

Aeroporto di Milano Malpensa

Masterplan aeroportuale 2035

Risposta alle richieste di integrazioni e approfondimenti

*ALLEGATO 31
Relazioni annuali ARPA Lombardia di calcolo
indice LVA ai sensi del DM 31/10/1997
periodo anni 2017-2019*

ARPA Lombardia – Settore Monitoraggi Ambientali

Stima delle curve del livello di valutazione del rumore aeroportuale (L_{VA}) per l'aeroporto di Malpensa Anno 2017

Relazione redatta da:

Emanuele Galbusera e Roberta Pollini

Verificata da:

**Responsabile U.O. Monitoraggio e valutazione
acustica delle infrastrutture di trasporto**

Silvana Angius

Indice

1	INTRODUZIONE	5
2	IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO INM	6
2.1	Caratterizzazione dell'aeroporto e delle rotte	7
2.2	Periodo di riferimento	8
2.2.1	Database di traffico e criteri di validazione	8
2.2.2	Scelta delle tre settimane di maggior traffico	10
2.3	Dati meteo	12
2.4	Dati di traffico - Profili e Stage	13
2.4.1	Profili di decollo	14
2.4.2	Profili di atterraggio	14
2.4.3	Determinazione dello Stage	14
2.5	Utilizzo di INM	14
2.5.1	Modalità di assegnazione del traffico	14
2.5.2	Definizione di giorno medio	15
2.5.3	Definizione del dominio di calcolo	16
3	RISULTATI PER L'INDICATORE LVA E CALCOLO DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA	17
3.1	Curve di isolivello	17
3.2	Valutazione della popolazione esposta	18
3.2.1	Dati di popolazione residente	18
3.2.2	Metodo di calcolo della popolazione esposta	19
3.2.3	Risultati	19

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_{DEN}</i>	Day-Evening-Night equivalent sound Level
<i>L_{MAX}, L_{AFMax}</i>	Maximum Noise Level
<i>L_{NIGHT}</i>	Night-time Noise Level
<i>L_{VA}</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 2017 per lo scalo di Malpensa al fine dell'aggiornamento annuale delle curve di isolivello dell'indice L_{VA} nell'intorno degli aeroporti civili ai sensi dell'art.14 comma 3 L.R. 13/01.

Si sottolinea che tali curve, che variano di anno in anno in funzione delle caratteristiche del traffico aeroportuale, non rappresentano i confini delle aree di rispetto che la Commissione aeroportuale deve approvare ai sensi dell'art. 6 del DM 31/10/1997.

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

2

IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO INM

Lo studio è stato effettuato utilizzando il software di previsione dell'impatto acustico per il rumore aeroportuale INM (Integrated Noise Model, versione 7.0d) della US 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 infrastrutture 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 Malpensa: 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 Malpensa.

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 validati¹, 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 Malpensa nel corso del 2017.

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.**

¹ 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 Malpensa si basa sui dati relativi all'anno 2016. È stato calcolato l'indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} , come definito nel DM del 31/10/1997.

Le tre settimane di riferimento, rispettivamente nei periodi primaverile, estivo ed invernale², 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 informativo³ (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.

² 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).

³ 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 2016, 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 2017 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 2017	Numero di movimenti totali	Numero di movimenti validi
Primaverile	24 – 30 Maggio	3615	3611
Estivo	28 Giugno – 4 Luglio	3943	3940
Invernale	6 – 12 Ottobre	3581	3578

Tabella 2.3 : Settimane a maggior traffico per il 2017

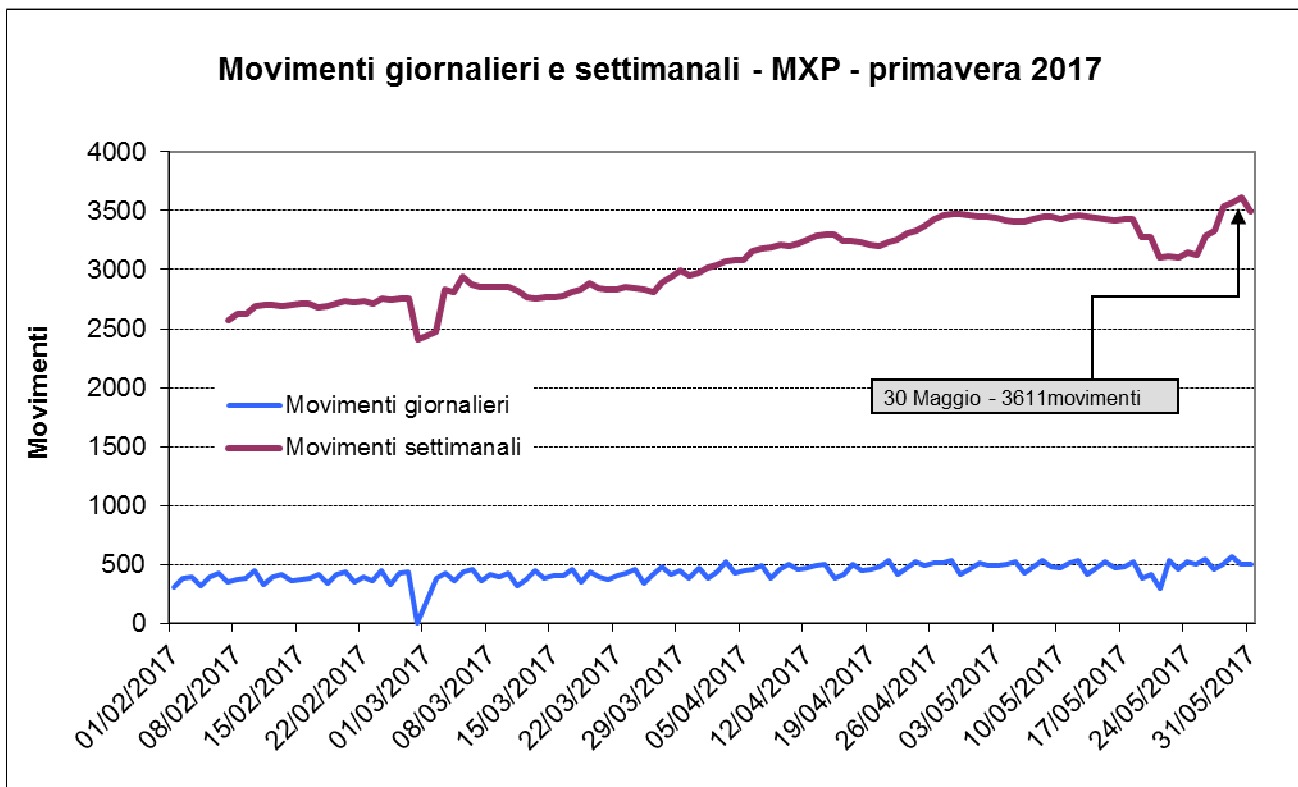


Figura 2.1 : Movimenti giornalieri e settimanali – primavera 2017 (1 febbraio – 31 maggio; DM 31/10/1997).

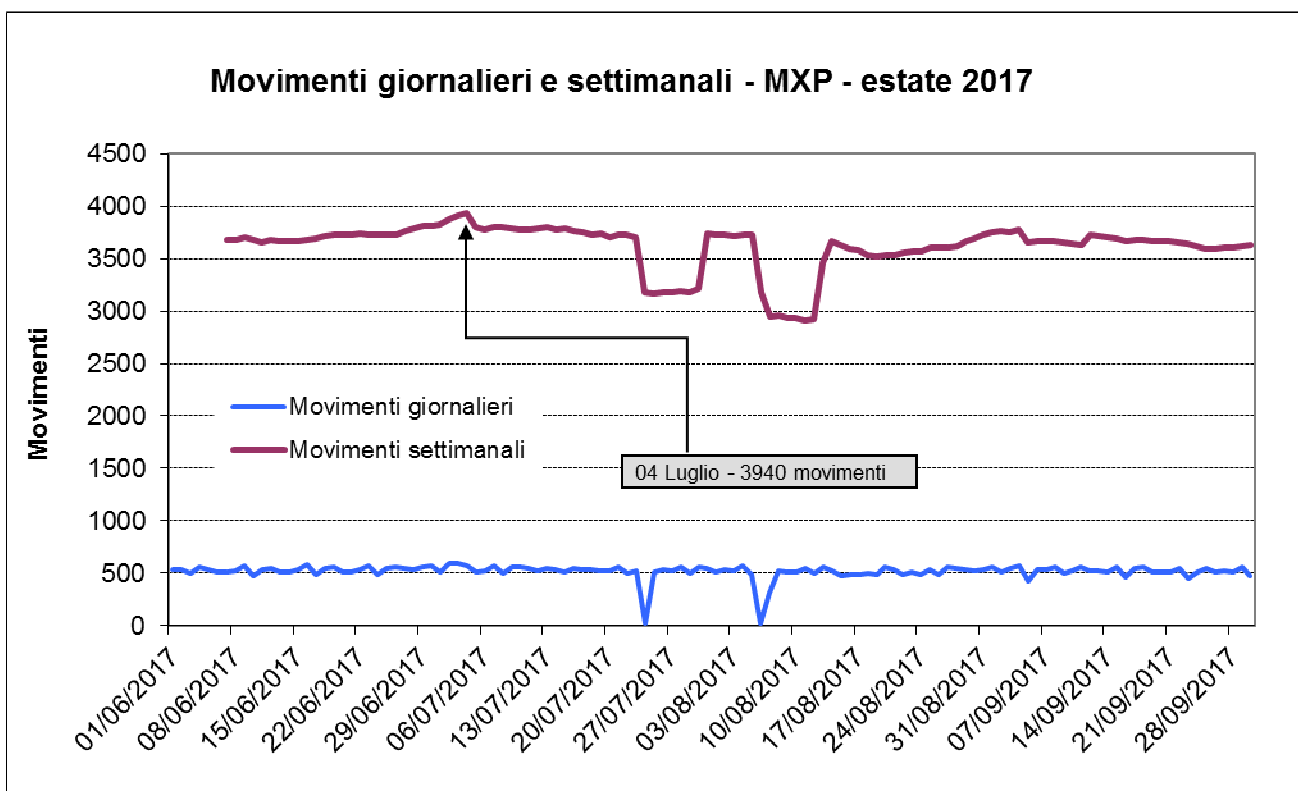


Figura 2.2 : Movimenti giornalieri e settimanali – estate 2017 (1 giugno – 30 settembre; DM 31/10/1997).

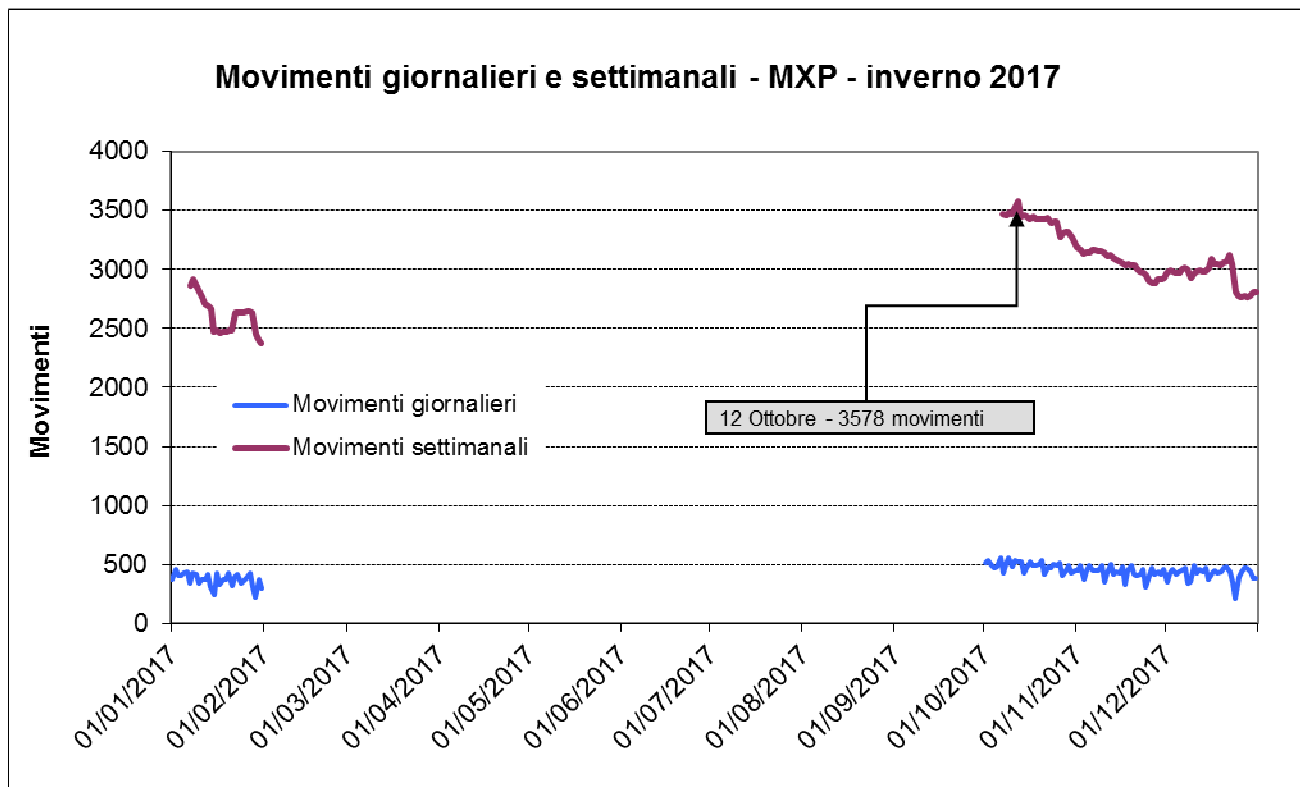


Figura 2.3 : Movimenti giornalieri e settimanali – inverno 2017 (1-31 gennaio, 1 ottobre – 31 dicembre; DM 31/10/1997).

2.3 Dati meteo

I dati meteorologici utilizzati sono i valori orari di temperatura, pressione e umidità riferiti alla stazione ARPA di Lonate Pozzolo. 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	24/05/2017	23,3	990,3	35,1
	25/05/2017	21,4	990,2	52,7
	26/05/2017	21,9	992,1	45,8
	27/05/2017	22,1	993,8	52,0
	28/05/2017	22,9	994,7	54,7
	29/05/2017	23,9	991,4	51,5
	30/05/2017	23,9	989,8	51,0
	Media settimanale	22,8	991,8	49,0
Periodo estivo	28/06/2017	19,2	976,9	84,9
	29/06/2017	18,6	976,4	80,7
	30/06/2017	18,3	982,9	71,4
	01/07/2017	18,8	986,7	63,0
	02/07/2017	20,5	989,3	63,2
	03/07/2017	23,1	992,1	54,2
	04/07/2017	23,6	994,0	58,5
	Media settimanale	20,3	986,9	65,2
Periodo invernale	06/10/2017	16,0	985,2	54,7
	07/10/2017	13,7	993,3	44,1
	08/10/2017	14,2	989,4	57,8
	09/10/2017	12,7	991,2	70,8
	10/10/2017	13,5	993,2	73,7
	11/10/2017	13,3	997,1	79,7
	12/10/2017	14,2	998,6	77,1
	Media settimanale	13,9	992,6	65,4

Tabella 2. 4: Parametri meteo di input relativi all'aeroporto di Malpensa nell'anno 2017 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 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*⁴ 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 con ultimo aggiornamento relativamente all'intero anno 2017. 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.

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

⁴ 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.

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 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 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**.

Coordinate ARP	LAT= 5052985.072	LOG= 1478443.892
Grid Origin (nmi)	X= -8	Y= -8
Distance between points (nmi)	I =16	J = 16
Refinement	9	
Tolerance	0,25	

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

3

RISULTATI PER L'INDICATORE LVA E CALCOLO DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA

3.1 Curve di isolivello

Nella figura riportata a pagina 20 sono illustrate le curve di isolivello dei valori di L_{VA} pari a 60, 65 e 75 dB(A), ottenute 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 i periodi con il maggior numero di movimenti osservati nello scalo di Malpensa per l'anno 2017.

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.

In Figura 3.1 sono riportate le isofoniche calcolate per il 2017 e un confronto con quelle calcolate per l'anno 2016 in Figura 3.2. Il numero medio di movimenti giornalieri per le tre settimane di maggior traffico è stato pari a 504 nel 2016 con una media di 30 movimenti notturni e pari a 530 nel 2017 con una media di 41 movimenti notturni.

Al fine del confronto tra i due diversi anni, si ricorda che nella settimana invernale 2016 la procedura per l'utilizzo alternato delle due piste (decolli per 25 ore da 35L e per 23 ore da 35R) era stata sospesa e i decolli ripartiti tra le due piste in base alla loro destinazione. Si evidenzia inoltre che, nel 2016, i decolli notturni

effettuati da pista 35L sono stati in numero doppio rispetto a quelli effettuati da pista 35R e quasi il triplo durante la settimana primaverile in occasione della partita finale di Champions League.

Complessivamente, per quanto riguarda il territorio a nord, nonostante il numero di voli medio non sia significativamente diverso per i due anni a confronto, le variazioni descritte hanno comportato un leggero restringimento delle curve isofoniche di Lva pari a 60 e 65 dB(A) ad ovest in corrispondenza della pista 35L maggiormente utilizzata nel 2016 soprattutto durante il periodo notturno che ha un maggior peso nel calcolo del LVA (fattore moltiplicatore pari a 10 per le operazioni notturne).

Per il territorio a sud invece si evidenzia un allungamento delle stesse isofoniche che si può ipotizzare sia determinato principalmente dall'incremento nel 2017 dei voli in decollo nel periodo notturno (piste 17R e dall'estate 2016 anche 17L) che sono passati da una media di 6,5 a 8 per notte (incremento del 23%).

3.2 Valutazione della popolazione esposta

3.2.1 Dati di popolazione residente

Una volta elaborate le curve isofoniche relative all'indicatore Lva, è possibile calcolare il numero di residenti esposti ai diversi livelli di rumore aeroportuale. A tal fine è necessario disporre dei dati georeferenziati di popolazione aggiornati al periodo considerato.

I dati qui utilizzati per il calcolo della popolazione esposta sono stati acquisiti dai Comuni dell'intorno aeroportuale di Malpensa e sono aggiornati a giugno 2018. Mediante l'utilizzo del software ArcMap 10.5.1 sono state pertanto caricate le coordinate geografiche fornite dai Comuni corrispondenti agli indirizzi dei residenti secondo il sistema di riferimento: WGS_1984_UTM_Zone_32N.

3.2.2 Metodo di calcolo della popolazione esposta

Una volta elaborate le curve isofoniche relative all'indicatore Lva (riportate nella Figura 3. 1) si è proceduto mediante il software Arc Map 10.5.1 ad individuare gli indirizzi ricadenti nelle aree delimitate dalle curve di isolivello per poter così calcolare il numero di residenti esposti ai differenti livelli di Lva (zona A : $60 \text{ dB(A)} \leq \text{Lva} < 65 \text{ dB(A)}$; zona B: $65 \text{ dB(A)} \leq \text{Lva} < 75 \text{ dB(A)}$; zona C: $\text{Lva} \geq 75 \text{ dB(A)}$).

3.2.3 Risultati

In base ai dati forniti dai Comuni (vedi cap. 3) è stato possibile valutare il numero di persone residenti nel territorio circostante l'aeroporto ricadenti in zona A ($60 \text{ dB(A)} \leq \text{LVA} < 65 \text{ dB(A)}$) e in zona B ($65 \text{ dB(A)} \leq \text{LVA} < 70 \text{ dB(A)}$). I dati riportati in tabella sono arrotondati alla decina.

Popolazione esposta Comune	LVA dB(A)		Totale complessivo
	60-65	65-70	
ARSAGO SEPRIO	10	0	10
CASORATE SEMPIONE	10	0	10
FERNO	0	0	0
LONATE POZZOLO	220	40	260
SOMMA LOMBARDO	250	80	330
Totale complessivo	490	120	610

Per quanto riguarda la popolazione residente del Comune di Somma Lombardo, si osserva che, delle 83 persone che risiedono in zona B, 78 sono residenti di due caserme in zona Case Nuove.

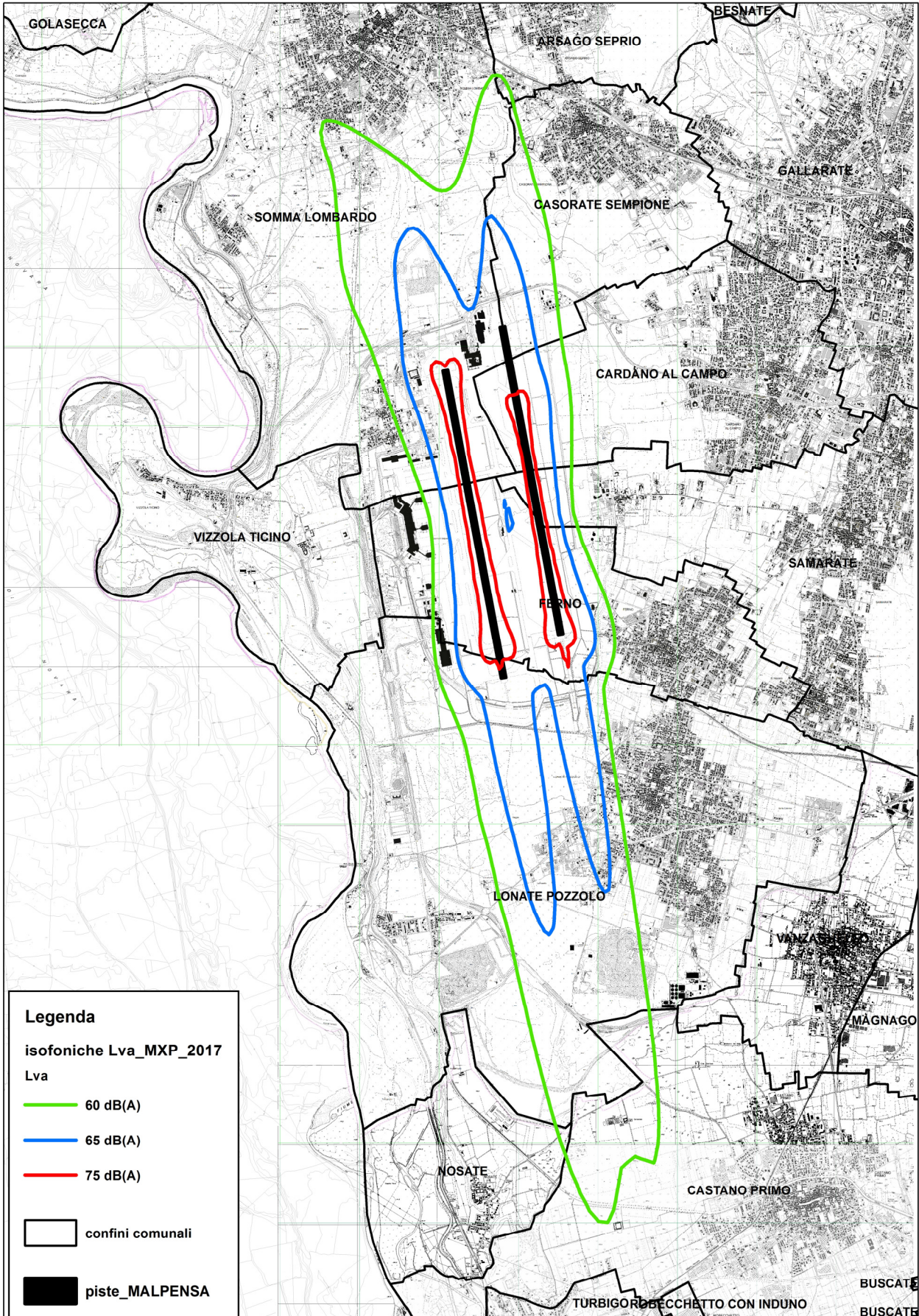


Figura 3. 1: Isofoniche 2017

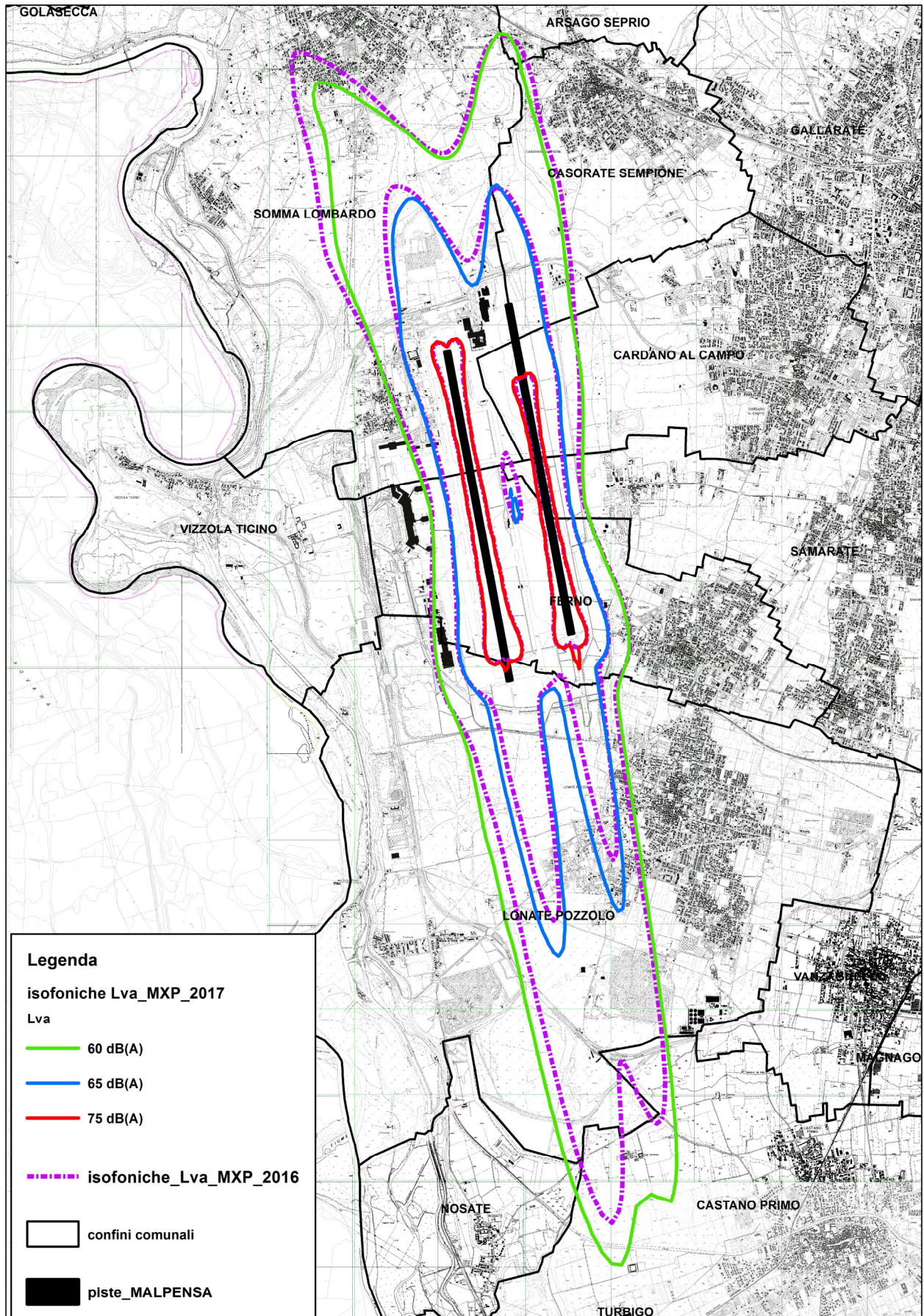


Figura 3. 2 : Confronto tra le isofoniche 2017 e quelle calcolate per il 2016

ARPA Lombardia – Settore Monitoraggi Ambientali

Stima delle curve del livello di valutazione del rumore aeroportuale (L_{VA}) per l'aeroporto di Malpensa Anno 2018

Relazione redatta da:

Emanuele Galbusera e Roberta Pollini

**Verificata da: Responsabile U.O. Monitoraggio e Valutazione
Acustica delle Infrastrutture di Trasporto**

Silvana Angius

Indice

1	INTRODUZIONE	3
2	ARCHITETTURA DEL MODELLO AEDT	4
3	IMPOSTAZIONE DEI DATI DI INPUT	5
3.1	<i>Definizione del dominio di calcolo</i>	6
3.2	<i>Validazione dei tracciati radar</i>	6
3.3	<i>Scelta delle tre settimane di maggior traffico</i>	7
3.4	<i>Dati meteorologici</i>	9
3.5	<i>Dati di traffico - Profili e Stage</i>	10
4	RISULTATI OTTENUTI PER L'INDICATORE L_{VA} E CALCOLO DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA	12
4.1	Curve di isolivello	12
4.1.1	<i>Confronto INM – AEDT</i>	12
4.1.2	<i>Confronto curve 2017 - 2018</i>	15
4.2	Valutazione della popolazione esposta	18
4.2.1	<i>Dati di popolazione residente</i>	18
4.2.2	<i>Calcolo della popolazione esposta</i>	18

GLOSSARIO DEGLI ACRONIMI

<i>AEDT</i>	Aviation Environmental Design Tool
<i>ARP</i>	Aerodrome Reference Point
<i>BADA</i>	Base of Aircraft Data
<i>FAA</i>	Federal Aviation Administration
<i>IATA</i>	International Air Transport Association
<i>ICAO</i>	International Civil Aviation Organization
<i>INM</i>	Integrated Noise Model
<i>L_{VA}</i>	Livello di Valutazione del rumore Aeroportuale
<i>MySQL</i>	My Structured Query Language
<i>NPD</i>	Noise Power Distance
<i>SID</i>	Standard Instrument Departure

1

INTRODUZIONE

Questa relazione descrive la determinazione e l'analisi delle curve di isolivello dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale (L_{VA}) relativamente all'anno 2018 per lo scalo di Malpensa. Tali curve, basate sul traffico reale delle tre settimane di maggior traffico dell'anno 2018, rappresentano il risultato delle elaborazioni effettuate da ARPA Lombardia per l'aggiornamento annuale delle curve di isolivello dell'indicatore L_{VA} nell'intorno degli aeroporti civili ai sensi dell'art.14 comma 3 della L.R. 13/01.

Lo studio è stato effettuato utilizzando il software di calcolo dei livelli di rumore generato dal traffico aeroportuale contenuto nel modello Aviation Environmental Design Tool (AEDT ver. 2d) della Federal Aviation Administration. Il pacchetto software AEDT incorpora e sostituisce il modello Integrated Noise Model (INM) che dopo la versione 7.0d non è più stato aggiornato.

Per quanto riguarda la simulazione del rumore aeroportuale, AEDT rappresenta un'evoluzione del modello INM, di cui mantiene metodologie di base e funzioni, introducendo però una serie di aggiornamenti e correzioni sulla base delle più aggiornate conoscenze al momento disponibili. In particolare, AEDT introduce un database aggiornato degli aeromobili; consente una maggior precisione nel calcolo del rumore generato durante il decollo e l'atterraggio, suddividendo i profili di volo in un maggior numero di segmenti; introduce una maggior accuratezza nei calcoli riguardanti l'attenuazione laterale, grazie anche a una più precisa valutazione dell'inclinazione dei velivoli in fase di virata (bank angle); inoltre viene meglio considerato l'effetto dell'assorbimento atmosferico.

2

ARCHITETTURA DEL MODELLO AEDT

L'architettura di AEDT si basa su un sistema di database su due livelli, di cui il primo consiste in una sovrastruttura (study) e il secondo è composto dai due database contenenti le informazioni sull'aeroporto e la flotta:

- **Study:** rappresenta il formato base per la creazione e l'importazione di un nuovo studio. Contiene tutte le informazioni di configurazione dello scenario, i dati di input e i risultati di output;
- **Airport:** è costituito da un insieme di tabelle contenenti i dati specifici dell'aeroporto considerato, quali la quota e le coordinate del punto di riferimento dell'aeroporto o Aerodrome Reference Point (ARP), le coordinate delle piste e le condizioni atmosferiche storiche. Questi dati utilizzano i codici della FAA standard, dell'International Civil Aviation Organization (ICAO) e dell'International Air Transport Association (IATA);
- **Fleet:** il database della flotta contiene numerose tabelle in cui sono archiviate le informazioni relative a circa 4.600 aeromobili (combinazioni velivolo / motore). La classificazione degli aeromobili per la componente di inquinamento acustico si basa su: Database di rumore e prestazioni degli aeromobili dell'ICAO8 (ANP); database Eurocontrol dei dati dei velivoli (BADA).

3

IMPOSTAZIONE DEI DATI DI INPUT

Per le valutazioni descritte nella presente relazione, lo studio è stato impostato tramite la definizione delle caratteristiche principali dell'aeroporto di Malpensa contenute nel database "Airport" di AEDT.

Lo scenario elaborato si basa sui dati relativi all'anno 2018, per il quale è stato calcolato l'indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} , come definito nel DM del 31/10/1997.

Le rotte considerate sono quelle realmente percorse dagli aeromobili nelle tre settimane di riferimento, rispettivamente dei periodi primaverile, estivo ed invernale¹, che sono state individuate partendo dal numero di movimenti giornalieri validati ricavati dalle tracce radar. I dati relativi al traffico 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 e notturna).

AEDT prevede come dato di input relativo al traffico i movimenti di un aeroporto riferiti ad un giorno medio. Le operazioni di volo vengono ripartite in due fasce orarie (diurna e notturna) per le quali vengono calcolati gli indicatori acustici di interesse nel caso simulato. La modalità prescelta consiste, dunque, nell'elaborare gli scenari relativi a ciascun giorno medio delle tre settimane considerate, a partire dalle relative tracce radar e dalle condizioni meteorologiche effettivamente osservate nel periodo.

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

3.1 Definizione del dominio di calcolo

A differenza di INM, che adotta il concetto di griglia ricorsiva, in cui l'utente definisce l'estensione della griglia relativa all'area di calcolo e i parametri di tolleranza utilizzati dal software per affinare la distribuzione dei punti della griglia nelle aree che mostrano variazioni nei livelli di rumore, AEDT utilizza il metodo della griglia dinamica. Secondo tale metodo, l'utente definisce una piccola griglia iniziale e la distribuzione dei punti della griglia viene poi espansa in fase di calcolo fino al raggiungimento dei livelli di rumore più bassi richiesti per le curve di isolivello ("Contour"). In questo modo, l'utente non ha bisogno di ipotizzare a priori l'estensione geografica della regione di interesse. In pratica, AEDT valuta la variazione spaziale del livello di rumore e, laddove tale livello cambia, aggiunge un ulteriore raffinamento alla griglia dinamica, permettendo un'indagine più accurata. In **Tabella 1** vengono riportati i parametri definiti per la griglia iniziale nella simulazione qui descritta.

Coordinate ARP (deg)	LAT= 45.630606	LOG= 8.728111
Grid Origin (nmi)	X= 0	Y= 0
Initial Distance between points (nmi)	I =0,005	J = 0,005

Tabella 1: Parametri AEDT definiti per il dominio di calcolo di tipo *Contour*

3.2 Validazione dei tracciati radar

I dati di traffico sono organizzati all'interno di un sistema informativo progettato da ARPA Lombardia (SIDAC). Grazie alle informazioni ottenute dalle battute radar, il sistema permette di ricostruire la traiettoria tridimensionale percorsa (traccia radar) in corrispondenza di ciascun volo, associandola cioè ad uno specifico aeromobile e ad una specifica rotta. La singola operazione viene considerata valida se le informazioni permettono di ricostruire la traccia radar (almeno 4 battute disponibili) e se vengono assegnate la pista, il tipo di operazione (atterraggio o decollo) e la SID percorsa. I voli validati vengono utilizzati per le elaborazioni modellistiche.

3.3 Scelta delle tre settimane di maggior traffico

In accordo con la definizione del parametro L_{VA} contenuta nella normativa vigente, sono state individuate, per l'anno 2018, le tre settimane di maggior traffico, in termini di tre valori massimi assoluti (relativi ai tre periodi stagionali indicati nella normativa) 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 2018 sono riportate in **Tabella 2** e le figure seguenti mostrano l'andamento del numero di movimenti settimanali e giornalieri all'interno dei tre periodi.

Periodo	Settimane di maggior traffico 2018	Numero di movimenti validi	Numero di movimenti totali
Primaverile	23-29 maggio 2018	3878	3897
Estivo	1-7 sett_2018	4250	4270
Invernale	1-7 ottobre 2018	4058	4077

Tabella 2: Settimane a maggior traffico per il 2018

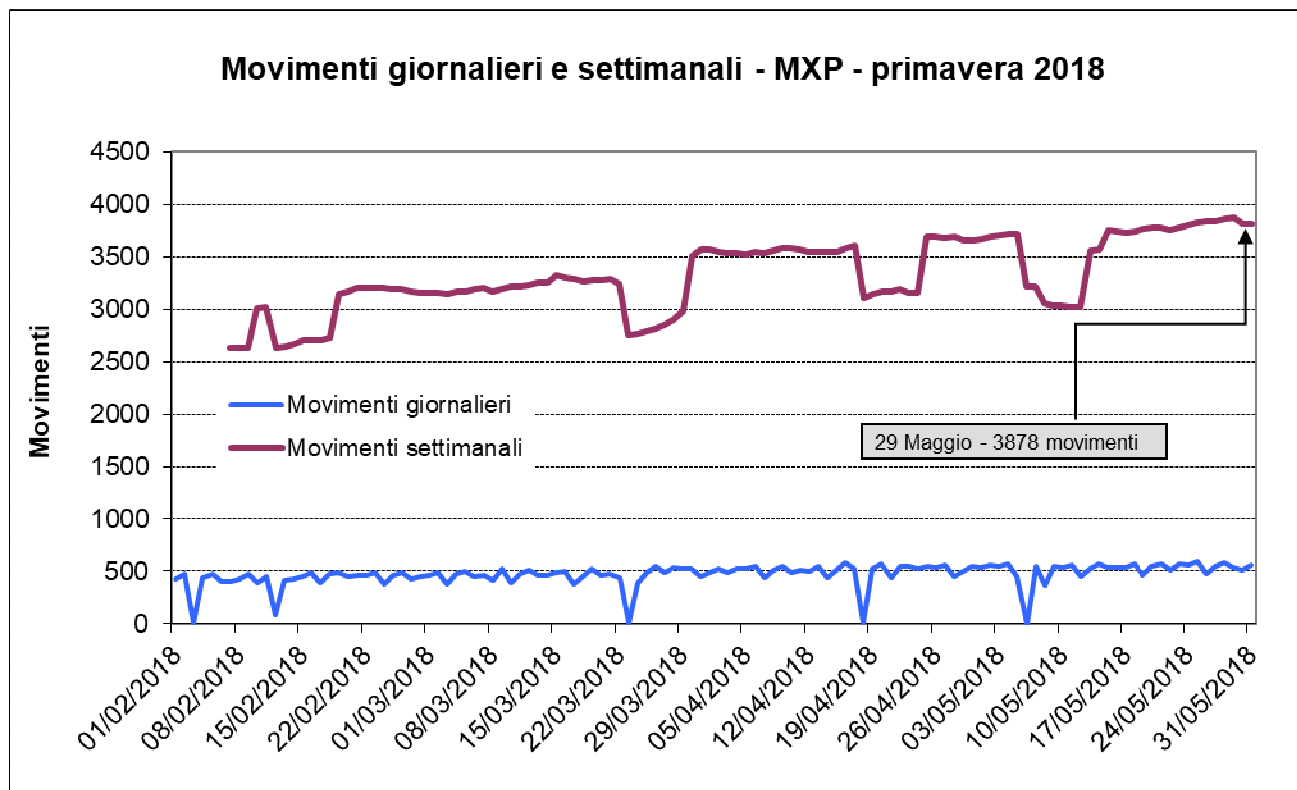


Figura 1: Movimenti giornalieri e settimanali – primavera 2018 (1 febbraio – 31 maggio; DM 31/10/1997).

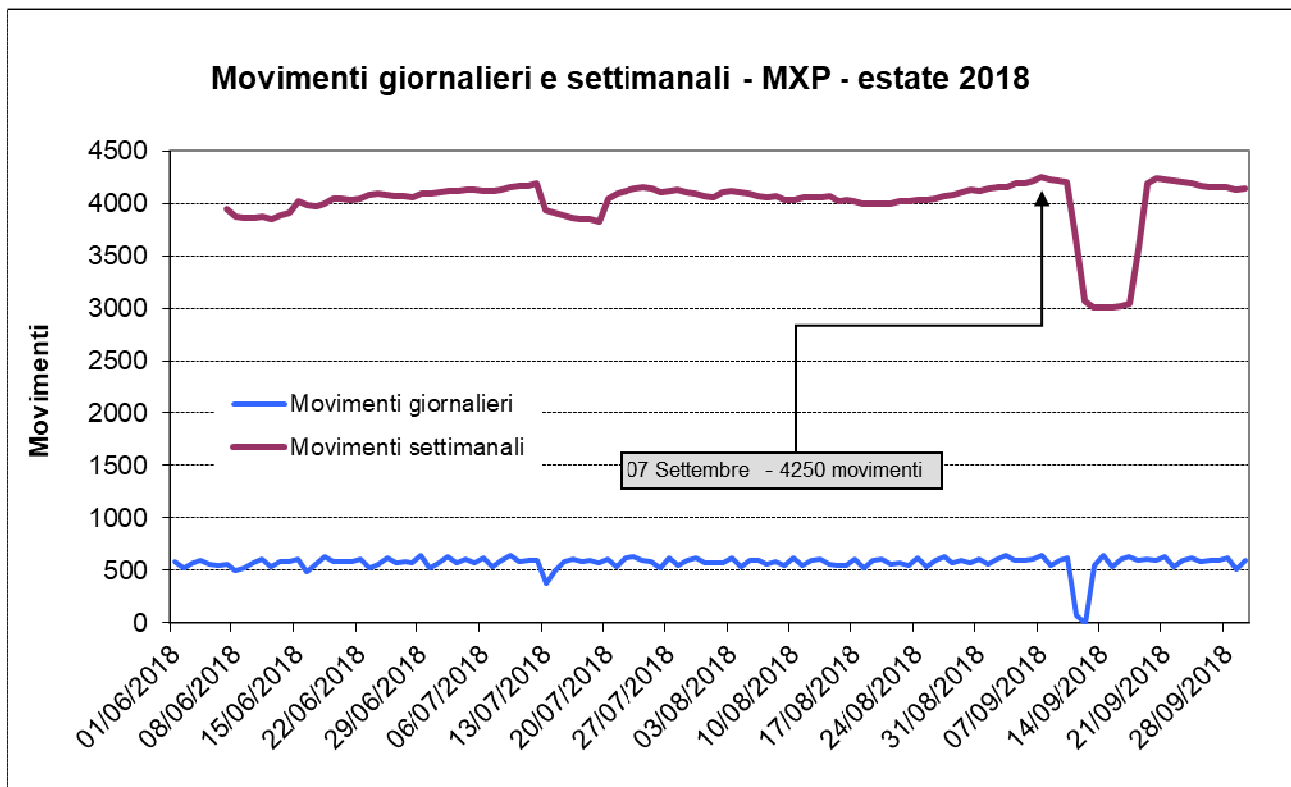


Figura 2: Movimenti giornalieri e settimanali – estate 2018 (1 giugno – 30 settembre; DM 31/10/1997).

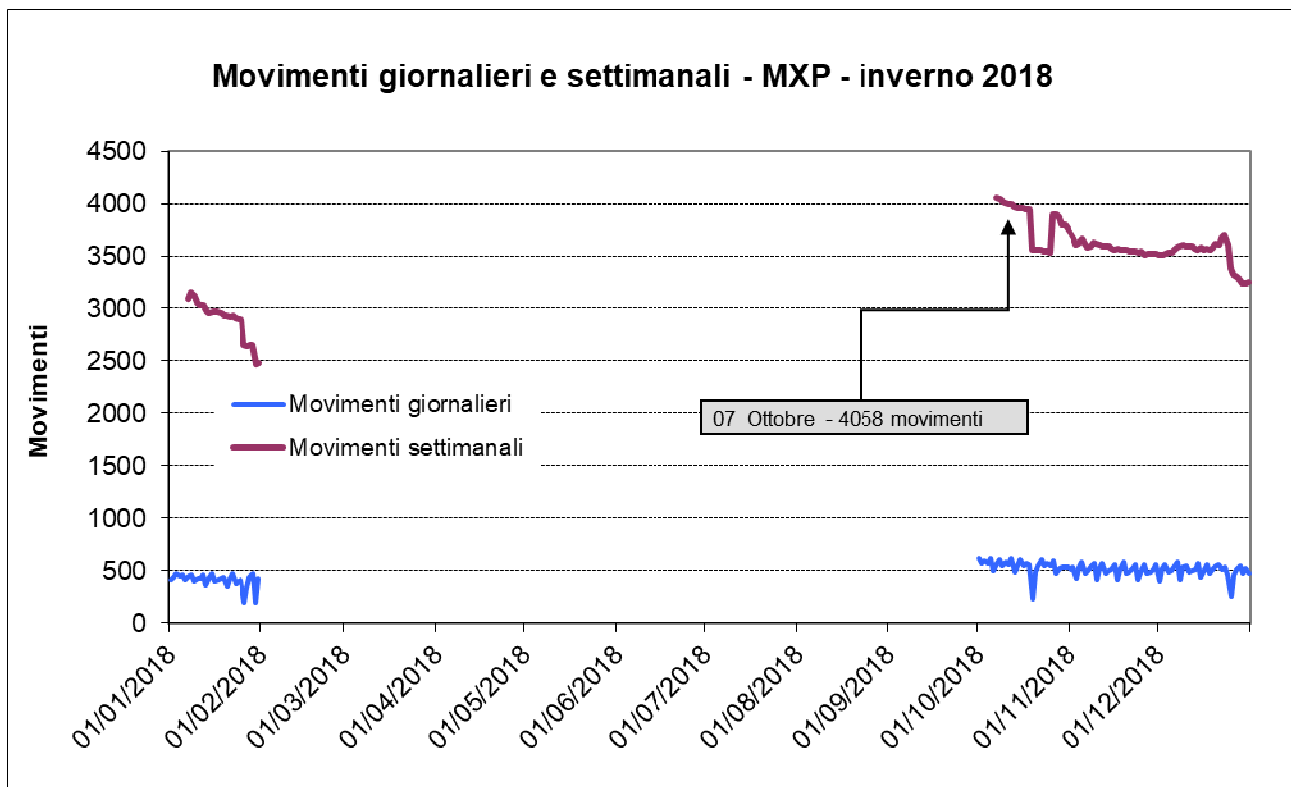


Figura 3: Movimenti giornalieri e settimanali – inverno 2018 (1-31 gennaio, 1 ottobre – 31 dicembre; DM 31/10/1997).

3.4 Dati meteorologici

I dati meteorologici utilizzati sono i valori medi orari di temperatura, pressione e umidità riferiti alla stazione ARPA di Lonate Pozzolo. I dati meteorologici di input inseriti nello studio AEDT consistono nel set di valori mediati sul periodo di riferimento relativo al caso di studio 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 3**).

	Data	Temperatura (°C)	Pressione (millibar)	Umidità [%]
Periodo primaverile	23/05/2018	19,0	990,8	75,3
	24/05/2018	20,6	990,9	68,3
	25/05/2018	21,5	990,2	66,0
	26/05/2018	22,4	993,2	66,2
	27/05/2018	23,1	992,6	61,6
	28/05/2018	20,1	993,2	77,3
	29/05/2018	19,8	990,9	83,5
	Media settimanale	20,9	991,7	71,2
Periodo estivo	01/09/2018	16,3	989,7	99,7
	02/09/2018	17,4	991,1	98,5
	03/09/2018	18,7	988,8	90,8
	04/09/2018	19,3	987,9	85,6
	05/09/2018	20,6	989,5	83,1
	06/09/2018	20,3	987,2	89,5
	07/09/2018	20,1	987,2	92,0
	Media settimanale	19,4	988,8	91,3
Periodo invernale	01/10/2018	11,5	985,1	99,2
	02/10/2018	11,9	991,4	89,4
	03/10/2018	13,1	994,9	86,0
	04/10/2018	14,8	999,1	84,3
	05/10/2018	14,8	997,7	85,2
	06/10/2018	14,9	992,8	96,9
	07/10/2018	14,6	988,6	88,1
	Media settimanale	13,7	992,8	89,9

Tabella 3: Parametri meteo di input relativi all'aeroporto di Malpensa nell'anno 2018 utilizzati per le simulazioni AEDT

3.5 Dati di traffico - Profili e Stage

Per i profili di decollo si è utilizzato il profilo "ICAO A o B" laddove previsto nel database e indicato dalla compagnia aerea; in mancanza di questa informazione si è utilizzato il profilo "STANDARD". Per quanto riguarda gli atterraggi, si sono utilizzati i profili STANDARD per tutti gli aeromobili.

Per il calcolo del livello di rumore presso un punto ricettore, il modello suddivide il profilo di volo in segmenti a ciascuno dei quali sono associate informazioni riguardanti ad esempio la potenza del motore, lo stato del velivolo (bank angle, set dei flap, ecc..) e la velocità dell'aereo. Sulla base di questi dati viene calcolato il livello di rumore generato dal singolo segmento presso il ricettore. I contributi di tutti i segmenti vengono poi sommati. Il modello AEDT suddivide il profilo in un numero maggiore di segmenti rispetto ad INM, come rappresentato graficamente in **Figura 4**, consentendo così una valutazione più precisa.

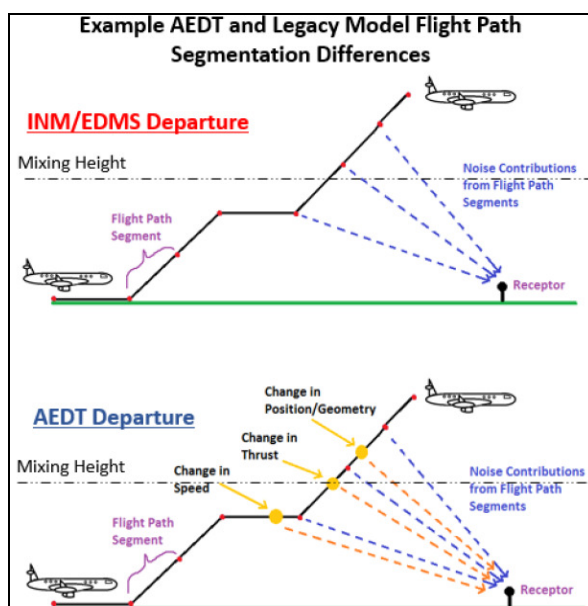


Figura 4: segmentazione del profilo di decollo

Per quanto riguarda lo stage, si tratta di un parametro associato al peso del velivolo. Il data base di AEDT contiene una tabella "Aircraft" che, nella colonna "Flight Profiles", assegna uno o più valori di stage per ogni velivolo, a seconda della tipologia di operazione, del profilo di decollo e del peso. Per quanto riguarda gli atterraggi viene assegnato lo stage 1. Nel caso in esame, il gestore dell'aeroporto ha fornito i pesi massimi al decollo (mtow: maximum take off weight), che sono stati mediati sul totale

dei voli per ciascuna tipologia di aeromobile e in base al peso medio è stato individuato lo stage da assegnare per le simulazioni modellistiche. Agli aeromodelli non presenti nelle statistiche è stato attribuito lo stage più cautelativo. In mancanza dell'informazione relativa ai pesi medi al decollo lo stage viene dedotto a partire dalla distanza che l'aeromobile deve percorrere in base a una suddivisione in classi e per famiglia di aeromobili.

4

RISULTATI OTTENUTI PER L'INDICATORE L_{VA} E CALCOLO DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA

4.1 Curve di isolivello

Nelle figure riportate nei seguenti paragrafi sono rappresentate le curve di isolivello del parametro L_{VA} pari a valori di 60, 65 e 75 dB(A), ottenute dalle elaborazioni effettuate e pertanto rappresentanti i valori 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 con maggior numero di movimenti osservati nello scalo di Malpensa per l'anno 2018. Le isolinee ottenute per il 2018 sono confrontate con le corrispondenti curve calcolate per il 2017.

Il territorio è rappresentato in figura 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.

4.1.1 Confronto INM – AEDT

Gli aggiornamenti e le modifiche introdotti nel software AEDT possono comportare alcune differenze rispetto all'utilizzo di INM nei risultati delle elaborazioni e quindi nelle dimensioni e nella forma delle curve di isolivello ottenute. È importante pertanto eseguire un confronto tra i risultati ottenuti utilizzando AEDT e quelli calcolati con INM, il modello utilizzato in precedenza per tutte le valutazioni modellistiche del

rumore aeroportuale. Tale confronto è particolarmente importante nell'ambito di questo primo utilizzo di AEDT per l'aggiornamento annuale delle curve di isolivello dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale relative all'aeroporto di Malpensa, al fine di distinguere, nel confronto con le curve calcolate per gli anni precedenti, quali differenze possono essere legate agli aggiornamenti del modello e quali sono invece dovute all'evoluzione del traffico aereo (numero di voli, distribuzione sulle varie rotte, tipologie di aeromobili ecc.).

In **Figura 5** sono rappresentate le curve di isolivello relative all'anno 2018 ottenute dalle elaborazioni sia con INM sia con AEDT per l'aeroporto di Malpensa. Poiché si tratta dello stesso scenario di traffico valutato con i due modelli, le differenze osservate sono esclusivamente dovute alle differenze tra i software.

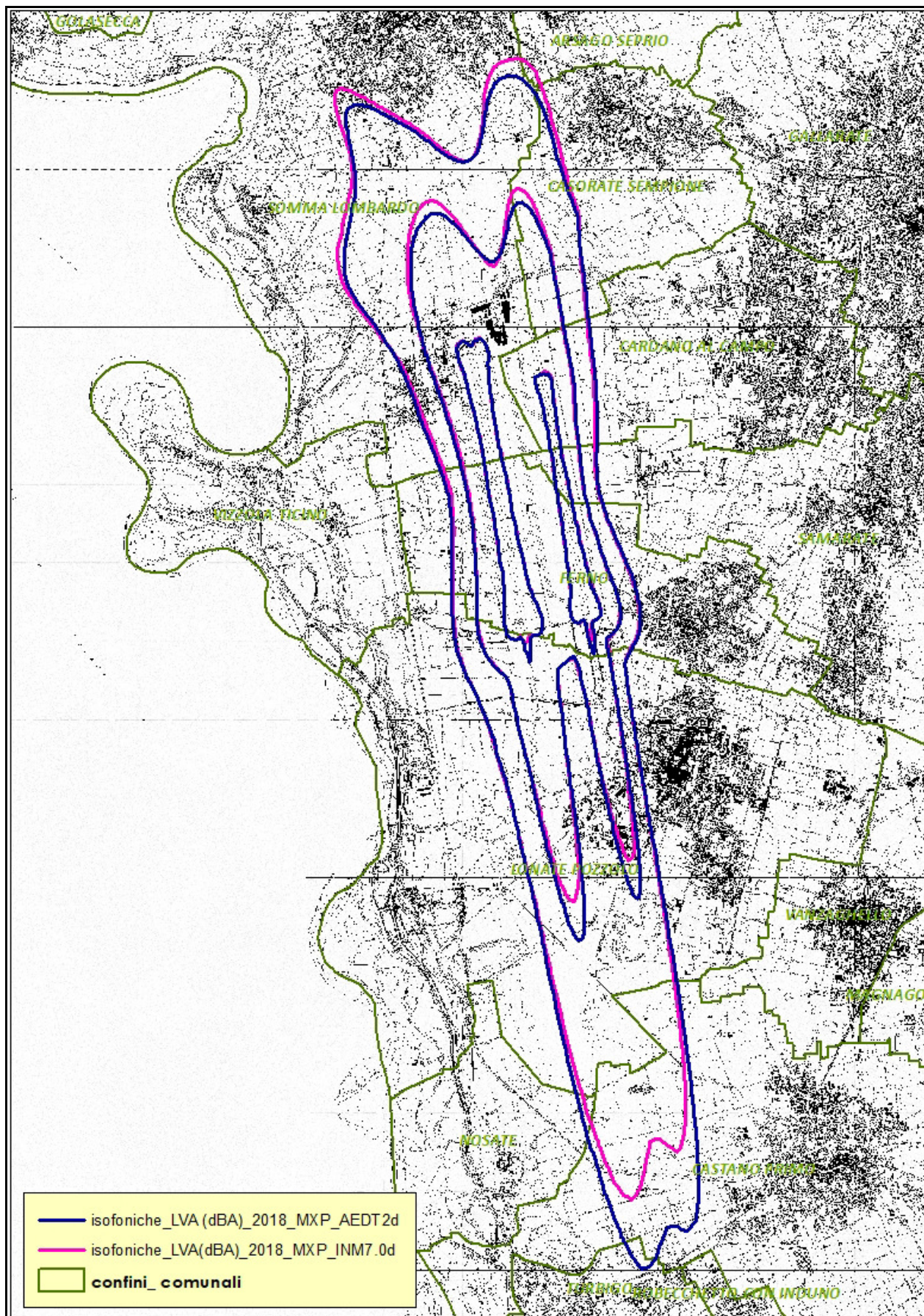


Figura 5: confronto INM - AEDT per l'anno 2018

Nel caso dell'aeroporto di Malpensa, si osserva una maggior estensione delle curve di isolivello in direzione sud, in corrispondenza degli atterraggi, nella simulazione effettuata con AEDT, sia per l'isofonica corrispondente a 65 dB(A) sia, e in modo più significativo, per la curva pari a 60 dB(A). Per quanto riguarda gli effetti nelle zone a nord dello scalo impattate dalle operazioni di decollo, si nota un lieve restringimento delle curve, anche in questo caso più evidente per l'isofonica pari a 60 dB(A).

Le isolinee calcolate con i due modelli sono invece sostanzialmente coincidenti in direzione est-ovest.

Per quanto riguarda l'isofonica pari a 75 dB(A), non si notano particolari differenze nella forma e nell'estensione delle linee di isolivello.

4.1.2 Confronto curve 2017 - 2018

Dal confronto con le elaborazioni effettuate per l'anno 2017 (**Figura 6**), si riscontra un certo allungamento delle curve in direzione sud, in particolare in corrispondenza della curva corrispondente a valori di L_{VA} pari a 60 dB(A), allungamento che, come evidenziato nel paragrafo precedente, è legato fondamentalmente all'utilizzo di AEDT invece di INM.

Le curve che interessano le zone più a nord e a ovest del sedime invece cambiano un po' forma rispetto al 2017, rigonfiandosi in alcune aree e contraendosi in altre, sia per valori di L_{VA} pari a 65 dBA sia, in maniera più evidente, per la curva dei 60 dBA.

Dai dati relativi al numero di voli, complessivi e notturni, nelle tre settimane di maggior traffico riportati in **Tabella 4**, si può comprendere come la differente estensione delle curve relative al 2018 in quest'area è legata al maggior numero di operazioni rispetto al 2017 (il traffico totale è incrementato del 12,6% circa e le operazioni notturne di circa il 20%) e in parte alla differente distribuzione del traffico. Infatti, la pista destra (35R/17L) è stata interessata da un periodo di fermo per interventi di manutenzione straordinaria, dal giorno 03 al giorno 24 di settembre, che

hanno quindi determinato l'utilizzo esclusivo della pista sinistra (35L/17R) per 5 giorni su 7 della settimana estiva, con conseguente incremento delle relative operazioni.

Pista/ operazione	Zona di territorio interessata	primavera				estate				Inverno			
		Totali		Notturni		Totali		Notturni		Totali		Notturni	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Decolli da pista sinistra verso nord	ovest	147	231	0	2	217	727	2	14	187	260	0	0
	nord ovest	292	277	3	10	317	213	4	10	231	268	3	5
	nord nord ovest	506	479	8	19	584	726	12	18	467	494	7	9
Decolli da pista destra verso nord	est	172	166	1	2	164	37	1	0	206	175	1	9
	nord est	204	245	0	3	183	71	3	2	210	270	0	4
	Nord nord est	400	432	6	12	374	134	8	3	375	439	14	12
Decolli verso sud	sud ovest	69	78	50	46	105	171	60	75	89	100	54	54
Atterraggi da sud su pista sinistra	sud ovest	917	985	119	135	833	423	116	84	952	1078	117	151
Atterraggi da sud su pista destra	sud est	796	967	75	98	1009	1584	123	67	744	957	50	59
Atterraggi da nord su pista destra	Nord nord est	0	0	0	0	10	131	0	113	0	0	0	0
	totali	3516	3878	263	328	3826	4250	331	387	3476	4058	246	294

Tabella 4: Numero voli totali e notturni nelle tre settimane di maggior traffico del 2017 e 2018.

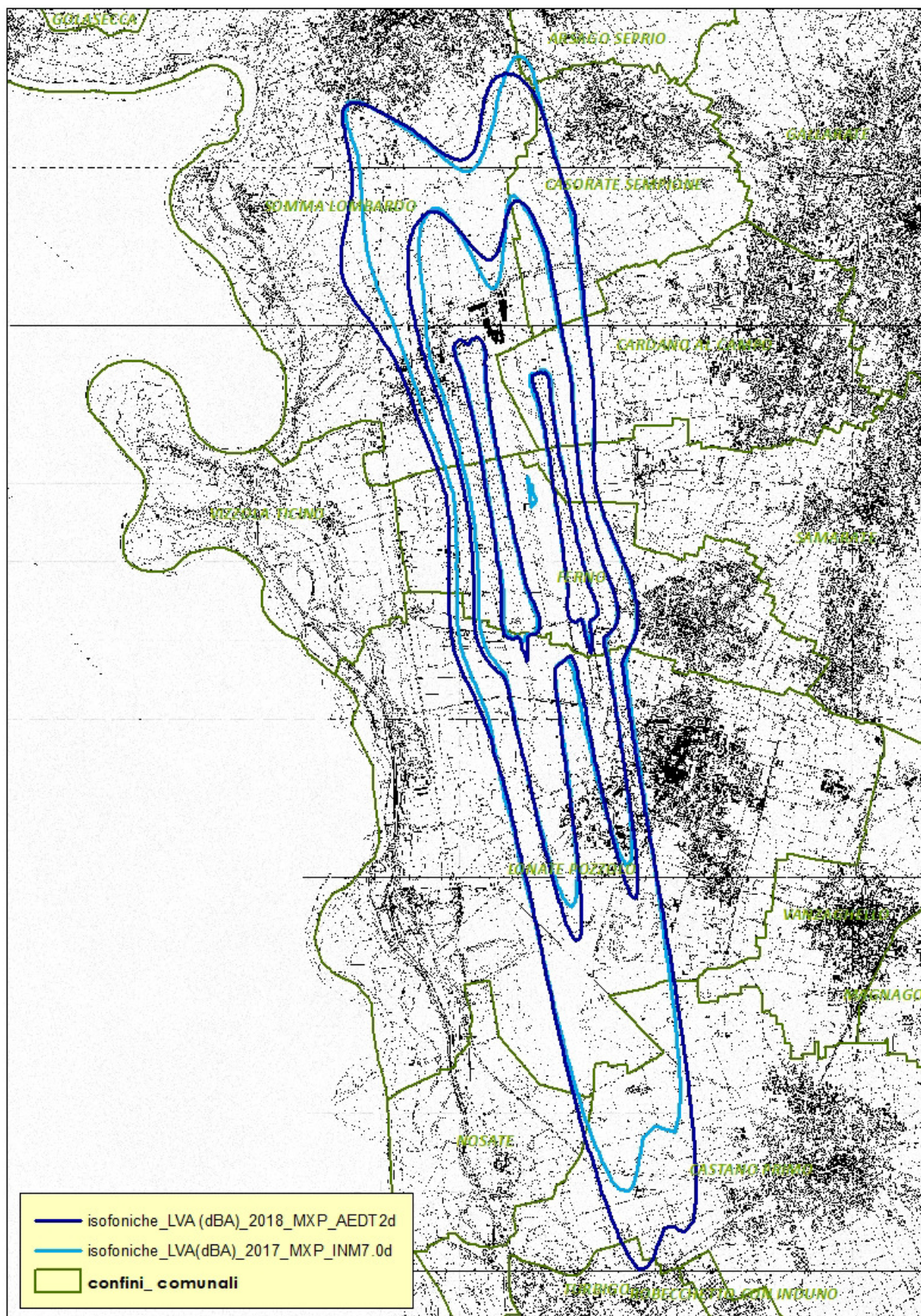


Figura 6: Confronto tra le isofoniche 2018 e quelle calcolate per il 2017.

4.2 Valutazione della popolazione esposta

4.2.1 Dati di popolazione residente

Una volta elaborate le curve isofoniche relative all'indicatore L_{VA} , è possibile calcolare il numero di residenti esposti ai diversi livelli di rumore aeroportuale. A tal fine è necessario disporre dei dati georeferenziati di popolazione aggiornati al periodo considerato.

I dati qui utilizzati per il calcolo della popolazione esposta sono stati acquisiti dai Comuni dell'intorno aeroportuale di Malpensa e sono aggiornati a giugno 2018. Mediante l'utilizzo del software ArcMap 10.5.1 sono state pertanto caricate le coordinate geografiche fornite dai Comuni corrispondenti agli indirizzi dei residenti secondo il sistema di riferimento: WGS_1984_UTM_Zone_32N.

4.2.2 Calcolo della popolazione esposta

Una volta elaborate le curve isofoniche relative all'indicatore L_{VA} (riportate in blu scuro nelle **Figure 5 e 6**) si è proceduto mediante il software Arc Map 10.5.1 ad individuare gli indirizzi ricadenti nelle aree delimitate dalle curve di isolivello per poter così calcolare il numero di residenti esposti ai differenti livelli di L_{VA} : $60 \text{ dB(A)} \leq L_{VA} < 65 \text{ dB(A)}$; $65 \text{ dB(A)} \leq L_{VA} < 75 \text{ dB(A)}$; $L_{VA} \geq 75 \text{ dB(A)}$, corrispondenti ai limiti previsti per le zone A, B e C dell'intorno aeroportuale.

Il numero di persone esposte ai diversi intervalli di livello di L_{VA} , arrotondati alla decina, sono riportati nella tabella seguente.

Comune	L_{VA} dB(A)			Popolazione esposta
	60-65	65-75	≥ 75	Totale complessivo
ARSAGO SEPRIO	0	0	0	0
CASORATE SEMPIONE	10	0	0	10
FERNO	10	0	0	10
LONATE POZZOLO	220	100	0	320
SOMMA LOMBARDO	300	120	0	420
Totale complessivo	540	220	0	760

Tabella 5: residenti esposti a livelli di L_{VA} superiori a 60 dB(A)

Per quanto riguarda la popolazione residente del Comune di Somma Lombardo, si osserva che, delle 120 persone che risiedono in zona B, 78 sono residenti di due caserme in zona Case Nuove.

ARPA Lombardia – Settore Monitoraggi Ambientali

Stima delle curve del livello di valutazione del rumore aeroportuale (L_{VA}) per l'aeroporto di Malpensa Anno 2019

Relazione redatta da:

Emanuele Galbusera

tecnico competente in acustica ambientale DGR n°14067/2005 – n° ENTECA
1771

Roberta Pollini

tecnico competente in acustica ambientale DPGR n°1445/2014 – n° ENTECA
2071

Verificata da: Responsabile U.O. Agenti Fisici e Radioprotezione

Silvana Angius

tecnico competente in acustica ambientale DPGR n°16723/2001 – n° ENTECA
1416

Indice

1	INTRODUZIONE	3
2	ARCHITETTURA DEL MODELLO AEDT	4
3	IMPOSTAZIONE DEI DATI DI INPUT	5
3.1	<i>Definizione del dominio di calcolo</i>	6
3.2	<i>Validazione dei tracciati radar</i>	6
3.3	<i>Scelta delle tre settimane di maggior traffico</i>	7
3.4	<i>Dati meteorologici</i>	9
3.5	<i>Dati di traffico - Profili e Stage</i>	10
4	RISULTATI OTTENUTI PER L'INDICATORE L_{VA} E CALCOLO DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA	11
4.1	<i>Curve di isolivello</i>	11
4.2	<i>Valutazione della popolazione esposta</i>	15
4.2.1	<i>Dati di popolazione residente</i>	15
4.2.2	<i>Calcolo della popolazione esposta</i>	15

GLOSSARIO DEGLI ACRONIMI

<i>AEDT</i>	Aviation Environmental Design Tool
<i>ARP</i>	Aerodrome Reference Point
<i>BADA</i>	Base of Aircraft Data
<i>FAA</i>	Federal Aviation Administration
<i>IATA</i>	International Air Transport Association
<i>ICAO</i>	International Civil Aviation Organization
<i>INM</i>	Integrated Noise Model
<i>L_{VA}</i>	Livello di Valutazione del rumore Aeroportuale
<i>MySQL</i>	My Structured Query Language
<i>NPD</i>	Noise Power Distance
<i>SID</i>	Standard Instrument Departure

1

INTRODUZIONE

Questa relazione descrive la determinazione e l'analisi delle curve di isolivello dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale (L_{VA}) relativamente all'anno 2019 per lo scalo di Malpensa. Tali curve, basate sul traffico reale delle tre settimane di maggior traffico dell'anno 2019, rappresentano il risultato delle elaborazioni effettuate da ARPA Lombardia per l'aggiornamento annuale delle curve di isolivello dell'indicatore L_{VA} nell'intorno degli aeroporti civili ai sensi dell'art.14 comma 3 della L.R. 13/01.

Si evidenzia che nel periodo dal 27 luglio al 27 ottobre il traffico dell'aeroporto di Linate, chiuso per lavori di ristrutturazione e rifacimento delle piste, è stato deviato quasi totalmente sullo scalo di Malpensa. Durante questo periodo, denominato Bridge di Linate, che comprende gran parte del quadrimestre estivo e circa un mese di quello invernale come definiti dal DM 31/10/1997, si è registrato un considerevole aumento del numero dei voli rispetto alla consueta operatività dell'aeroporto di Malpensa.

Lo studio è stato effettuato utilizzando il software di calcolo dei livelli di rumore generato dal traffico aeroportuale contenuto nel modello Aviation Environmental Design Tool (AEDT ver. 3b) della Federal Aviation Administration.

2

ARCHITETTURA DEL MODELLO AEDT

L'architettura di AEDT si basa su un sistema di database su due livelli, di cui il primo consiste in una sovrastruttura (study) e il secondo è composto dai due database contenenti le informazioni sull'aeroporto e la flotta:

- **Study:** rappresenta il formato base per la creazione e l'importazione di un nuovo studio. Contiene tutte le informazioni di configurazione dello scenario, i dati di input e i risultati di output;
- **Airport:** è costituito da un insieme di tabelle contenenti i dati specifici dell'aeroporto considerato, quali la quota e le coordinate del punto di riferimento dell'aeroporto o Aerodrome Reference Point (ARP), le coordinate delle piste e le condizioni atmosferiche storiche. Questi dati utilizzano i codici della FAA standard, dell'International Civil Aviation Organization (ICAO) e dell'International Air Transport Association (IATA);
- **Fleet:** il database della flotta contiene numerose tabelle in cui sono archiviate le informazioni relative a circa 4.600 aeromobili (combinazioni velivolo / motore). La classificazione degli aeromobili per la componente di inquinamento acustico si basa su: Database di rumore e prestazioni degli aeromobili dell'ICAO8 (ANP); database Eurocontrol dei dati dei velivoli (BADA).

3

IMPOSTAZIONE DEI DATI DI INPUT

Per le valutazioni descritte nella presente relazione, lo studio è stato impostato tramite la definizione delle caratteristiche principali dell'aeroporto di Malpensa contenute nel database "Airport" di AEDT.

Lo scenario elaborato si basa sui dati relativi all'anno 2019, per il quale è stato calcolato l'indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} , come definito nel DM del 31/10/1997.

Le rotte considerate sono quelle realmente percorse dagli aeromobili nelle tre settimane di riferimento, rispettivamente dei periodi primaverile, estivo ed invernale¹, che sono state individuate partendo dal numero di movimenti giornalieri validati ricavati dalle tracce radar. I dati relativi al traffico 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 e notturna).

AEDT prevede come dato di input relativo al traffico i movimenti di un aeroporto riferiti ad un giorno medio. Le operazioni di volo vengono ripartite in due fasce orarie (diurna e notturna) per le quali vengono calcolati gli indicatori acustici di interesse nel caso simulato. La modalità prescelta consiste, dunque, nell'elaborare gli scenari relativi a ciascun giorno medio delle tre settimane considerate, a partire dalle relative tracce radar e dalle condizioni meteorologiche effettivamente osservate nel periodo.

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

3.1 Definizione del dominio di calcolo

In AEDT viene utilizzato il metodo della griglia dinamica per cui l'utente definisce una piccola griglia iniziale e la distribuzione dei punti della griglia viene poi espansa in fase di calcolo fino al raggiungimento dei livelli di rumore più bassi richiesti per le curve di isolivello ("Contour"). In questo modo, l'utente non ha bisogno di ipotizzare a priori l'estensione geografica della regione di interesse. In pratica, AEDT valuta la variazione spaziale del livello di rumore e, laddove tale livello cambia, aggiunge un ulteriore raffinamento alla griglia dinamica, permettendo un'indagine più accurata. In **Tabella 1** vengono riportati i parametri definiti per la griglia iniziale nella simulazione qui descritta.

Coordinate ARP (deg)	LAT= 45.630606	LOG= 8.728111
Grid Origin (nmi)	X= 0	Y= 0
Initial Distance between points (nmi)	I =0,005	J = 0,005

Tabella 1: Parametri AEDT definiti per il dominio di calcolo di tipo *Contour*

3.2 Validazione dei tracciati radar

I dati di traffico sono organizzati all'interno di un sistema informativo progettato da ARPA Lombardia (SIDAC). Grazie alle informazioni ottenute dalle battute radar, il sistema permette di ricostruire la traiettoria tridimensionale percorsa (traccia radar) in corrispondenza di ciascun volo, associandola cioè ad uno specifico aeromobile e ad una specifica rotta. La singola operazione viene considerata valida se le informazioni permettono di ricostruire la traccia radar (almeno 4 battute disponibili) e se vengono assegnate la pista, il tipo di operazione (atterraggio o decollo) e la rotta percorsa. I voli validati vengono utilizzati per le elaborazioni modellistiche.

3.3 Scelta delle tre settimane di maggior traffico

In accordo con la definizione del parametro L_{VA} contenuta nella normativa vigente, sono state individuate, per l'anno 2019, le tre settimane di maggior traffico, in termini di tre valori massimi assoluti (relativi ai tre periodi stagionali indicati nella normativa) 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 2019 sono riportate in **Tabella 2** e le figure seguenti mostrano l'andamento del numero di movimenti settimanali e giornalieri all'interno dei tre periodi.

Periodo	Settimane di maggior traffico 2019	Numero di movimenti validi	Numero di movimenti totali
Primaverile	14 – 20 aprile	4105	4127
Estivo	14 – 20 settembre	6365	6431
Invernale	01 – 07 ottobre	5937	5974

Tabella 2: Settimane a maggior traffico per il 2019

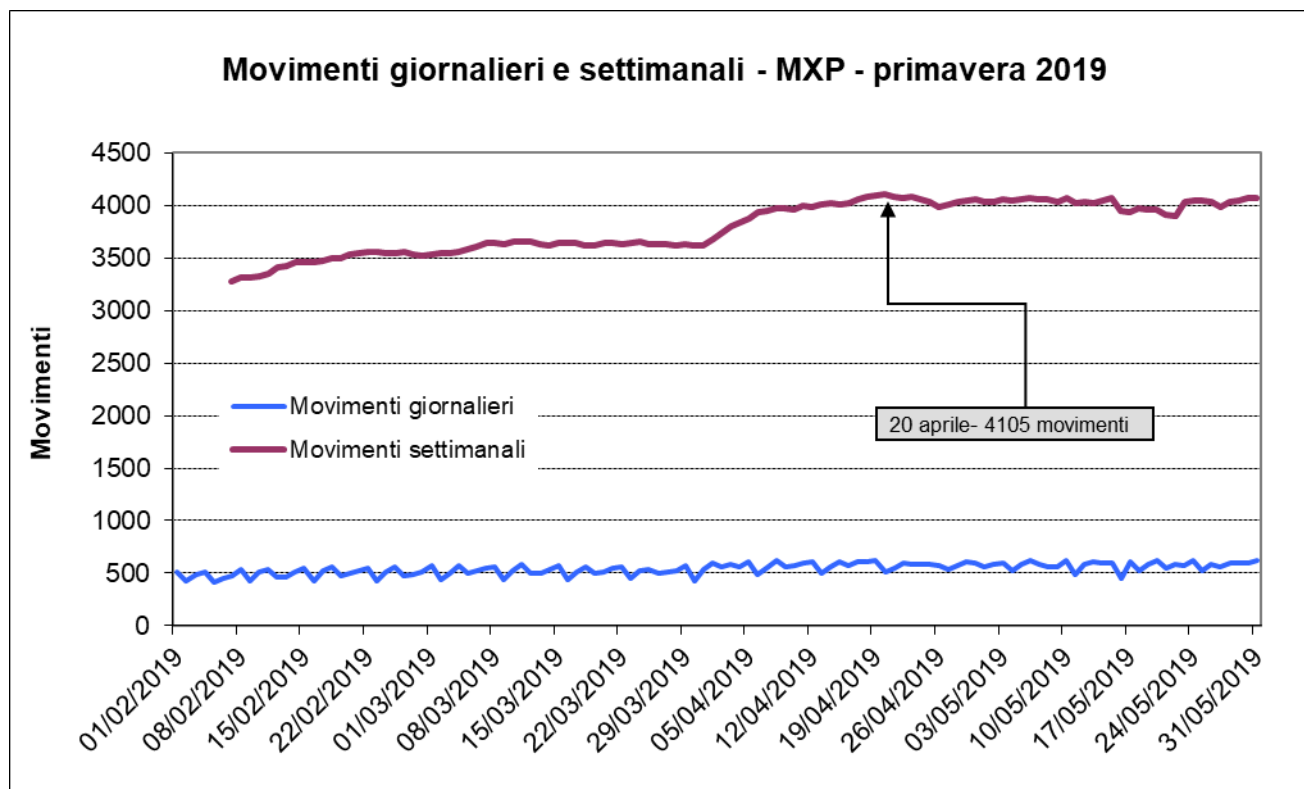


Figura 1: Movimenti giornalieri e settimanali – primavera 2019 (1 febbraio – 31 maggio; DM 31/10/1997).

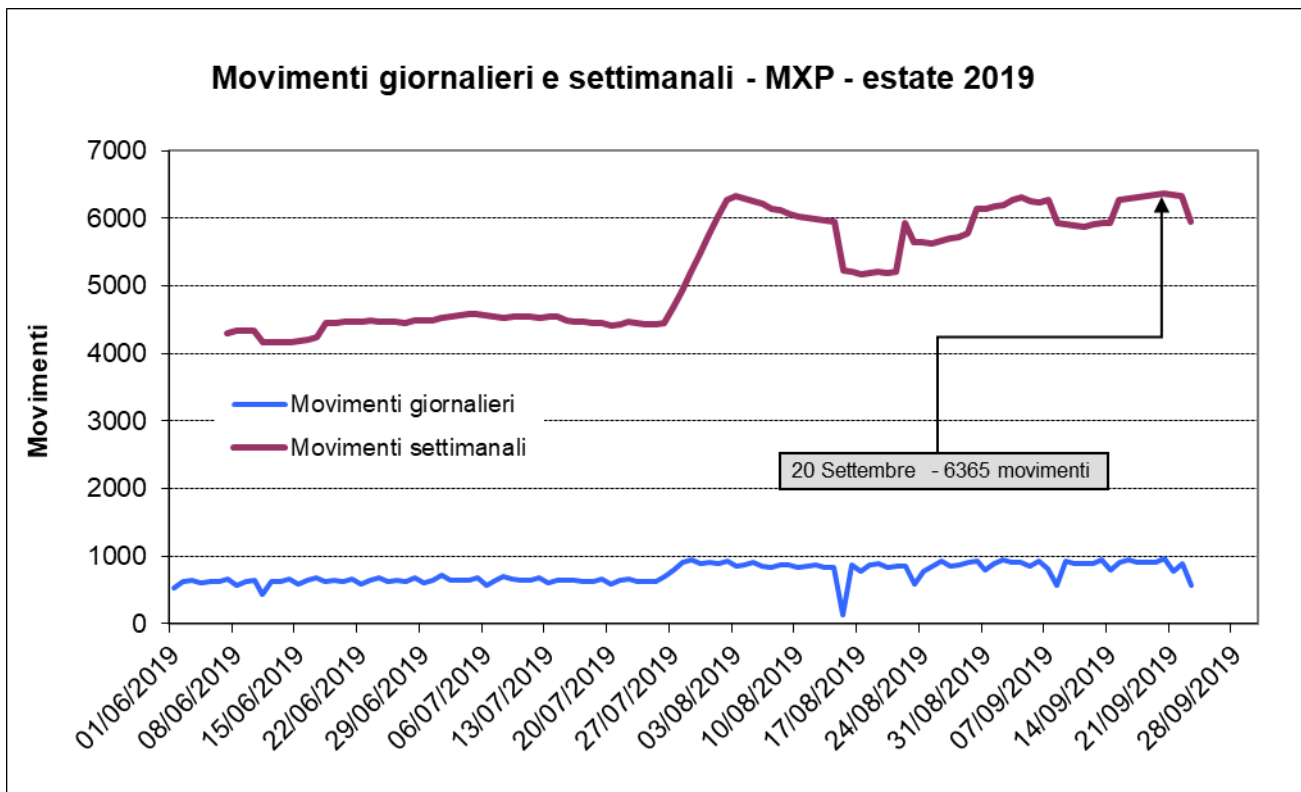


Figura 2: Movimenti giornalieri e settimanali – estate 2019 (01 giugno – 30 settembre; DM 31/10/1997).

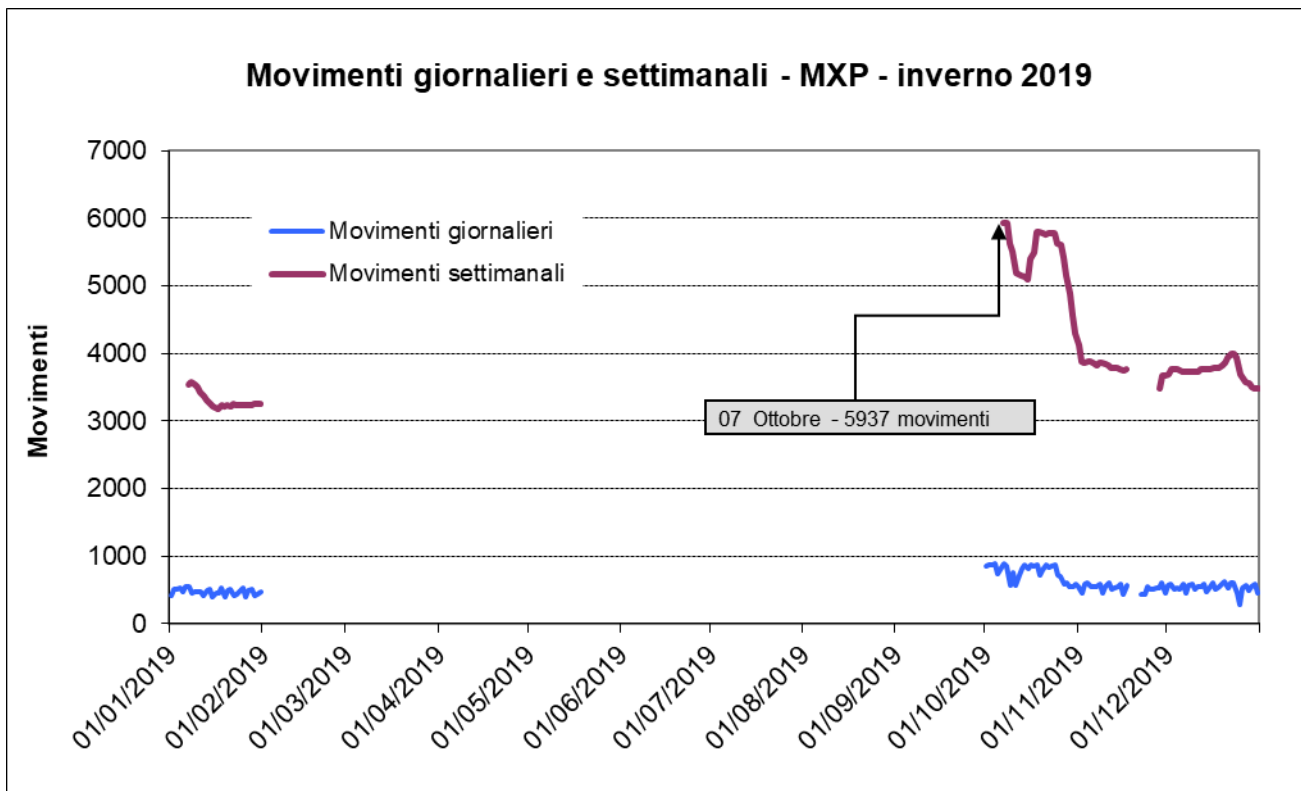


Figura 3: Movimenti giornalieri e settimanali – inverno 2019 (01-31 gennaio, 01 ottobre – 31 dicembre; DM 31/10/1997).

3.4 Dati meteorologici

I dati meteorologici utilizzati sono i valori medi orari di temperatura, pressione e umidità riferiti alla stazione ARPA di Lonate Pozzolo. I dati meteorologici di input inseriti nello studio AEDT consistono nel set di valori mediati sul periodo di riferimento relativo al caso di studio 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 3**).

	Data	Temperatura (°C)	Pressione (millibar)	Umidità [%]
Periodo primaverile	14/04/2019	8,4	987,4	82,1
	15/04/2019	11,7	993,0	69,4
	16/04/2019	12,5	993,2	65,9
	17/04/2019	13,4	993,7	62,3
	18/04/2019	14,3	997,7	58,5
	19/04/2019	15,3	1002,3	55,0
	20/04/2019	15,7	1000,2	54,9
	Media settimanale	13,0	995,3	64,0
Periodo estivo	14/09/2019	21,3	1001,6	75,8
	15/09/2019	21,3	998,4	77,0
	16/09/2019	22,0	992,7	76,8
	17/09/2019	22,5	988,6	74,7
	18/09/2019	20,8	989,2	77,3
	19/09/2019	17,4	993,9	84,3
	20/09/2019	17,2	998,6	63,1
	Media settimanale	20,3	994,7	75,6
Periodo invernale	01/10/2019	18,6	985,6	81,2
	02/10/2019	18,2	978,7	78,3
	03/10/2019	17,2	985,3	38,3
	04/10/2019	12,5	987,2	72,6
	05/10/2019	13,4	983,8	75,3
	06/10/2019	14,6	987,4	77,7
	07/10/2019	14,4	986,6	84,0
	Media settimanale	15,6	985,0	72,5

Tabella 3: Parametri meteo di input relativi all'aeroporto di Malpensa nell'anno 2019 utilizzati per le simulazioni AEDT

3.5 Dati di traffico - Profili e Stage

Per i profili di decollo si è utilizzato il profilo "ICAO A o B" laddove previsto nel database e indicato dalla compagnia aerea; in mancanza di questa informazione si è utilizzato il profilo "STANDARD". Per quanto riguarda gli atterraggi, si sono utilizzati i profili STANDARD per tutti gli aeromobili.

Per il calcolo del livello di rumore presso un punto ricettore, il modello suddivide il profilo di volo in segmenti a ciascuno dei quali sono associate informazioni riguardanti ad esempio la potenza del motore, lo stato del velivolo (bank angle o angolo di virata, impostazione dei dispositivi di volo (flap, ecc..) e la velocità dell'aereo. Sulla base di questi dati viene calcolato il livello di rumore generato dal singolo segmento presso il ricettore. I contributi di tutti i segmenti vengono poi sommati, come viene riportato graficamente in **Figura 4**.

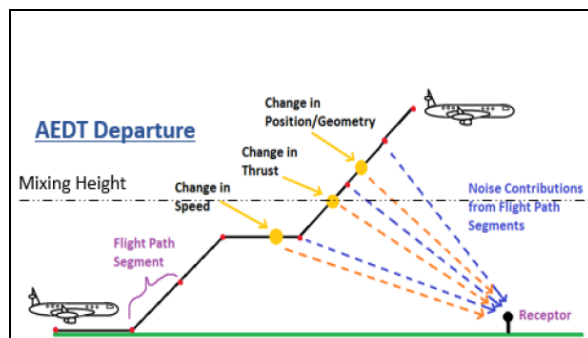


Figura 4: segmentazione del profilo di decollo

Per quanto riguarda lo stage, si tratta di un parametro associato al peso del velivolo. Il data base di AEDT contiene una tabella "Aircraft" che, nella colonna "Flight Profiles", assegna uno o più valori di stage per ogni velivolo, a seconda della tipologia di operazione, del profilo di decollo e del peso. Per quanto riguarda gli atterraggi viene assegnato lo stage 1. Nel caso in esame, il gestore dell'aeroporto ha fornito i pesi massimi al decollo (mtow: maximum take off weight), che sono stati mediati sul totale dei voli per ciascuna tipologia di aeromobile e in base al peso medio è stato individuato lo stage da assegnare per le simulazioni modellistiche. Agli aeromodelli non presenti nelle statistiche è stato attribuito lo stage più cautelativo. In mancanza dell'informazione relativa ai pesi medi al decollo lo stage viene dedotto a partire dalla distanza che l'aeromobile deve percorrere in base a una suddivisione in classi e per famiglia di aeromobili.

4

RISULTATI OTTENUTI PER L'INDICATORE L_{VA} E CALCOLO DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA

4.1 Curve di isolivello

Nella figura riportata di seguito sono rappresentate le curve di isolivello del parametro L_{VA} pari a valori di 60, 65 e 75 dB(A), ottenute dalle elaborazioni effettuate e pertanto rappresentanti i valori 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 con maggior numero di movimenti osservati nello scalo di Malpensa per l'anno 2019. Le isolinee ottenute per il 2019 sono confrontate con le corrispondenti curve calcolate per il 2018.

Il territorio è rappresentato in figura dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia. Le curve sono in formato shapefile ESRI georeferenziato nel sistema WGS84, per poter essere riportate graficamente sullo sfondo di interesse tramite un qualunque sistema di tipo G.I.S.

In **Figura 5** sono rappresentate le isofoniche calcolate per il 2019 messe a confronto con quelle calcolate per l'anno 2018.

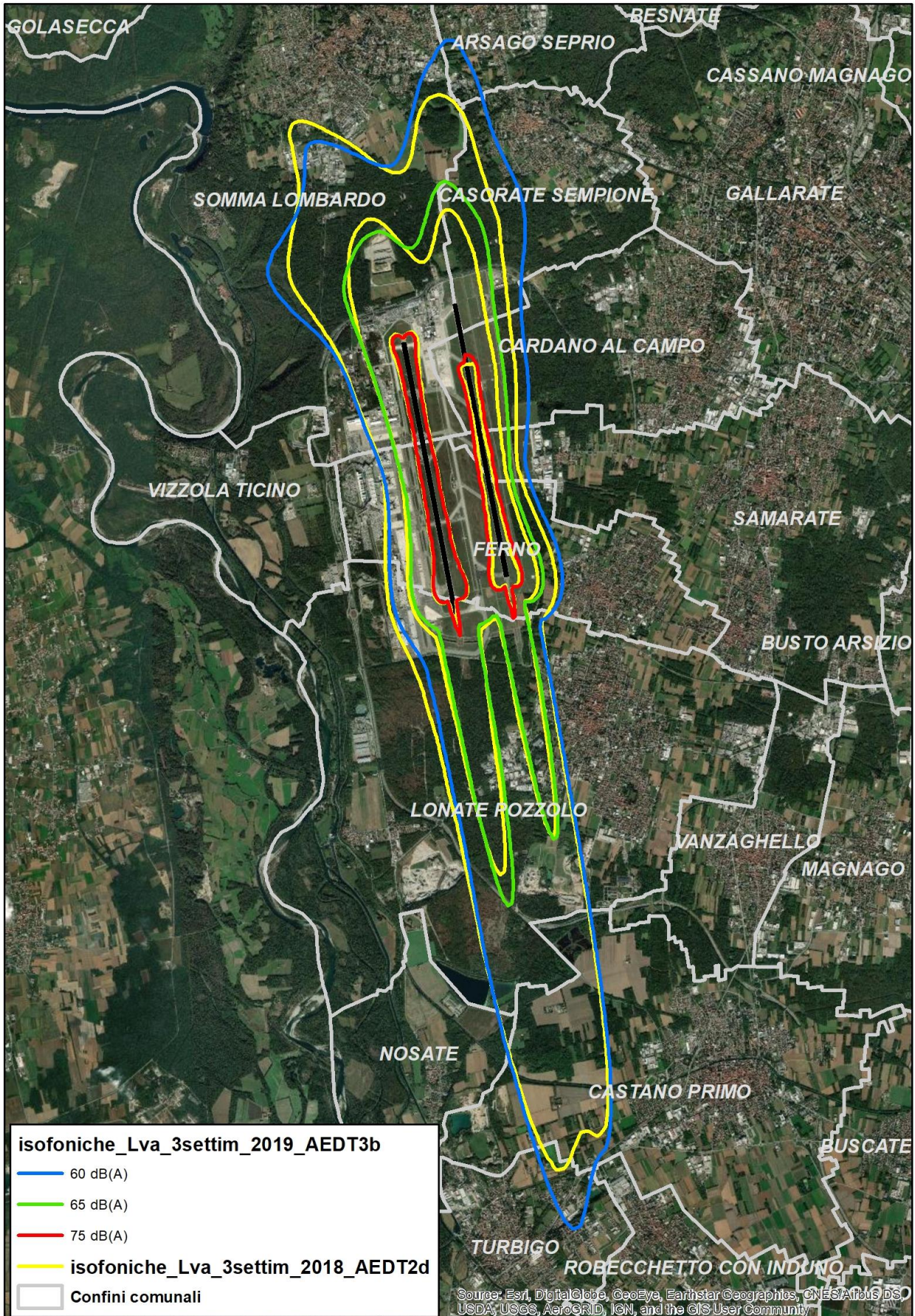


Figura 5: Confronto tra le isofoniche 2019 e quelle calcolate per il 2018

Come anticipato, per le settimane di settembre e ottobre, comprese nel periodo di chiusura dell'aeroporto di Linate, che ha comportato il trasferimento della maggior parte dei voli all'aeroporto di Malpensa, si è registrato un incremento del numero totale dei voli di circa il 48% rispetto alle settimane equivalenti del 2018, con un incremento dei voli notturni pari al 15% circa. Dal confronto con le elaborazioni effettuate per l'anno 2018 si riscontra di conseguenza un allungamento delle curve in direzione sud, in particolare per la curva corrispondente a valori di LVA pari a 60 dB(A) e, solo in corrispondenza dell'asse pista sinistra (35L/17R), per quella relativa ai 65 dB(A).

Le curve che interessano le zone più a nord e a ovest del sedime risultano anch'esse maggiormente estese in generale ma si rileva soprattutto una differente forma rispetto al 2018, con significativi rigonfiamenti in alcune aree e leggere contrazioni in altre, sia per valori di L_{VA} pari a 65 dB(A) sia, in maniera più evidente, per la curva dei 60 dB(A). Occorre ricordare che la settimana estiva del 2018 è stata caratterizzata per cinque giorni su sette dalla chiusura della pista destra, che è stata utilizzata esclusivamente per gli atterraggi. Tale circostanza determina quindi differenze più marcate sul territorio a nord est, interessato dai decolli, e meno marcate sul territorio a sud est, prevalentemente interessato dagli atterraggi.

I dati relativi al traffico aereo durante ciascuna delle tre settimane di maggior traffico del 2019 sono riportati a confronto con il 2018 in **Tabella 4**. E' possibile verificare, oltre ai differenti volumi di traffico (incrementato mediamente sulle tre settimane di maggior traffico di circa il 34% e di circa l'8% per le operazioni notturne), la differente distribuzione del traffico, che vede i decolli verso nord più equamente distribuiti tra le due piste rispetto al 2018 con un maggior traffico però sulle radiali più esterne a est e in particolare a ovest, rispetto a quelle più a nord che giustificano la differente estensione delle curve nel territorio a nord delle piste.

Pista/ operazione	Zona di territorio interessata	primavera				estate				Inverno			
		Totali		Notturni		Totali		Notturni		Totali		Notturni	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Decolli da pista sinistra verso nord	ovest	231	467	2	10	727	786	14	1	260	724	0	1
	nord ovest	277	152	10	4	213	380	10	2	268	315	5	0
	nord nord ovest	479	405	19	14	726	580	18	6	494	585	9	7
Decolli da pista destra verso nord	est	166	334	2	3	37	430	0	14	175	434	9	7
	nord est	245	99	3	1	71	159	2	5	270	136	4	3
	Nord nord est	432	497	12	12	134	798	3	55	439	727	12	54
Decolli verso sud	sud ovest	78	87	46	53	171	36	75	33	100	39	54	37
Atterraggi da sud su pista sinistra	sud ovest	985	1019	135	100	423	1618	84	251	1078	1474	151	195
Atterraggi da sud su pista destra	sud est	967	1026	98	108	1584	1552	67	41	957	1495	59	68
Atterraggi da nord su pista destra	Nord nord est	0	0	0	0	131	0	113	0	0	0	0	0
	totali	3878	4086	328	305	4250	6339	387	408	4058	5929	294	372

Tabella 4: Numero voli totali e notturni nelle tre settimane di maggior traffico del 2018 e 2019.

4.2 Valutazione della popolazione esposta

4.2.1 Dati di popolazione residente

Una volta elaborate le curve isofoniche relative all'indicatore L_{VA} , è possibile calcolare il numero di residenti esposti ai diversi livelli di rumore aeroportuale. A tal fine è necessario disporre dei dati georeferenziati di popolazione aggiornati al periodo considerato.

I dati qui utilizzati per il calcolo della popolazione esposta sono stati acquisiti dai Comuni dell'intorno aeroportuale di Malpensa e sono aggiornati al 2019. Mediante l'utilizzo del software ArcMap 10.5.1 sono state pertanto caricate le coordinate geografiche fornite dai Comuni corrispondenti agli indirizzi dei residenti secondo il sistema di riferimento: WGS_1984_UTM_Zone_32N.

4.2.2 Calcolo della popolazione esposta

Una volta elaborate le curve isofoniche relative all'indicatore L_{VA} si è proceduto mediante il software ArcMap 10.5.1 ad individuare gli indirizzi ricadenti nelle aree delimitate dalle curve di isolivello per poter così calcolare il numero di residenti esposti a livelli di L_{VA} compresi tra 60 e 65 dB(A), tra 65 e 75 dB(A) e maggiori di 75 dB(A), corrispondenti ai limiti previsti per le zone A, B e C dell'intorno aeroportuale.

Il numero di persone esposte ai diversi intervalli di livello di L_{VA} indicati, arrotondato alla decina, è riportato nella **Tabella 5** per l'anno 2018 e in **Tabella 6** per l'anno 2019. La tabella relativa all'anno 2019 è stata integrata con i dati di popolazione residente nei Comuni di Castano Primo, Robecchetto con Induno e Turbigo che non erano disponibili per il 2018.

Comune	L _{VA} dB(A)			Popolazione esposta
	60-65	65-75	>=75	Totale complessivo
SOMMA LOMBARDO	300	80*	0	380*
ARSAGO SEPRIO	0	0	0	0
CASORATE SEMPIONE	10	0	0	10
FERNO	10	0	0	10
LONATE POZZOLO	200*	60*	0	260*
Totale complessivo	520*	140*	0	660*

Tabella 5: residenti esposti a livelli di LVA superiori a 60 dB(A) anno 2018 (* errata corregge rispetto ai dati pubblicati nella relazione per l'anno 2018)

Comune	L _{VA} dB(A)			Popolazione esposta
	60-65	65-75	>=75	Totale complessivo
SOMMA LOMBARDO	230	80		310
ARSAGO SEPRIO	80	0	0	80
CASORATE SEMPIONE	350	0	0	350
FERNO	10	0	0	10
LONATE POZZOLO	210	60	0	270
CASTANO PRIMO	120	0	0	120
ROBECCHETTO CON INDUNO	0	0	0	0
TURBIGO	610	0	0	610
Totale complessivo	1610	140	0	1750

Tabella 6: residenti esposti a livelli di LVA superiori a 60 dB(A) anno 2019

Come già indicato nelle precedenti relazioni, i residenti presenti nella fascia di rumore superiore a 65 dB(A) nel comune di Somma Lombardo, sono principalmente i residenti di due caserme in zona Case Nuove.

Si osserva inoltre come, rispetto al 2018, nel 2019 la popolazione esposta a livelli di rumore aeroportuale superiori a 60 dB(A) sia aumentata in maniera significativa, con un aumento che interessa esclusivamente la fascia 60-65 dB(A).