

## **ARPA Lombardia – Settore Monitoraggi Ambientali**

# **Stima delle curve del livello di valutazione del rumore aeroportuale ( $L_{VA}$ ) per l'aeroporto di Linate Anno 2012**

**Relazione redatta da:**

**Roberta Pollini**



---

**Emanuele Galbusera**

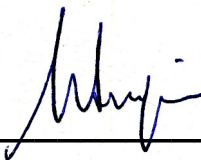


---

**Verificata da:**

**Responsabile U.O. Agenti Fisici e Radioprotezione**

**Silvana Angius**



---

## Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO INM .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Caratterizzazione dell'aeroporto e delle rotte .....</i></b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Periodo di riferimento .....</i></b>	<b>8</b>
2.2.1	<i>Database di traffico e criteri di validazione .....</i>	8
2.2.2	<i>Scelta delle tre settimane di maggior traffico.....</i>	10
<b>2.3</b>	<b><i>Dati meteo .....</i></b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Dati di traffico - Profili e Stage.....</i></b>	<b>13</b>
2.4.1	<i>Profili di decollo .....</i>	13
2.4.2	<i>Profili di atterraggio .....</i>	13
2.4.3	<i>Determinazione dello Stage.....</i>	13
<b>2.5</b>	<b><i>Utilizzo di INM .....</i></b>	<b>14</b>
2.5.1	<i>Modalità di assegnazione del traffico .....</i>	14
2.5.2	<i>Definizione di giorno medio.....</i>	14
2.5.3	<i>Definizione del dominio di calcolo.....</i>	15
<b>3</b>	<b>RISULTATI PRODOTTI PER L'INDICATORE L<sub>VA</sub>.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Curve di isolivello.....</i></b>	<b>16</b>

## GLOSSARIO DEGLI ACRONIMI

<i>AIP</i>	Aeronautical Information Publication
<i>ARP</i>	Aerodrome Reference Point
<i>ASCII</i>	American Standard Code for Information Interchange
<i>DBF</i>	Data Base File
<i>DUSAF</i>	Destinazione d'Uso del Suoli Agricoli e Forestali
<i>ECAC</i>	European Civil Aviation Conference
<i>EPNL</i>	Effective Perceived Noise Level
<i>FAA</i>	Federal Aviation Administration
<i>ICAO</i>	International Civil Aviation Organization
<i>IGM</i>	Istituto Geografico Militare
<i>INM</i>	Integrated Noise Model
<i>L<sub>DEN</sub></i>	Day-Evening-Night equivalent sound Level
<i>L<sub>MAX</sub>, L<sub>AFMax</sub></i>	Maximum Noise Level
<i>L<sub>NIGHT</sub></i>	Night-time Noise Level
<i>L<sub>VA</sub></i>	Livello di Valutazione del rumore Aeroportuale
<i>MySQL</i>	My Structured Query Language
<i>NMPLLOT</i>	Noise Model Plot
<i>NPD</i>	Noise Power Distance
<i>PERL</i>	Practical Extraction and Reporting Language
<i>PTA</i>	Presidio Tecnico Aeroportuale
<i>SEA</i>	Società Esercizi Aeroportuali
<i>SEL</i>	Sound Exposure Level
<i>SID</i>	Standard Instrument Departure
<i>TAS</i>	True Airspeed
<i>VOR</i>	VHF Omni-directional radio Range

# 1

## INTRODUZIONE

Questa relazione descrive la determinazione e l'analisi delle curve di isolivello dell'indice  $L_{VA}$  del rumore aeroportuale relativamente all'anno 2012 per lo scalo di Linate. È opportuno precisare che le curve di isolivello qui riportate non sono le curve che la Commissione Aeroportuale deve determinare ai sensi del DM 31 ottobre 1997 art. 5, ma rappresentano il risultato degli studi e delle elaborazioni di ARPA Lombardia effettuati per l'aggiornamento annuale delle curve di isolivello  $L_{VA}$  nell'intorno degli aeroporti civili ai sensi dell'art.14 comma 3 L.R. 13/01.

La determinazione delle curve di isolivello è stata effettuata tramite il software I.N.M. ver. 7.0b.

## 2

# IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO INM

Lo studio è stato effettuato mediante il software di previsione dell'impatto acustico per il rumore aeroportuale INM (Integrated Noise Model, versione 7.0b) della Federal Aviation Administration. L'Integrated Noise Model (INM) è stato sviluppato dalla Federal Aviation Administration (FAA) negli Stati Uniti, allo scopo di calcolare le curve di isolivello, relative ad indicatori acustici opportunamente scelti, nei pressi di impianti aeroportuali. I risultati ottenuti con INM possono dunque essere utilizzati al fine di indirizzare la pianificazione territoriale in funzione dei problemi connessi all'inquinamento acustico.

INM è un modello statistico, fornisce cioè una stima mediata sul lungo periodo, basandosi su un giorno medio caratterizzato da valori medi di numero e tipologia di operazioni aeree, nonché di temperatura, pressione e vento. Al fine di calcolare le curve di isolivello, il modello procede in un primo momento alla determinazione del livello di rumore generato dai singoli movimenti dei singoli velivoli presso una griglia di punti attorno all'aeroporto, in un secondo momento realizza la somma o composizione dei livelli di rumore presso i rispettivi punti in accordo alla formulazione dell'indice scelto e infine effettua un'interpolazione e il tracciamento delle curve relative al descrittore scelto.

Le caratteristiche statiche di uno scenario, come per esempio le coordinate e la quota dell'aeroporto e delle estremità delle piste, le traiettorie di atterraggio e decollo, etc., sono identificate in INM dallo studio (ingl. "Study").

## **2.1 Caratterizzazione dell'aeroporto e delle rotte**

Lo studio è stato impostato tramite la definizione delle caratteristiche principali dell'aeroporto di Linate: quota e coordinate dell'ARP, coordinate delle piste e metodologia di utilizzo delle stesse, localizzazione di punti interessanti ai fini dello studio (VOR).

Le rotte considerate sono quelle realmente percorse dagli aeromobili, ricavate dall'analisi delle battute del radar di Linate.

La preparazione dei dati di input dello scenario è stata effettuata attraverso uno script automatico che, all'interno del Sistema Informativo Dati Aeroportuali (SIDAC), estrae i voli validati<sup>1</sup>, assegna a ciascun volo il profilo e lo *stage* corretto a seconda dell'aeromobile, assegna il volo al periodo corretto (diurno o notturno) e riversa tutti i dati ottenuti nei file di input di traffico di INM. Contestualmente, per ciascuna operazione, vengono estratte dal SIDAC le informazioni geografiche della rotta percorsa. Queste vengono convertite in coordinate relative all'ARP dell'aeroporto in esame e riversate nei file di input di INM che contengono le informazioni sulle tracce.

Per quanto riguarda lo *stage*, si sono utilizzati i dati resi disponibili dal gestore aeroportuale che ha fornito i valori di peso massimo al decollo per le principali tipologie di aeromobile che sono decollate dall'aeroporto di Linate nel corso del 2012.

Per i profili di decollo si è utilizzato il profilo "ICAO A" laddove previsto nel database di INM e indicato dalla compagnia aerea; in caso contrario si è utilizzato il profilo "STANDARD", corrispondente alla procedura "close in" secondo la definizione del documento PANS OPS 8168 ICAO. Maggiori dettagli sono riportati nel paragrafo 2.4 Dati di traffico - Profili e Stage.

---

<sup>1</sup> La procedura di validazione avviene sulle singole battute radar, sulla base delle caratteristiche spazio temporali della traiettoria (cfr. paragrafo 2.2.)

## 2.2 Periodo di riferimento

Lo scenario elaborato per l'aeroporto di Linate si basa sui dati relativi all'anno 2012. È stato calcolato l'indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA,r}$ , come definito nel DM del 31/10/1997.

Le tre settimane di riferimento, rispettivamente nei periodi primaverile, estivo ed invernale<sup>2</sup>, sono state calcolate partendo dal numero di movimenti giornalieri validati presenti nel SIDAC. Per movimenti validati si intendono tutte le operazioni di decollo e atterraggio che sono state identificate e caratterizzate completamente a partire dai dati radar forniti. I criteri di validazione dei dati di traffico sono descritti in seguito.

### 2.2.1 Database di traffico e criteri di validazione

I dati di traffico sono stati organizzati all'interno di un sistema informativo<sup>3</sup> (SIDAC) progettato *ex novo* da ARPA Lombardia nell'ambito del progetto CRISTAL. È stato creato un database per ogni aeroporto lombardo, ciascuno contenente, fra le altre, le tabelle riportate nello schema di **Tabella 2. 1**.

AEROPORTI	BATTUTE	VOLO	PISTE	AN_AIRCRAFT
<i>Id_aeroporto</i>	<i>Cod_volo</i>	<i>Cod_volo</i>	<i>Id_aeroporto</i>	<i>ICAO_type</i>
<i>Nome</i>	<i>ora</i>	<i>Data</i>	<i>Nome_pista</i>	<i>INM_type</i>
<i>Latitudine</i>	<i>X_m</i>	<i>Ora</i>	<i>Latitudine</i>	<i>IATA_type</i>
<i>Longitudine</i>	<i>Y_m</i>	<i>Aereo</i>	<i>Logitudine</i>	
<i>Quota</i>	<i>Z_m</i>	<i>Aeroporto_part</i>	<i>Quota</i>	
	<i>H_m</i>	<i>Aeroporto_dest</i>		
	<i>A_m</i>	<i>Operazione</i>		
	<i>Path</i>	<i>Pista</i>		
	<i>Vel</i>	<i>SID</i>		
	<i>Mod</i>	<i>Validazione_volo</i>		
	<i>Validation</i>	<i>Data_ora_italy</i>		
	<i>Ora_italy</i>			

**Tabella 2. 1:** Principali informazioni raccolte nei database relativi ai singoli aeroporti lombardi. Le intestazioni di colonna riportano le tabelle e le righe i rispettivi campi.

<sup>2</sup> Periodo primaverile: dal 1 febbraio al 31 maggio, periodo estivo: dal 1 giugno al 3° settembre, periodo invernale: dal 1 al 31 gennaio e dal 1 ottobre al 31 dicembre (DM 31/10/1997).

<sup>3</sup> Il sistema informativo è stato realizzato utilizzando il servizio di gestione database MySQL.



Oltre alle anagrafiche e alle coordinate degli ARP degli aeroporti e delle piste, è stata creata la tabella di corrispondenza *an\_aircraft* che contiene i diversi codici identificativi degli aeromodelli relativi a diversi standard in uso. Grazie alle informazioni raccolte nella tabella battute è stato possibile ricostruire la traiettoria tridimensionale percorsa (traccia radar) in corrispondenza di ciascun volo, associandola cioè ad uno specifico aeromobile, una specifica rotta, ecc.

La ricostruzione delle tracce radar a partire dalle battute ha richiesto delle elaborazioni *ad hoc* effettuate con l'ausilio di un GIS. Non in tutti i casi i dati a disposizione sono stati sufficienti per identificare una traccia reale e/o associarla ad un movimento realmente avvenuto. Analogamente, nella tabella voli le informazioni relative alla rotta associata al movimento sono state ricavate a posteriori da una analisi delle battute. Anche in questo caso, per le stesse ragioni dette sopra, non si è riusciti sempre ad associare al volo questa informazione.

Al fine di una maggiore garanzia del controllo della qualità dei dati è stato introdotto, quindi, un campo validazione in entrambe le tabelle, che ammette cinque possibili valori, corrispondenti a cinque livelli di affidabilità del dato, descritti in **Tabella 2. 2:**

VALORE	CLASSE DI QUALITÀ	CARATTERIZZAZIONE DEL VOLO (assegnazione pista e SID, aeromobile, orario, ecc)	RICOSTRUZIONE TRACCIA RADAR
Y	Validato classe I	SI	SI
L	Validato classe II	SI	SI (almeno 4 battute)
P	Non validato	NO (impossibilità di assegnare la pista)	SI
D	Non validato	SI	NO (meno di 4 battute)
N	Non validato	NO	NO

**Tabella 2. 2:** Classificazione e criteri di validazione dei dati di traffico nel DB ARPA.

I voli considerati non validati e classificati come "N" e "D" sono stati esclusi da tutte le elaborazioni successive, mentre i voli classificati come "L" sono stati inclusi nelle analisi del traffico e nelle simulazioni. I voli classificati come "P" sono stati analizzati manualmente uno ad uno per assegnare la pista.

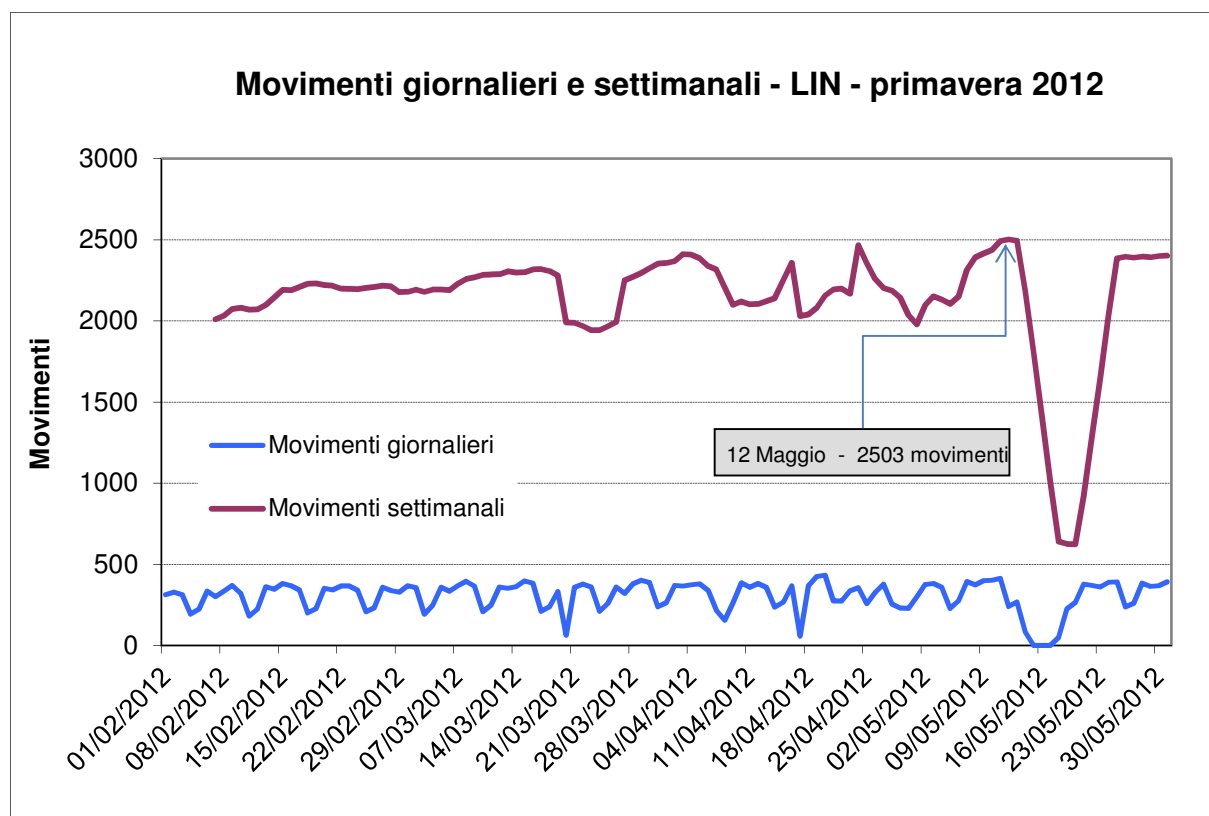
## 2.2.2 Scelta delle tre settimane di maggior traffico

In accordo con la normativa vigente, sono state individuate, per l'anno 2012, le tre settimane di maggior traffico, in termini di tre valori massimi assoluti (relativi ai tre periodi stagionali) della somma mobile su sette giorni calcolata come somma del numero di movimenti giornalieri del giorno corrente e dei sei precedenti.

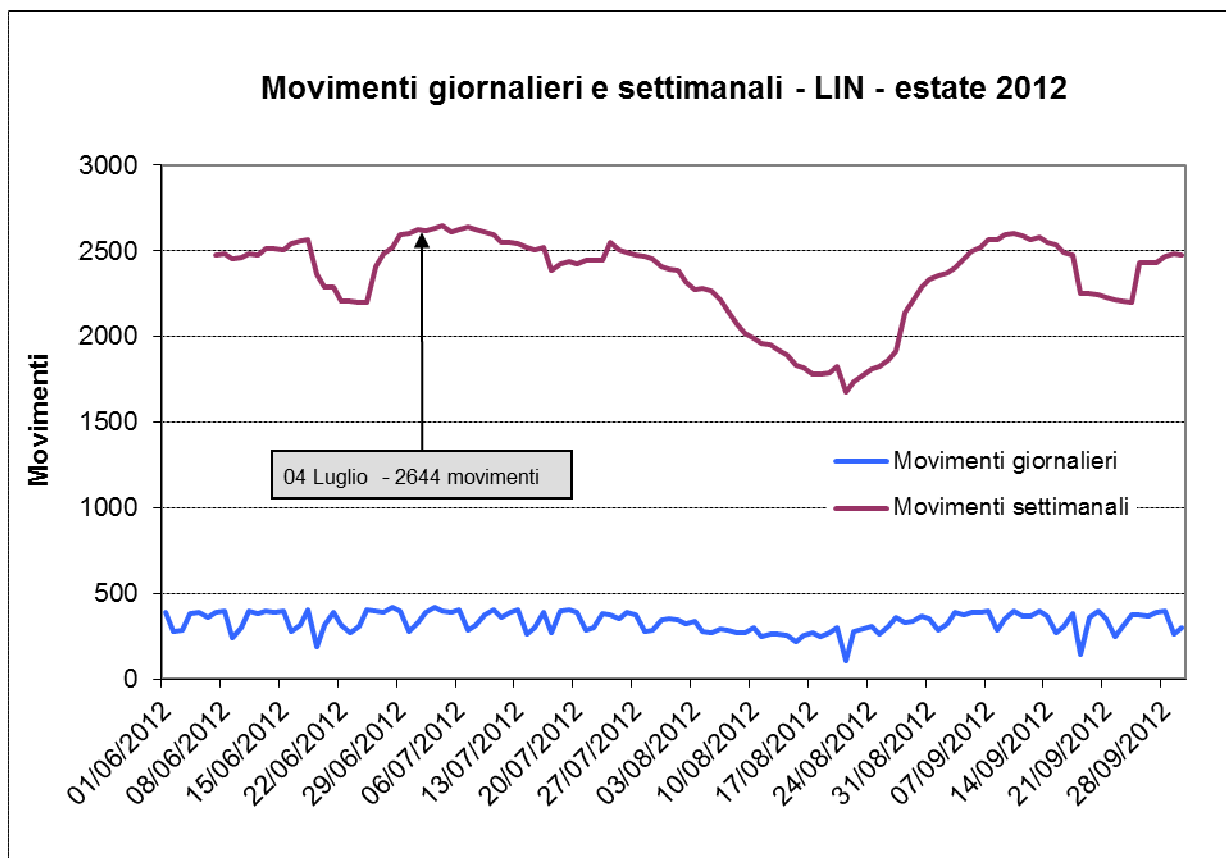
Le tre settimane di riferimento individuate per l'anno 2012 sono riportate in **Tabella 2.3** e le figure seguenti mostrano l'andamento dei movimenti settimanali e giornalieri all'interno dei tre periodi.

Periodo	Settimane di maggior traffico 2012	Numero di movimenti totali	Numero di movimenti validi
Primaverile	06 – 12 Maggio	2503	2503
Estivo	28 Giugno - 04 Luglio	2649	2644
Invernale	01 – 07 Ottobre	2375	2375

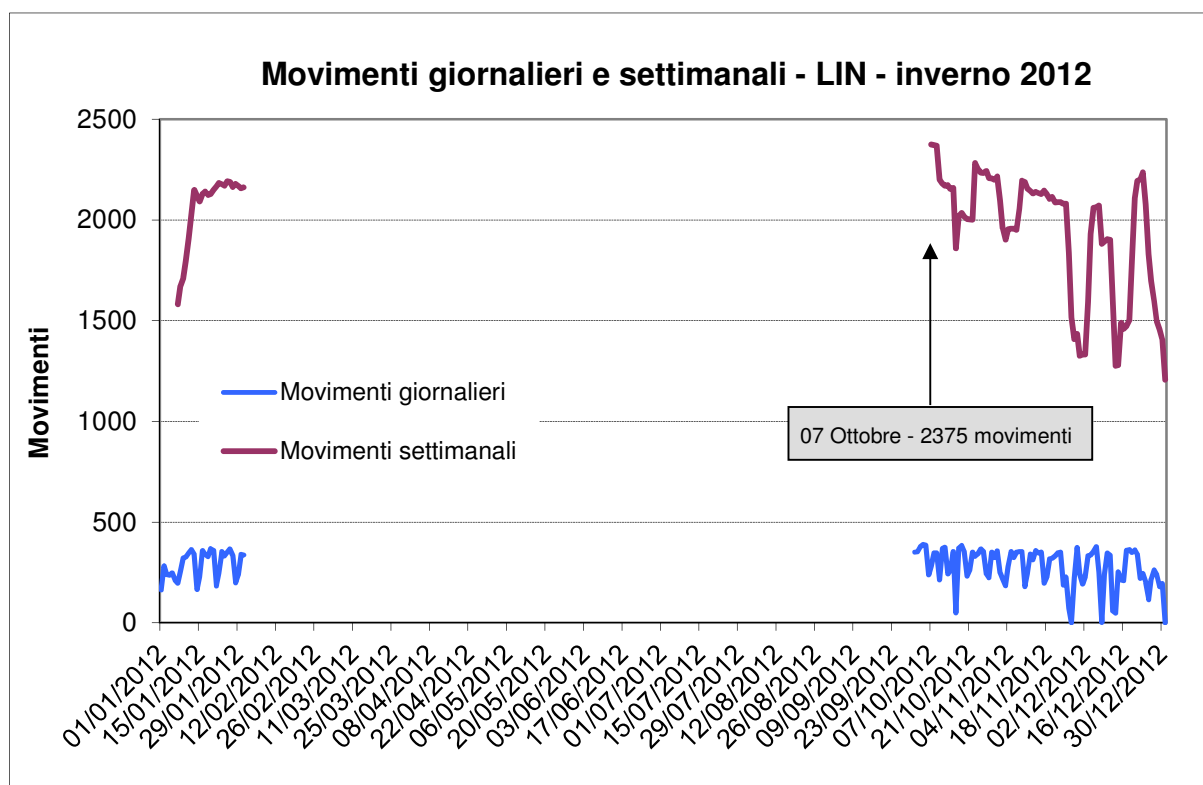
**Tabella 2.3** : Settimane a maggior traffico per il 2012



**Figura 2.1** : Movimenti giornalieri e settimanali – primavera 2012 (1 febbraio – 31 maggio; DM 31/10/1997).



**Figura 2.2 :** Movimenti giornalieri e settimanali – estate 2012 (1 giugno – 30 settembre; DM 31/10/1997).



**Figura 2.3 :** Movimenti giornalieri e settimanali – inverno 2012 (1-31 gennaio, 1 ottobre – 31 dicembre; DM 31/10/1997).

## 2.3 Dati meteo

I dati meteorologici utilizzati sono i valori orari di temperatura, pressione e umidità riferiti alla stazione ARPA di Milano via Juvara. La meteorologia di input richiesta da INM consiste nel set di valori mediati sul periodo di riferimento relativo al caso stesso. Essendo ogni caso corrispondente ad una settimana, a partire dalle medie orarie sono state ricavate le medie settimanali per temperatura, pressione e umidità (Tabella 2. 4).

	Data	Temperatura (°C)	Pressione (hPa)	Umidità [%]
Periodo primaverile	06/05/2012	13,9	992,1	77
	07/05/2012	15,4	996,2	62
	08/05/2012	15,9	1000,1	65
	09/05/2012	17,0	1000,9	62
	10/05/2012	20,1	1005,1	57
	11/05/2012	22,6	1005,8	53
	12/05/2012	23,3	999,9	51
	<b>Media settimanale</b>	<b>18,3</b>	<b>1000,0</b>	<b>61,0</b>
Periodo estivo	28/06/2012	25,7	996,4	45
	29/06/2012	26,4	995,9	48
	30/06/2012	26,8	996,6	42
	01/07/2012	27,8	995,5	39
	02/07/2012	25,1	994,7	55
	03/07/2012	22,6	995,7	58
	04/07/2012	22,8	994,0	62
	<b>Media settimanale</b>	<b>25,3</b>	<b>995,5</b>	<b>49,9</b>
Periodo invernale	01/10/2012	18,6	992,3	82
	02/10/2012	18,2	992,6	77
	03/10/2012	19,1	993,9	64
	04/10/2012	18,3	992,9	68
	05/10/2012	17,3	995,5	70
	06/10/2012	18,4	995,3	71
	07/10/2012	20,2	990,2	69
	<b>Media settimanale</b>	<b>18,6</b>	<b>993,2</b>	<b>71,6</b>

**Tabella 2. 4:** Parametri meteo di input relativi all'aeroporto di Linate nell'anno 2012 utilizzati per le simulazioni INM

## **2.4 Dati di traffico - Profili e Stage**

I dati relativi al traffico aereo utilizzati sono quelli reali nel periodo di riferimento. Essi sono organizzati secondo il modello di aereo, il tipo di operazione (decollo o atterraggio), la pista assegnata, il numero di operazioni nelle diverse fasce orarie (diurna, serale e notturna).

### **2.4.1 Profili di decollo**

Per i profili di decollo, è stato impostato il profilo "ICAO A" laddove previsto nel database di INM; in caso contrario si è utilizzato il profilo "STANDARD", corrispondente alla procedura "close in" secondo la definizione del documento PANS OPS 8168 ICAO.

### **2.4.2 Profili di atterraggio**

Si sono utilizzati i profili STANDARD per tutti gli aeromobili.

### **2.4.3 Determinazione dello Stage**

Gli *stage*<sup>4</sup> sono stati attribuiti alle principali tipologie di velivolo in base ai dati di peso massimo al decollo (mtow: maximum take off weight) forniti dai vettori relativamente all'intero anno 2012. Tali pesi sono stati mediati sul totale dei voli per ciascuna tipologia di aeromobile e in base al peso medio è stata individuata la classe di peso corrispondente nel database di INM a cui è associato un determinato stage. Agli aeromodelli non presenti nelle statistiche è stato attribuito lo stage più cautelativo.

---

<sup>4</sup> Lo stage del velivolo dipende dal tipo di aereo e dal suo peso al decollo (in prima approssimazione, dal carico di carburante e dunque dalla destinazione). Tale parametro risulta determinante nel computo del percorso di accelerazione al suolo in decollo e delle velocità e gradiente di salita iniziale. Stage bassi corrispondono a profili di decollo più ripidi che possono essere eseguiti da velivolo con carico ridotto.

## **2.5 Utilizzo di INM**

### **2.5.1 Modalità di assegnazione del traffico**

Ad ogni traccia bidimensionale del modello INM viene assegnato il traffico mediante uno script automatico che, accedendo al SIDAC, estrae i voli validati, assegna a ciascun volo il modello aereo, l'operazione ed il profilo corretto a seconda dell'aeromobile, assegna il volo al periodo corretto (diurno o notturno) e riversa tutti i dati ottenuti nei file di input di traffico di INM. In questo modo ad ogni volo cui corrisponde una traccia radar valida viene assegnata una e una sola traccia bidimensionale nel modello INM: per ciascuna operazione, vengono estratte dal SIDAC le informazioni geografiche della rotta percorsa. Queste vengono convertite in coordinate relative all'ARP dell'aeroporto in esame e riversate nei file di input di INM che contengono le informazioni sulle tracce. Questa modalità di utilizzo viene denominata *one track-one radar*: in questo modo non è necessario definire delle traiettorie medie e la relativa dispersione, che verrà simulata così come si è manifestata effettivamente.

### **2.5.2 Definizione di giorno medio**

INM prevede come dato di input relativo al traffico i movimenti di un aeroporto riferiti ad un giorno medio, ottenuto generalmente operando una media su un periodo piuttosto lungo, tipicamente un anno. Le operazioni di volo vengono ripartite in due fasce orarie (diurna e notturna) su cui vengono calcolati gli indicatori acustici di interesse nel caso simulato.

Per lo studio in esame si è, invece, scelta una metodologia differente, che permette di evitare alcune approssimazioni dovute all'utilizzo di una media su un periodo così ampio. Va osservato, comunque, che INM è un modello di tipo statistico, e non predittivo, ed è comunemente utilizzato per ottenere stime che hanno valore quando riferite ad un periodo che consenta di rappresentare dei valori medi significativi, mentre risulta non adatto per riprodurre i parametri acustici relativi ad un singolo evento, che sono condizionati da innumerevoli fattori aleatori, la cui influenza può essere rilevante.

La modalità prescelta consiste, dunque, nell'elaborare gli scenari relativi a ciascun giorno medio delle tre settimane considerate, con le tracce radar connesse e con le condizioni meteorologiche osservate; in seguito i valori ottenuti per i 3 giorni medi sono stati mediati con NMPLLOT.

### **2.5.3 Definizione del dominio di calcolo**

Per tutti gli scenari le curve di isolivello sono calcolate utilizzando un dominio di calcolo di tipo Contour, definito su una griglia quadrata di lato pari a 16 miglia nautiche, centrata sulle coordinate dell'ARP dell'aeroporto, di granularità variabile elaborata dinamicamente da INM sulla base di alcuni parametri numerici di soglia definiti dall'utente e riportati in **Tabella 2. 5**.

<b>Coordinate ARP (deg)</b>	LAT= 45.449350	LOG= 9.278410
<b>Grid Origin (nmi)</b>	X= -8	Y= -8
<b>Distance between points (nmi)</b>	I =16	J = 16
<b>Refinement</b>	9	
<b>Tolerance</b>	0,25	

**Tabella 2. 5:** Parametri INM definiti per il dominio di calcolo di tipo *Contour*

# 3

## **RISULTATI PRODOTTI PER L'INDICATORE $L_{VA}$**

### **3.1 Curve di isolivello**

Nella figura riportata nella pagina seguente sono illustrate le curve di isolivello dei valori  $L_{VA}$  (60-65-75 dB(A)), ottenuti dalle elaborazioni dei risultati di INM, corrispondenti al giorno medio delle tre settimane di riferimento. Tale risultato è stato ottenuto utilizzando la media logaritmica dei tre giorni medi relativi ad ognuna delle tre settimane che rappresentano il periodo con maggior numero di movimenti osservati nello scalo di Linate per l'anno 2012.

Il territorio è rappresentato dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia. Le curve sono in formato shapefile ESRI georeferenziato nel sistema Gauss Boaga, per poter essere riportate graficamente sullo sfondo di interesse tramite un qualunque sistema di tipo G.I.S.

Dal confronto con le elaborazioni effettuate per l'anno 2011 si riscontrano alcune differenze nonostante il traffico aereo sia rimasto sostanzialmente invariato per le tre settimane di maggior traffico, su cui si basa lo studio, con una riduzione del 1,2% (circa 90 movimenti in meno). Si evidenzia però una lieve contrazione dell'isofonica pari a 60 dB(A) all'estremità Nord-Est in corrispondenza del Comune di Segrate ma un rigonfiamento in direzione Nord-Ovest dovuta all'incremento dell'utilizzo delle SID SRN5C e NIKMO rispetto al 2011 a causa della variazione delle destinazioni su cui è impostata l'assegnazione delle SID per le procedure antirumore. Si osserva però a Sud un allungamento delle isofoniche pari a 65 e 60 dB(A) rispettivamente nei comuni di San Donato Milanese e San Giuliano Milanese.

Tale differenza è da addebitarsi all'aggiornamento degli stage in base ai dati di peso forniti dal gestore aeroportuale in particolare per gli aeromobili B737, B733, A321 ed MD82. Per tali velivoli, infatti, lo stage è aumentato in aggiunta al fatto che



sono aumentate le operazioni di atterraggio eseguite con questi velivoli, con l'unica eccezione degli MD82 che sono diminuiti in numero di circa il 70%.

Dal confronto effettuato con la zonizzazione acustica aeroportuale approvata non sono state rilevate particolari criticità.

