15	0,93
Tra -15	E	-5	0,96
Tra -5	E	5	1
Tra 5	E	15	1,04
Tra 15	E	25	1,07
Oltre il	25		1,1

*Tab. 4.15: Trend movimenti*

Trend Merci (Tons)	%		Valore fattore $\Delta T$
Oltre il	-25		0,9
Tra -25	E	-15	0,93
Tra -15	E	-5	0,96
Tra -5	E	5	1
Tra 5	E	15	1,04
Tra 15	E	25	1,07
Oltre il	25		1,1

Tab 4.16: Trend Tonnellate di merci

#### 4.4.4) Stagionalità dell'aeroporto: fattore $K_4$

Alcuni aeroporti hanno un volume di traffico pressoché costante durante tutto il periodo dell'anno; ciò significa che i movimenti giornalieri sono sempre molto vicini al movimento giornaliero medio (movimenti annui diviso 365).

Altri aeroporti invece sono caratterizzati da una disomogeneità nella distribuzione del traffico durante l'anno; essi sono soprattutto aeroporti situati in località turistiche che in estate hanno un notevole incremento di movimenti, soprattutto di voli charter. Questi aeroporti sono definiti a carattere stagionale.

E' importante quindi definire il grado di stagionalità del traffico sull'aeroporto che stiamo analizzando, al fine di penalizzare chiaramente gli aeroporti con alta stagionalità e di premiare invece gli aeroporti con stagionalità bassa o pressoché nulla.

Il fattore  $K_4$  è il risultato del prodotto di tre fattori:

$$K_4 = S \times G_1 \times G_2 \quad (4.11)$$

Dove:

- S è il massimo dei movimenti giornalieri;
- $G_1$  e  $G_2$  i confronti tra i movimenti nelle tre settimane tipo.

Il coefficiente S si ricava, tramite la Tab.4.17 dove va considerato il rapporto tra il numero massimo di movimenti giornaliero e il numero medio di movimenti giornaliero.

Valore Rapporto		Fattore S
Tra 1	E 1,2	0,9
Tra 1,2	E 1,4	1
Tra 1,4	E 1,6	1,1
Tra 1,6	E 1,8	1,2
Tra 1,8	E 2	1,3
Maggiore	di 2	1,4

Tab. 4.17: Valore fattore S

Le costanti  $G_1$  e  $G_2$  riguardano, come già detto, il numero di voli nelle tre settimane tipo. Il procedimento per l'individuazione dei valori prevede inizialmente di calcolare la media dei voli in un giorno per ognuna delle tre settimane tipo;  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ . Di questi tre valori prendiamo quello centrale, compreso tra gli altri due, e si ipotizzi ad esempio che esso sia  $M_2$ ; ora passiamo alla valutazione dello scostamento percentuale tra questo valore mediano e gli altri due, cioè  $M_1$  e  $M_3$ . In base ai valori percentuali calcolati, andiamo ad individuare sulle tabelle 4.18 e 4.19 l'entità dei coefficienti  $G_1$  e  $G_2$ , e da qui calcoliamo  $K_4$  che ricordiamo essere il risultato del prodotto dei tre termini trovati  $S$ ,  $G_1$  e  $G_2$  come indicato nella formula (4.11).

Scostamento Percentuale di $M_1$ da $M_2$	Valore di $G_1$	
maggiore del	25%	1,2
Tra il 25 e il	10%	1,15
Tra il 20 e il	15%	1,12
Tra il 15 e il	10%	1,08
Tra il 10 e il	5%	1,05
Tra il 5 e il	0%	1
Tra il 0 e il	-5%	1
Tra il -5 e il	-10%	1,05
Tra il -10 e il	-15%	1,08
Tra il -15 e il	-20%	1,12
Tra il -20 e il	-25%	1,15

Tab. 4.18: Valori di  $G_1$

Scostamento Percentuale di $M_1$ da $M_3$	Valore di $G_2$	
maggiore del	25%	1,2
Tra il 25 e il	10%	1,15
Tra il 20 e il	15%	1,12
Tra il 15 e il	10%	1,08
Tra il 10 e il	5%	1,05
Tra il 5 e il	0%	1
Tra il 0 e il	-5%	1
Tra il -5 e il	-10%	1,05
Tra il -10 e il	-15%	1,08
Tra il -15 e il	-20%	1,12
Tra il -20 e il	-25%	1,15

minore del	-25%	1,2
------------	------	-----

Tab. 4.19: Valori di  $G_2$

4.4.5) Fattore di riempimento: fattore  $K_5$

L'analisi ora si sposta su considerazioni basate sulla "qualità" di ogni movimento che avviene nell'aeroporto, e in particolare sullo sfruttamento dei movimenti rispetto ai passeggeri e alle merci.

Per fare ciò il fattore corrispondente  $K_5$  è stato individuato come il prodotto di due fattori, chiamati  $S_m$  e  $S_t$ , che sono il risultato di considerazioni fatte sui rapporti tra Passeggeri annui e Movimenti annui e tra Tonnellate di merce annue e Movimenti annui. Sono riportate le tabelle per l'individuazione dei fattori che costituiscono  $K_5$ . La sua espressione è:

$$K_5 = S_m \times S_t$$

<b>Passeggeri</b>	{	Sfruttamento	inim	Med.	Massim
		Rapporto :	Pax/movi	Pax/movim	Pax/movim
		Meno	di	Tra	Piu di
		50	50	Tra 65	80
		E 65	E 80		
<b><math>S_p</math></b>	1,2	1,1	0,9	0,8	

Tab. 4.20: Valori di  $S_p$

<b>Merci</b>	{	Sfruttamento	Minimo	Med.Basso	Med. Alto	Massim
		Rapporto:	ton/movi	ton/movi	ton/movi	ton/mov
		Tra 0	Tra 0,2	Tra 0,5	Piu di	
		E 0,2	E 0,5	E 0,8	0,8	
		<b><math>S_m</math></b>	1,2	1,1	0,9	0,8

Tab. 4.21: Valori di  $S_m$ .

Premiamo quindi gli aeroporti che a parità di passeggeri trasportati, e a parità di merci trasportate, hanno meno movimenti; cioè offrono lo stesso servizio con minori movimentazioni degli aeromobili e quindi minore inquinamento acustico.

#### *4.4.6) Dimensione del sedime dell'aeroporto: fattore $K_6$*

Il sedime aeroportuale è la superficie delimitata di terreno, inclusa ogni costruzione o equipaggiamento, usata in tutto o in parte per l'arrivo, la partenza e la movimentazione degli aeromobili e per tutte le attività aeroportuali, in pratica è tutta la zona recintata che può essere definita aeroporto, zona di proprietà della società che gestisce lo scalo, compresi ad esempio i parcheggi per le auto.

Nelle mappature acustiche solitamente si verifica che la zona C si trova all'interno del sedime aeroportuale, e a volte anche parte della zona B; in particolare comunque la zona C deve essere per legge interna al sedime secondo il D.M 31/10/1997 nel quale si impone che la suddetta zona sia compresa all'interno della superficie utilizzata per "le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali".

Capiamo quindi quanto sia importante la dimensione del sedime rispetto alla dimensione delle isolelivello (e quindi rispetto al volume di traffico), poiché all'interno di esso non vi sono abitazioni e quindi non vi è alcun inquinamento acustico per la popolazione [DM 20/05/1999]; vanno quindi premiati nell'elaborazione del fattore  $K_6$  gli aeroporti che hanno un rapporto basso tra movimenti e Area del sedime.

Nella tabella 4.22 in base al valore di questo rapporto si può individuare direttamente il valore del fattore  $K_6$ , considerando che l'estensione del sedime è espressa in ettari.

Valori Del Rapporto  
Movimenti/Area Sedime

Valore Del  $K_6$

Minore di	50	0,8
Tra 50 e	100	0,9
Tra 100 e	150	1
Tra 150 e	200	1,1
Tra 200 e	250	1,2
Maggiore di	250	1,3

Tab. 4.22: Valori di  $G_2$

#### 4.4.7) Vie di comunicazione nell'intorno aeroportuale: fattore $K_7$

La popolazione che subisce il disturbo delle operazioni aeroportuali è quella che vive nei pressi dell'aeroporto e lungo le traiettorie di decollo e atterraggio degli aeromobili, cioè la popolazione del cosiddetto intorno aeroportuale, delimitata dalla isolivello a 60 dB(A).

Analizzando quest'area dobbiamo effettuare alcune considerazioni sulle altre sorgenti acustiche del settore dei trasporti (che sono quelle più continue nell'arco delle 24 ore) di questa zona quali ferrovie, autostrade, strade statali ecc..

In questo fattore facciamo confluire, oltre alle vie di comunicazione, anche altre sorgenti fisse importanti generiche (come possono essere ad esempio impianti industriali particolarmente rumorosi). In base alla configurazione di queste sorgenti nell'intorno aeroportuale, il fattore  $K_7$  assume determinati valori. Ogni sorgente ha un numero di riferimento, in base al suo grado di inquinamento; si effettua la somma dei contributi dati dalle diverse sorgenti ed il risultato di questa somma è il fattore R. I valori da assegnare alle sorgenti presenti sono i seguenti (Tab. 4.23):

Tipo di Sorgente e suo contributo numerico (R)				
Strade	Autostrade	5	Ferrovia	4
	Extraurbane principali	3	Importanti Impianti Industriali o altre sorgenti fisse acusticamente rilevanti	2
	Extraurbane secondarie	2		
	Urbane	1		

*Tab. 4.23: Pesi infrastrutture intorno aeroportuale*

Quindi se ad esempio nell'intorno aeroportuale dell'aeroporto in esame vi è una ferrovia, una strada urbana e una extraurbana principale, il fattore R sarà: 4 (ferrovia) + 1 (strada urbana) + 3 (extraurbana principale) = 8.

A ciascun valore del fattore R corrisponde un determinato valore del fattore  $K_7$  come è esplicitato nella tabella 4.24.

Valore fattore R	Valore fattore $K_7$
Maggiore di 12	0,6
Tra 10 e 12	0,7
Tra 7 e 9	0,8
6	0,9
5	1
3 e 4	1,1
Minore di 2	1,2

*Tab. 4.24: Valori del fattore  $K_7$*

Section headings should be centered on the page, numbered and in capital letters only. The type, fonts, and style above (ARIAL, 12-point bold) give an example of a section heading. Spacing is provided by the template. Do not underline section headings.

## 2.3 Subsection Headings

Subheadings should be centered on the page and numbered. The font is Arial, 12-point bold. Spacing is provided by the template. The first letter of each word in the subheading is capitalized.

### Subsubsection Headings

Subsubheadings should be centered on the page and without numbering. The font is Arial, 12-point normal. Spacing is provided by the template. The first letter of each word in the subsubheading is capitalized.

**Paragraph Headings** Paragraph Headings and paragraph text as shown. Spacing is provided by the template.

**Number of Pages** The manuscript must not exceed a maximum of ten pages (10 pages) in length for invited or contributed papers (no exceptions), and should not exceed twenty pages (20 pages) for distinguished lecturer's papers. Shorter papers are also acceptable.

**Proofreading** Proofread your manuscript carefully. You are responsible for proofreading and correcting your manuscript before submitting it for publication. There will be no further proofreading or opportunities for changes.

**References** References in the manuscript should be numbered in order of appearance in the text starting with [1]. To save space, references must be typed in 10-point. All references should appear at the end of the paper. An example of the proper format for references is given at the end of this document.

**Equations** Equations should be centered and preferably made with the equation environment. The following is an example equation. Equation numbers should be right justified on the page and numbered consecutively beginning with (1). Equations should be separated from the main body of text by a single line of spacing, before and after.

$$L_{eq} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N 10^{L_{x_i}/10} \quad (1)$$

**Units** The use of SI units is strongly recommended, and mixed units must be avoided.

**Tables** All tables must be suitably reduced in size to fit on the page and must be individually numbered and captioned. Page breaks within a table are not allowed.

**Table Captions** All tables must be individually numbered and captioned. Table captions are to be positioned at the top of the table.

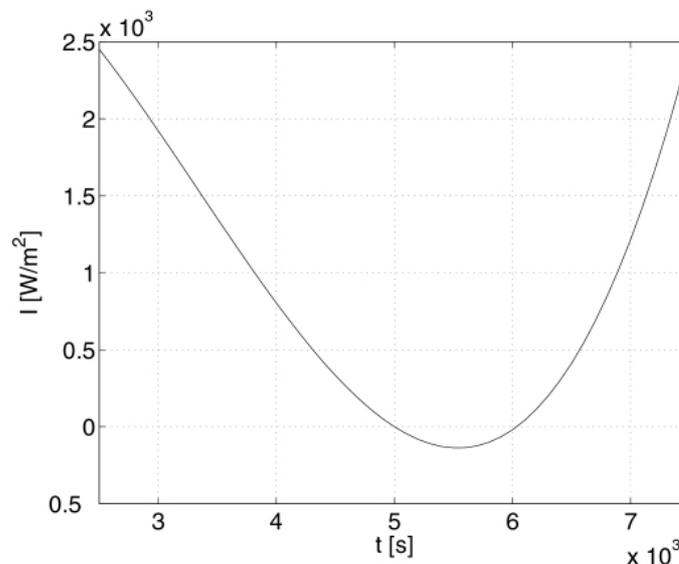
*Table 1: This is a table caption.*

item 1	item 2	item 3
Description 1	123	456

Description 2	234	567
---------------	-----	-----

**Figures** All illustrations (line drawings, charts, plots, etc.) must be suitably reduced in size to fit on the page. All figures must be individually numbered and captioned. Illustrations must be sharp and clear. Labels of axes or any other type of letters within the figure must be at least 10 pt. Please use color if necessary or beneficial. Please note that there will be no charge for the use of color since the proceedings will be published in the form of a CD-ROM.

**Figure and Photograph Captions** Must be typed in 10-point Times New Roman Italic font. Captions for figures and photographs are to be positioned below the figure.



*Figure 1: Example of a figure with caption.*

**Photographs** You need to reduce your photos and place them in the text where you want them to appear. Do not use high-resolution pictures since this will increase the size of your final PDF file.

**Illustration Location and Lettering Size** The illustrations suitably reduced in size should preferably be located within the text material, but may be located at the end of all text material. The illustrations and captions should be legible without having to turn the manuscript 90 degrees. The letter size within illustrations must be at least 10 pt.

**Footers, Headers, page numbers** Do not insert any headers, footers or page numbers. They will be added during the preparation of the CD-ROM and the printing.

### 3. OTHER IMPORTANT INSTRUCTIONS REGARDING YOUR MANUSCRIPT

#### 3.1 Submission Deadlines

**Manuscripts must be received as a unprotected PDF file (Adobe Portable Document Format) not later than 30 April, 2005.** Please submit your complete paper in PDF format

using the online submission facility on the official congress website <http://www.internoise2005.org.br> The size of the PDF file should not exceed 1 megabyte.

### **3.2 Final Acceptance**

The Congress Technical Committee has the right to reject papers considered inappropriate for the Proceedings, even if the abstract originally appeared to be acceptable.

### **3.3 Official Language**

Please note that the official language of submitted papers and presentations of Internoise 2005 is English.

### **3.4 Presentation Time**

#### **Keynote Papers**

The presentation time for keynote addresses will be **60 minutes** including a period reserved for questions and debate.

#### **Invited and Contributed Papers**

Each presentation will be **20 minutes** in total length (**15 minutes for the presentation**, 3 minutes for questions and 2 minutes for changeover). **Make sure that you are able to stay within these time limits.**

### **3.5 Mandatory registration of authors**

At least one author of each paper must register by 30 April 2005. This registered author may present and publish other papers that are not covered by another registration by paying the corresponding extra paper fees. Please note that the final acceptance of your paper will be dependent on a review by the Internoise 2005 Technical Committee and on the receipt of the corresponding fee.

#### **4. SUMMARY AND/ OR CONCLUSIONS**

Following the main body of the text, the last section of the paper is normally the SUMMARY and/ or CONCLUSIONS, and should be labeled as such.

#### **5. ACKNOWLEDGEMENTS**

If desired acknowledgements can be included, but please keep them brief.

#### **6. REFERENCES**

- [1] S. Kim and R. Singh, Vibration Transmission Through an Isolator Modelled by Continuous System Theory, *Journal of Sound and Vibration* **248**(5), 925-953, 2001
- [2] F.J. Fahy and J.G. Walker, *Fundamentals of Noise and Vibration*, E & FN Spon, New York, 1998
- [3] I. van Kamp, S. Job, S. Stansfeld, J. Hatfield and M. Haines, The role of noise sensitivity in the noise-response relationship, *Proc. 33<sup>rd</sup> Internoise*, Prague, Czech Republic, 2004