

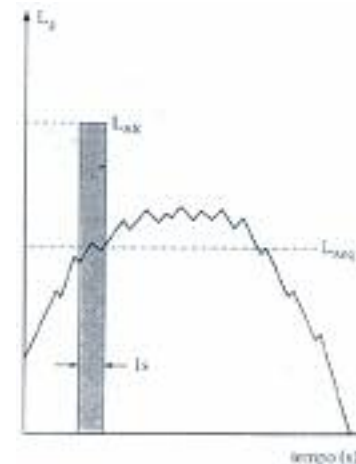
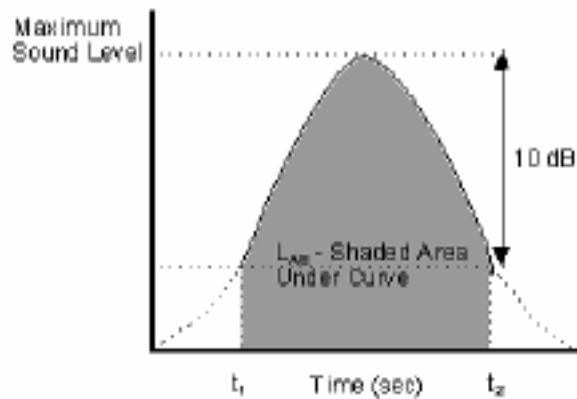


Il Sound Exposure Level (Single Event Level), L_{AE}

Sia il rumore generato dal traffico ferroviario (passaggi dei treni) sia quello generato dal traffico aeroportuale (operazioni di volo degli aeromobili) vengono valutati attraverso un indicatore che quantifica l'energia sonora del singolo evento

$$L_{AE} = 10 \log \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt$$

dove **T è pari a 1 secondo**, t_1 e t_2 definiscono l'intervallo di tempo il cui il livello sonoro L_A si trova entro 10 dB dal valore massimo



Il SEL può essere calcolato a partire dal *Livello equivalente continuo*

$$L_{AE} = L_{Aeq} + 10 \log \frac{T}{1 \text{ sec}}$$



Normativa di riferimento – Aspetti principali

DPR 18 novembre 1998, n. 459, “Regolamento recante norme di esecuzione dell’articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario”

Fasce di pertinenza e limiti (Art 3, 4 e 5)

A partire dalla mezzzeria dei binari esterni e per ciascun lato sono fissate fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture della larghezza di:

a) m 250 per le infrastrutture esistenti (e per le infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a queste) con velocità di progetto non superiore a 200 km/h. Tale fascia viene suddivisa in due parti: la prima, più vicina all’infrastruttura, della larghezza di m 100, denominata fascia A; la seconda, più distante dall’infrastruttura, della larghezza di m 150, denominata fascia B.

I limiti sono 70 dB(A) Leq diurno, 60 dB(A) Leq notturno per la fascia A e 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno per la fascia B.

b) m 250 per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h.

I limiti sono 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno.

Per scuole, ospedali, case di cura e di riposo valgono invece 50 dB(A) Leq diurno, 40 dB(A) Leq notturno.

Al di fuori delle fasce si applicano i limiti previsti nel D.M. 14/11/1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”.

Per tutte le infrastrutture di trasporto non è applicato il criterio differenziale

Normativa di riferimento – Aspetti principali

DM 16 marzo 1998 “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico*”

Allegato C, Metodologia di misura del rumore ferroviario:

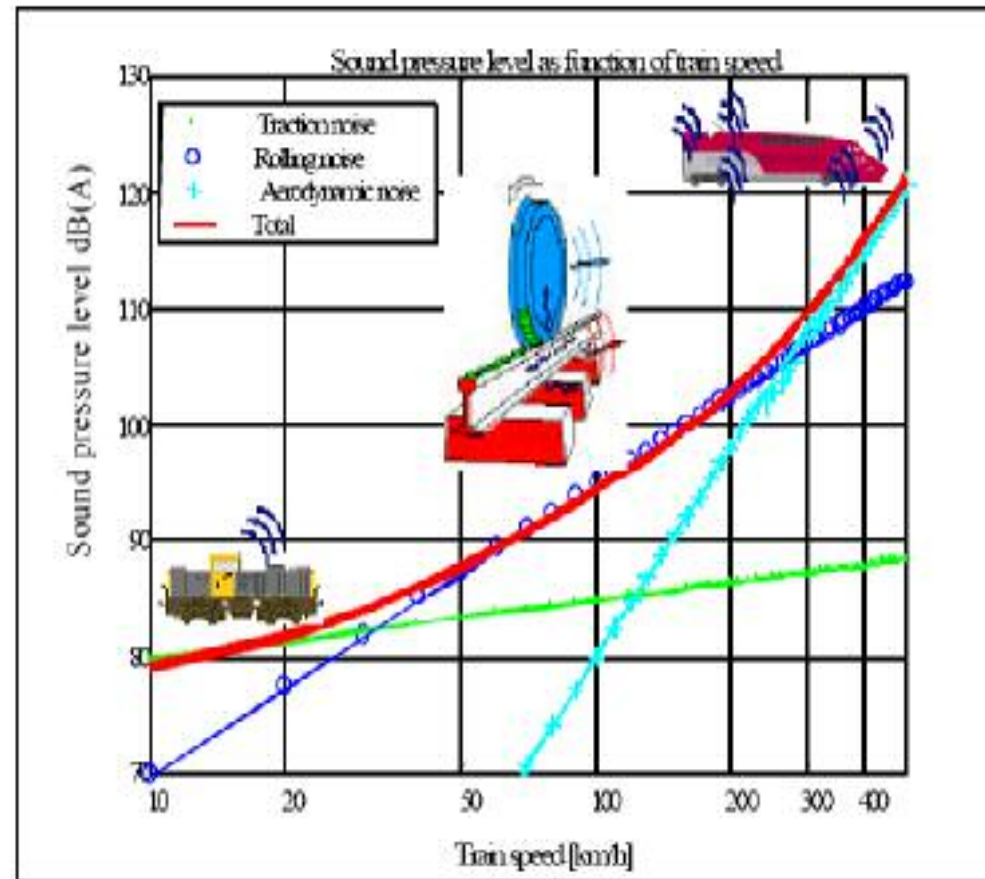
- microfono con cuffia antivento, 1 m dalla facciata degli edifici più esposti, 4 m altezza
- costante di tempo Fast, misura del SEL (LAE) degli eventi sulle 24 ore di osservazione, da cui il livello equivalente per il periodo di riferimento (diurno, notturno)

$$L_{Aeq} = 10 \operatorname{Log} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0.1(L_{AEi})} = 10 \operatorname{Log} \sum_{i=1}^n 10^{0.1(L_{AEi})} - k$$

k pari a 47.6 periodo diurno (06-22) e 44.6 periodo notturno (22-06).

Condizione L_{AFmax} superiore di 10 dB(A) rispetto al rumore di fondo. Transiti invalidati da eventi eccezionali sostituiti dal valor medio del campione di riferimento. Misura valida se transiti invalidati < 10%.

Fischi in prossimità stazione. No componente tonale stazionaria nel tempo e in frequenza. No evento sonoro impulsivo perchè tipicamente durata superiore a 1 sec

Caratterizzazione rumore ferroviario

Componenti prevalenti:

- rumore della motrice,
- rumore generato dal contatto ruota-rotaia,
- rumore aerodinamico.

Tecniche di riduzione del rumore ferroviario

- Retrofitting delle **suole frenanti** in ghisa con suole in materiale sintetico, LL e K (7dB - 10dB)
- **Molatura** (grinding) acustica delle rotaie (3dB), costo approssimativo 1 km 5.000 euro
- **Barriere antirumore**, tipologia e altezza (1 km fino a 1 mil euro)



- Interventi di insonorizzazione al **recettore**

Simulazione

Modelli di simulazione tipicamente basati su metodo ray-tracing

Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 che istituisce delle linee guida per la gestione del rumore prevede impiego modello olandese RMR, Reken en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai **1996**

Analisi GIS per determinare le fasce ed eventuali superamenti (Piani risanamento, DM 29 novembre 2000 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”)

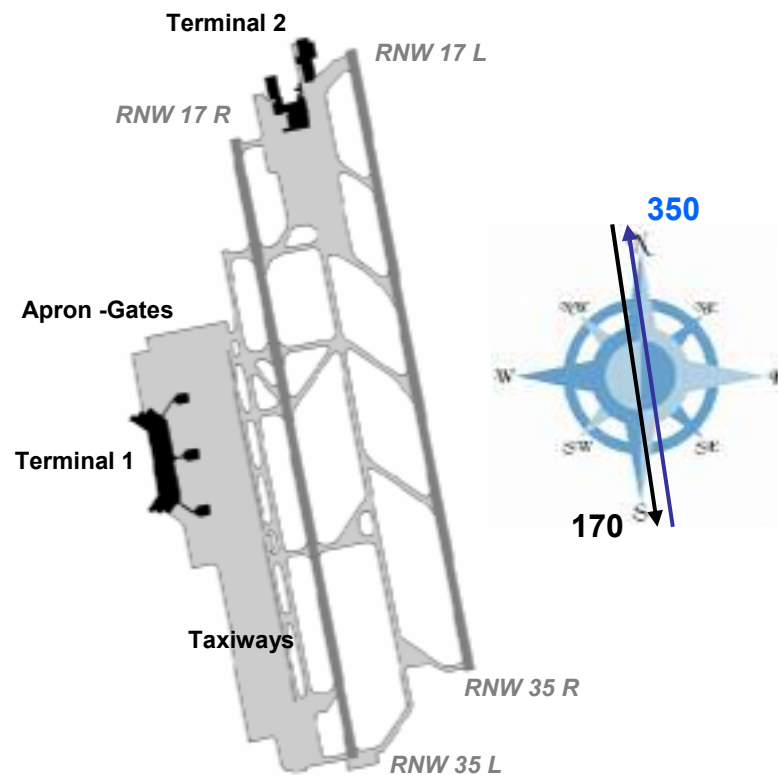




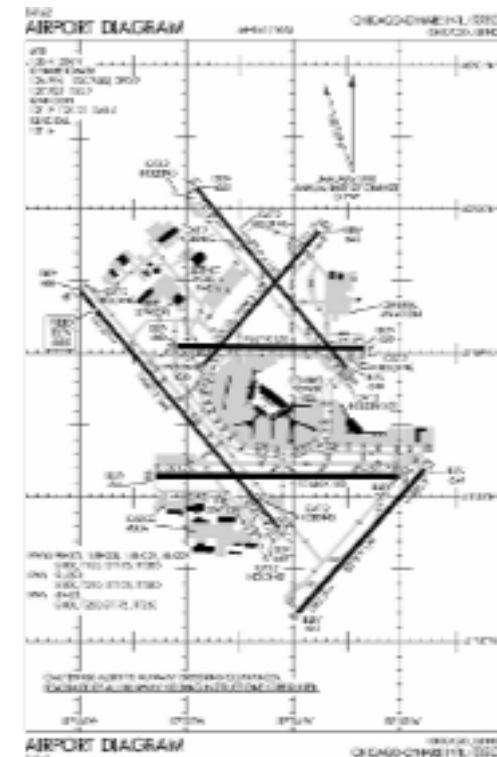
Aviazione Civile – Infrastrutture Aeroportuali

L'impatto ambientale nelle aree circostanti un aeroporto, soprattutto per quanto concerne il rumore, è determinato principalmente da tre fattori:

- il traffico aereo (dimensioni e flotta);
- la configurazione delle piste e la modalità di utilizzo;
- la configurazione delle rotte di decollo (e di avvicinamento);



Milano Malpensa



Chicago O'Hare

Aviazione Civile – I diversi attori nella gestione del rumore aeroportuale

*Procedure;
Controllo
(violazione);*

ANSP (ATM)
EuroControl, ENAV

*Flotta;
Procedure di volo;
Rispetto rotta;*

AIRLINES
IATA, AOC



CAA
ICAO-ECAC (EASA), ENAC

*Promuove politiche di mitigazione;
Coordinamento;*

AIRPORTS
ACI, Assaeroporti

*Monitoraggio;
Attua politiche di mitigazione;*

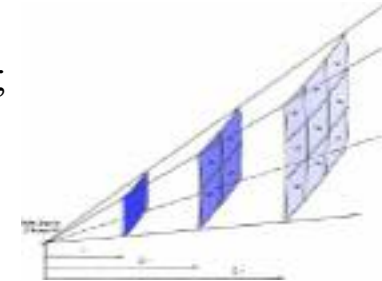
Enti di Protezione Ambientale (ARPA, MATT)

*Stesura delle norme;
Controllo del loro rispetto;*

Il rumore aeroportuale. Propagazione e contenimento

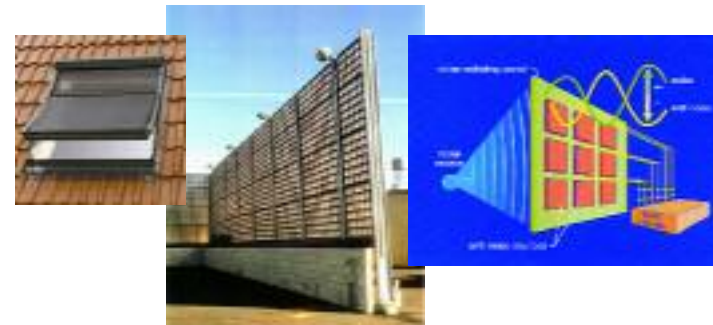
Gli aspetti che governano la propagazione sono:

- la divergenza sferica (velivolo è una sorgente puntuale in movimento, $6 \text{ dB}/2d$);
- la direttività (assunta omindirezionale);
- le condizioni meteo:
 - assorbimento atmosferico (e.g. 20° , 50%, 1000 Hz, $0,5 \text{ dB}/100\text{m}$);
 - direzione e velocità del vento;
 - gradienti di temperatura (velocità del suono);
- le riflessioni terreno in *initial climb* e *final approach*;



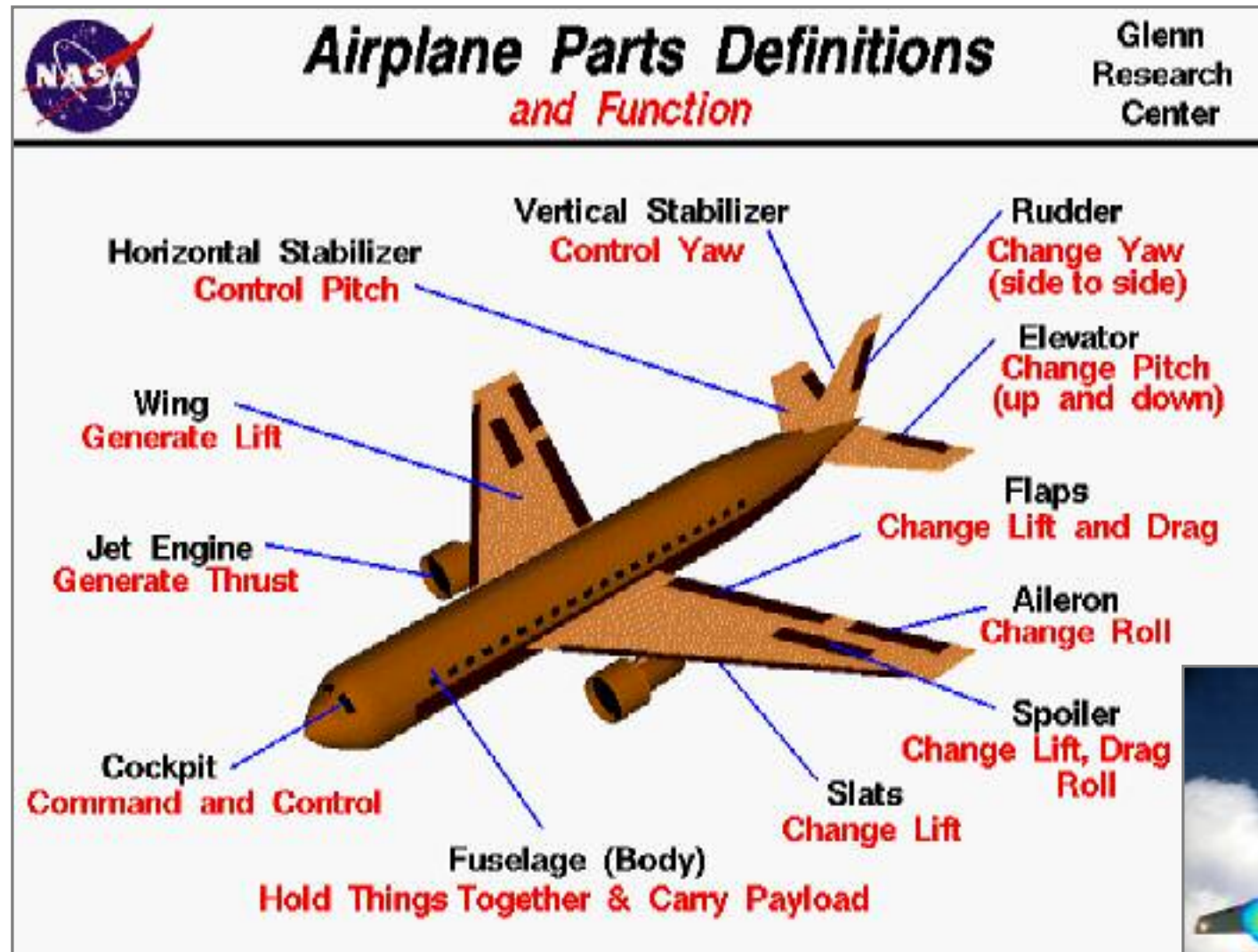
La mitigazione al recettore è limitata a:

- il rispetto dei requisiti acustici passivi;
- il controllo attivo;
- le barriere (solo per prove motori);



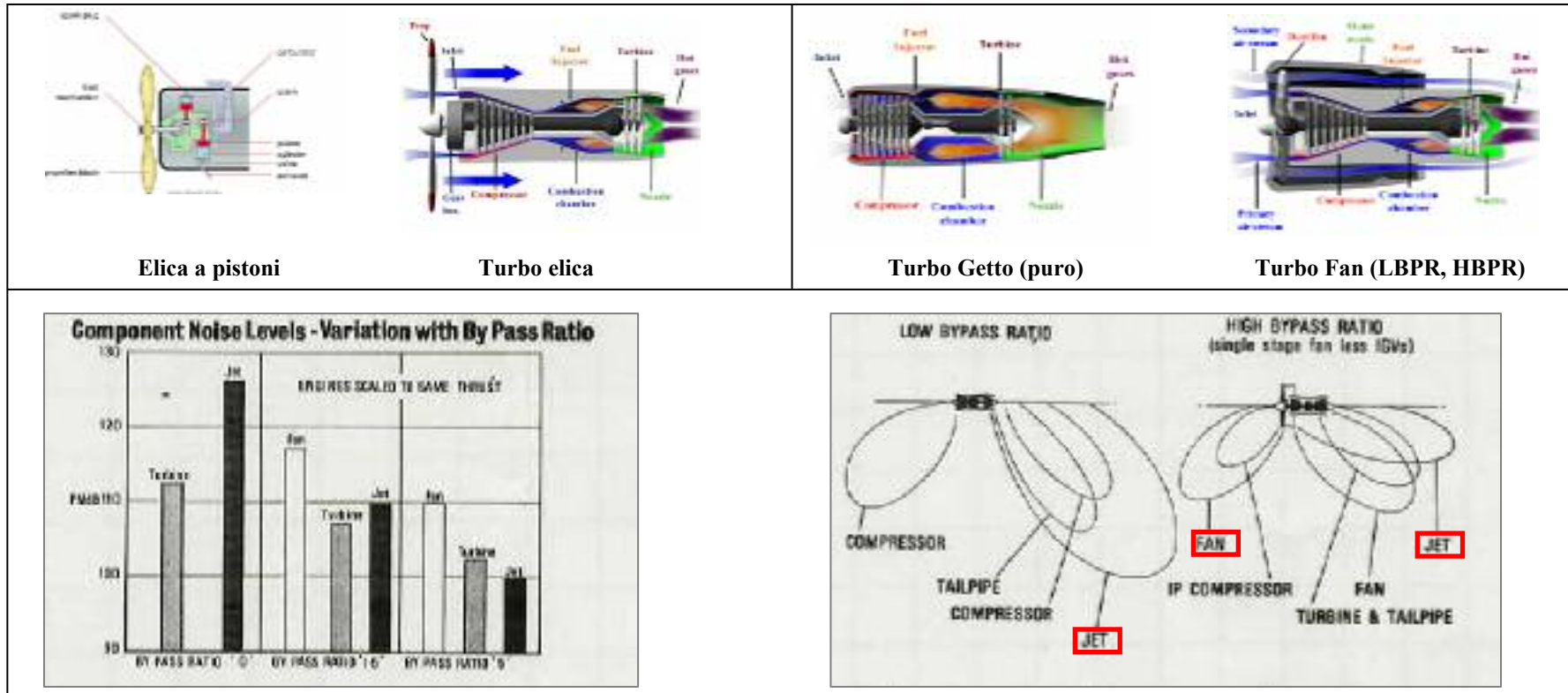
Più generalmente si parla di gestione del rumore: il concetto base è quello dell'*approccio equilibrato* che prevede:

1. l'attenuazione rumore alla sorgente;
2. le procedure (aeronautiche) antirumore;
3. la gestione territorio;
4. le restrizioni operative.

Caratterizzazione delle sorgente del rumore aeronautico

Caratterizzazione delle sorgente del rumore aeronautico

Engine



APU



Rumore aeronautico di forma



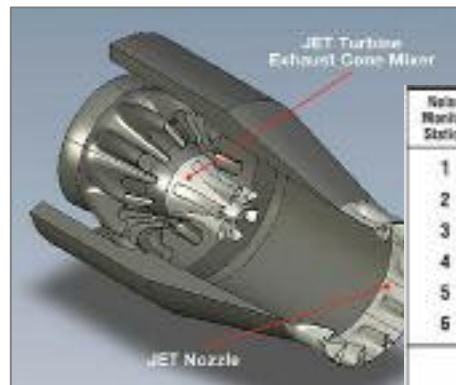
I carrelli (An 124)



Ipersostentatori

Caratterizzazione delle sorgenti del rumore aeronautico

Engine, mitigazione ed evoluzione

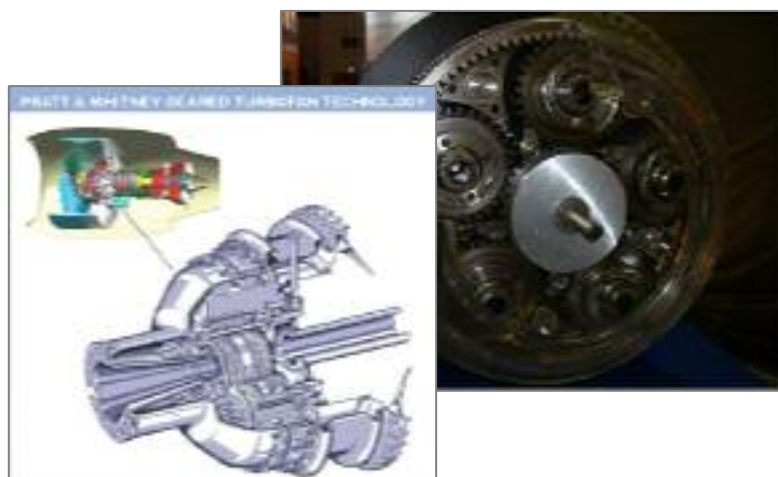


Noise Meter Station	MD-82 dB	SuperQ MD80 dB	Change dB
1	73.0	70.5	-2.2
2	89.7	86.9	-2.8
3	84.2	82.1	-2.1
4	111.2	108.8	-2.4
5	92.5	91.1	-1.4
6	80.8	80.4	-0.4
		Average	-1.9
		Average TD	-2.4
		Average LND	-0.9

Hushkit – ComTran SuperQ MD80



Nacelles - Chevrons (RR Trent 1000 – B787) e Intake



Geared Turbo Fan – Pratt&Whitney



Open Rotor (Unducted Turbo Fan)

ICAO Annesso 16 – Environmental Protection Volume I

L'ICAO, l'Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile, promuove politiche di contenimento degli impatti ambientali, promulgando e aggiornando norme tecniche che impongono il rispetto di limiti di emissioni, sia sonore, sia di inquinati, ai nuovi aeromobili. La norma di riferimento principale è l'ANNESSE 16 (parte degli Allegati Tecnici alla Convenzione di Chicago con cui è stato istituito l'ente). In particolare per il rumore ci si riferisce al Volume I.

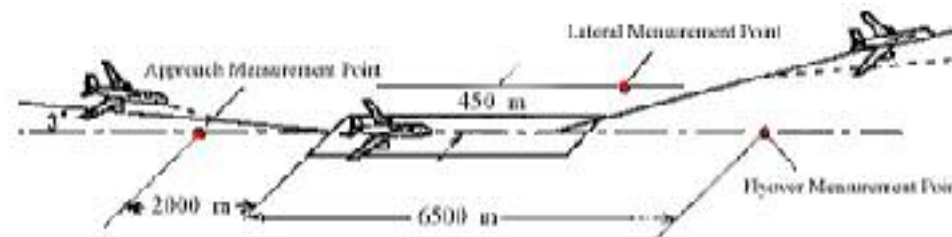
La certificazione acustica degli aeromobili avviene misurando il rumore in tre punti, i Reference Noise Measurement Points:

• Lateral full-power reference noise measurement point, si distinguono:

- velivoli turbogetto: il punto posto su una linea parallela alla pista distante 450 m dove si misura, attraverso un array di microfoni, il livello più alto relativamente alla fase di decollo
- velivoli a elica: la proiezione sul prolungamento della pista del punto in cui l'aeromobile si trova, arrampicando a spinta massima, a quota 650 m

• Flyover reference noise measurement point, il punto sul prolungamento della pista posto a 6,5 km dal quello di inizio rullaggio

• Approach reference noise measurement point, il punto sul prolungamento della pista posto a 2,0 km dalla soglia, assunto che l'avvicinamento si compia su un piano inclinato di 3° (glide slope) su quello orizzontale intersecato a 300 m oltre la soglia.



ICAO Annesso 16 – Environmental Protection Volume I: limiti capitolo 3 e capitolo 4

Sono previsti diversi Capitoli a cui corrispondono diverse tipologie di aeromobili. Per ciascuno sono fissati dei Maximum Noise Levels di una metrica specifica, l'Effective Perceived Noise Level, EPNL. Per gli aeromobili ad ala fissa valgono i limiti indicati nei capitoli 3 e 4. In particolare il capitolo 4 è derivato dal capitolo 3 che prevede:

Nel *Lateral full-power reference noise measurement point*: 103 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo superiore a 400.000 kg decrescendo linearmente rispetto al logaritmo della massa fino al limite di 94 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo pari a 35.000 kg (al di sotto del quale rimane costante) - (A380, Trent 972, 560 tons - 94.6; B747-400, 396 tons, RB211; 98)

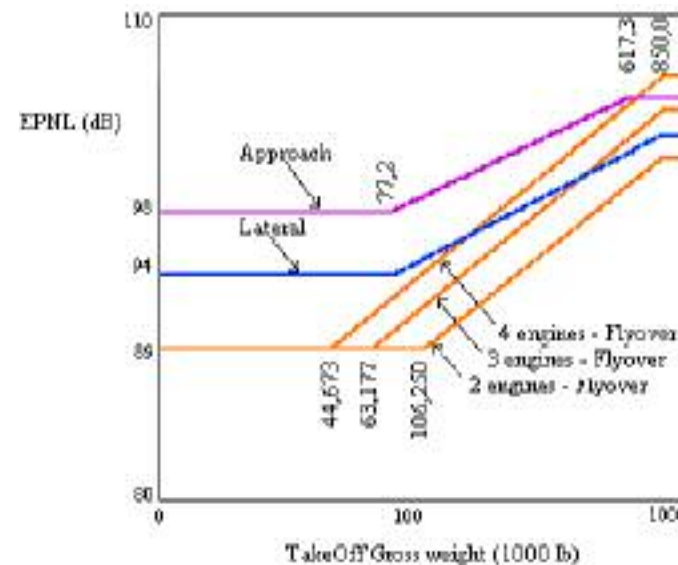
Nel *Flyover reference noise measurement point*, si distinguono:

- aeromobili con 2 motori: 101 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo superiore a 385.000 kg decrescendo linearmente rispetto al logaritmo della massa con rateo di 4 EPNdB al dimezzamento della massa fino al limite di 89 EPNdB
- aeromobili con 3 motori: 104 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo superiore a 385.000 kg decrescendo linearmente rispetto al logaritmo della massa con rateo di 4 EPNdB al dimezzamento della massa fino al limite di 89 EPNdB
- aeromobili con 4 motori: 106 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo superiore a 385.000 kg decrescendo linearmente rispetto al logaritmo della massa con rateo di 4 EPNdB al dimezzamento della massa fino al limite di 89 EPNdB - (A380 - 94.5; B747-400 - 99.2)

Nell'*Approach reference noise measurement point*: 105 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo superiore a 280.000 kg decrescendo linearmente rispetto al logaritmo della massa fino al limite di 98 EPNdB per aeromobili con peso massimo al decollo pari a 35.000 kg - (A380 - 97.6; B747-400 - 103.4)

ICAO Annesso 16 – Environmental Protection Volume I: limiti capitolo 3 e capitolo 4

Maximum Noise Levels, Capitolo 3:



Trade-Offs:

I livelli possono essere superati in 1 o 2 punti, fatto salvo che:

- la somma dei superamenti non sia superiore a 3 EPNdB
- il superamento massimo non sia superiore a 2 EPNdB
- i superamenti siano compensati da riduzioni nell'altro punto/negli altri punti

Maximum Noise Levels, Capitolo 4:

- i valori limite previsti al capitolo 3 devono essere rispettati strettamente in ciascun punto
- la somma delle differenze fra i valori limite definiti nel Capitolo 3 e i livelli misurati nei tre punti non deve essere inferiore a 10 EPNdB
- per qualsiasi coppia di punti la somma di tali differenze non deve essere inferiore a 2 EPNdB (trade-off)

I dati di certificazione EASA (Type Certificate DataSheet for Noise, TCDSN)

<http://www.easa.europa.eu/certification/type-certificates/noise.php>

TCDSN EASA.0164
Issue 5, 17 March 2010

Page 1/168

European Aviation Safety Agency

EASA

**TYPE-CERTIFICATE
DATA SHEET FOR NOISE**

AIRBUS A318 – A319 – A320 – A321

Type Certificate Holder:
Airbus
1 Rond-Point Maurice Bellonte
31731 BLANCAET
FRANCE

For models: A318-111 A319-111 A320-111 A321-111
A318-112 A319-112 A320-211 A321-112
A318-121 A319-113 A320-212 A321-131
A318-122 A319-114 A320-214 A321-211
A319-115 A320-215 A321-212
A318-131 A321-213
A318-132 A320-231 A321-214
A319-133 A320-232 A321-231
A320-233 A321-232

Issue 5, 17 March 2010

TCDSN EASA.0164
Issue 5, 17 March 2010

Page 12/168

Type Certificate Holder¹ Airbus

Engine/Manufacturer² CFM

Aircraft Type Designation³ A321-212

Engine Type Designation⁴ CFM56-5B13

Additional modifications essential to meet the requirements or needed to obtain the certified noise levels⁵ ST-67, ST-70, 14-155 (12071, 12007), Technology Insertion program (TIP), Improved fan frame forward panels, Basic RFP (Enhanced acoustic duct receiver, Core chevron nozzle)

Noise Certification Basis: ICAD Annex 16, Volume I Edition: Amendment Chapter⁶ 4

EASA Record No.	Variant	Maximum Mass		Lateral EPNL		Power EPNL		Approach EPNL		Certified Weight
		Take-off (kg)	Landing (kg)	Level ⁷	Limit	Level ⁷	Limit	Level ⁷	Limit	
A30645	011	93.500	77.000	92.4	97.0	92.5	97.0	92.5	96.5	101.0
A30646	001	93.000	77.000	92.2	97.0	92.5	97.0	92.8	96.8	101.0
A30647	005	91.000	77.000	92.8	97.8	93.8	97.7	94.8	98.8	101.2
A30648	002	89.000	77.000	92.9	97.5	97.5	97.6	92.6	96.6	101.7
A30649	006	89.000	75.000	92.9	97.8	97.8	97.8	92.6	96.2	101.7
A30650	004	87.000	75.000	92.8	97.4	97.5	97.4	92.4	96.0	101.7
A30651	010	85.000	77.000	94.0	97.2	94.0	97.2	94.0	96.8	101.0
A30652	005	95.000	75.000	94.0	97.2	96.2	97.2	96.2	96.2	101.0
A30653	008	93.000	75.000	94.1	97.0	95.0	97.0	95.0	96.0	100.9
A30654	007	93.000	75.000	94.1	97.2	95.0	97.2	95.2	96.1	100.9

¹ Items not marked as EPNL exhibit or EASA Form 01

² For certification with reduced noise contribution through modification of engine or propeller

Continued over page

L'Effective Perceived Noise level, EPNL

Si tratta di un indicatore riferito all'intero evento sonoro costruito a partire dai valori di pressione sonora (istantanei, campionamento di 500 ms, e per banda di $\frac{1}{3}$ di ottava). Tiene conto di irregolarità nello spettro e della durata.

In particolare la procedura di determinazione dell'EPNL prevede 5 fasi:

1. conversione dei $SPL(i,k)$ in “perceived noisiness”, $n(i,k)$, e conseguente calcolo della “total perceived noisiness”, $N(k)$, trasformata poi in **Perceived Noise Level, PNL(k)**

$$N(k) = 0.85 n(k)_{\max} + 0.15 \sum_{i=1}^{24} n(i,k) \quad \Rightarrow \quad PNL(k) = 40.0 + \frac{10}{\log 2} \log N(k)$$

2. “correction for spectral irregularities”, $C(k)$, ottenuta a partire dal calcolo dei cosiddetti “slopes” [$s(i,k) = SPL(i,k) - SPL(i-1,k)$] in un processo a due iterazioni che rielabora lo spettro [$SPL'(i,k)$ e $SPL''(i,k)$], attraverso la determinazione di valori differenza [$F(i,k) = SPL(i,k) - SPL''(i,k)$] fra lo spettro originale e quello rielaborato.

3. dal valore massimo sullo spettro $C(k)$ calcolo del **Tone Corrected Perceived Noise Level, PNLT(k)** = $PNL(k) + C(k)$, e conseguente determinazione del suo valore massimo durante l'evento (su tutti i livelli(k)), $PNLTM$

4. determinazione del **duration correction factor, D**

5. calcolo dell'**Effective Perceived Noise Level, EPNL** = $PNLTM + D$

Approssimativamente per distanze sorgente/recettore di 500-1000 m si può assumere

$$EPNL = SEL + 3 \div 5 \text{ dB}$$

Riferimenti normativi nazionali

Il rumore aeroportuale è regolamentato dai decreti attuativi della **Legge 447/95 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”**:

- DM 31/10/97 “Metodologia di misura del rumore aeroportuale”;
- DM 20/5/99 “Criteri di progettazione dei sistemi di monitoraggio”;
- DM 3/12/99 “Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti”;

Vanno inoltre ricordati:

- D.P.C.M. 13/12/99 (Decreto D’Alema) “Trasferimento programmato dei voli da Linate a Malpensa”;
- DPR 496/97 “Regolamento recante norme per la riduzione dell’inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili”;

Riferimenti normativi europei

Più recentemente la Commissione europea ha promulgato delle Direttive che sono state recepite dal Parlamento italiano:

- Direttiva 2002/30/CE (D.Lgs n.13, 17.1.2005): Approccio equilibrato (Restrizioni Operative – 5 anni)
- Direttiva 2002/49/CE (D.Lgs n.194, 19.8.2005): Mappatura acustica con Lden e Lnight

Assume inoltre rilevante importanza la Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 che istituisce delle linee guida per la gestione del rumore indicando gli algoritmi di calcolo di riferimento:

ECAC Doc 29 (versioni 1997, rivista nel 2004, INM)

La Commissione aeroportuale ex art 5 DM 31/10/1997 e indice LVA

La Commissione aeroportuale (ENAC, Enti locali, ARPA, ENAV, AOC, Gestore, MATT) ha il compito di:

Definire le procedure antirumore entro 90 dal suo insediamento (Scenario di traffico a minor impatto);

Individuare le Zone A, B, C (LVA);

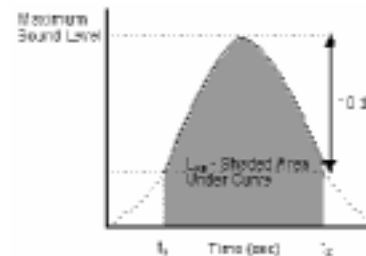
LVA, Livello di valutazione del rumore aeroportuale:

- È la metrica di riferimento per la determinazione delle mappe acustiche. È definita rispetto a un campione medio per le tre settimane a maggior traffico nell'anno, una per quadrimestre (1 febbraio-31 maggio; 1 giugno-30 settembre; 1 gennaio-31 gennaio e 1 ottobre-31 dicembre);
- Simile al DNL americano, è costruita attraverso la misura del SEL di eventi diurni (06.00-23.00) e notturni (00.00-06.00, 23.00-00.00) relativi al traffico di Aviazione Civile. Sono esclusi traffico militare e voli di Emergenza, Pubblica Sicurezza, Soccorso, Protezione Civile;
- Le misure possono essere effettuate con strumentazione assistita, o non assistita con fonometro Classe I con caratteristiche previste dalla norme CEI 29-1 e CEI 29-10; nel caso di misurazione non assistita devono essere impostati i Criteri di Soglia e Durata ed effettuata una calibrazione ogni 24 ore;
- Per la sua determinazione è previsto l'uso di modelli di calcolo previsionali. In particolare una Circolare ANPA (poi APAT, oggi ISPRA) autorizza l'impiego del modello INM;

LVA, il calcolo del Livello di valutazione del rumore aeroportuale



SEL



Misurato nell'intervallo di tempo in cui il livello è contenuto entro 10 dB dal valore massimo.

$$\left. \begin{aligned} LVA_d &= 10 \log \left[\frac{1}{T_d} \sum_i^{N_d} 10^{\frac{SELi}{10}} \right] \\ LVA_n &= 10 \log \left[\frac{1}{T_n} \sum_k^{N_n} 10^{\frac{SELk}{10}} \right] + 10 \end{aligned} \right\}$$

$$LVA_j = 10 \log \left[\frac{17}{24} \cdot 10^{\frac{LVA_d}{10}} + \frac{7}{24} \cdot 10^{\frac{LVA_n}{10}} \right]$$

21 giorni

$$LVA = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_j^N 10^{\frac{LVA_j}{10}} \right]$$

La zonizzazione acustica aeroportuale

Il decreto prevede che, definite le procedure antirumore e determinato lo scenario di minor impatto di riferimento, sulla base della mappatura prodotta, si individuino sul territorio limitrofo l'aeroporto tre aree di rispetto:

- *Zona A, 60-65 LVAdB: Nessuna limitazione;*
- *Zona B, 65-75 LVAdB: Attività agricole e di allevamento, attività industriali, uffici e servizi con adeguate misure di isolamento acustico;*
- *Zona C, oltre 75 LVAdB: Attività funzionalmente connesse all'aeroporto;*

Al di fuori di queste aree sono in vigore i limiti di emissioni e immissione previsti dal D.M. 14/11/1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore” ossia quelli individuati in ambito della pianificazione acustica comunale.

Nel caso di superamento sono previsti interventi di mitigazione.

Sistema di monitoraggio

I principali riferimenti normativi sono:

D.M. 20/5/99 “Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico”;

D.G.R. 11/10/2005 n. 808 "Linee guida per conseguire il massimo grado di efficienza dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale in Lombardia“;

Gli aspetti principali di un *Noise Monitoring System*:

Obiettivi:

Misurare in continuo, calcolare gli indici di rumore, verificare le violazioni delle procedure, gestire le lamentele;

Composizione:

Stazioni fonometriche, meteorologiche, unità elaborazione dati;

Elaborazione:

Eventi acustici riconosciuti come aeronautici se correlati con tracce radar;

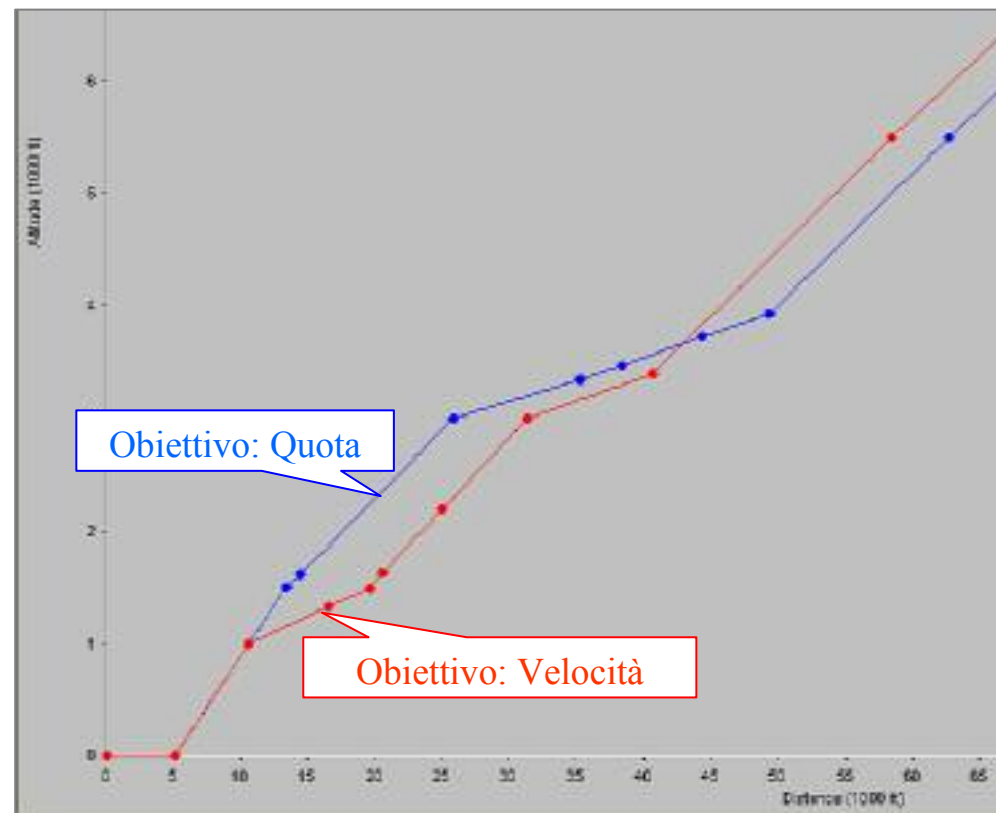
Ubicazione delle stazioni:

Intorno aeroportuale in corrispondenza delle traiettorie o recettori sensibili (valutazione di Clima Acustico presso NMT - individuazione parametri Soglia e Durata);



Gli interventi di mitigazione, Noise Abatement Procedures: i profili verticali di decollo

1. Tecniche di pilotaggio, Noise Abatement Procedures ICAO A, ICAO B (ICAO PANS OPS 8168, PROCEDURES FOR AIR NAVIGATION SERVICES-OPERATIONS)



ICAO A (Close In)

*Riduzione spinta 1500 piedi;
Accelerazione 3000 piedi (sino 250 kts);*

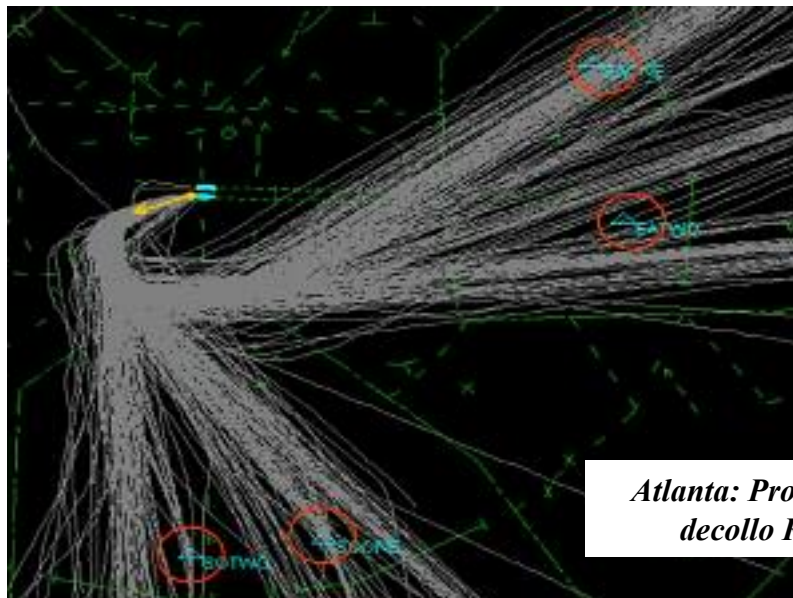
ICAO B (Distant)

*Accelerazione 1000 piedi - Riduzione Spinta;
Accelerazione 3000 piedi (sino 250 kts);*

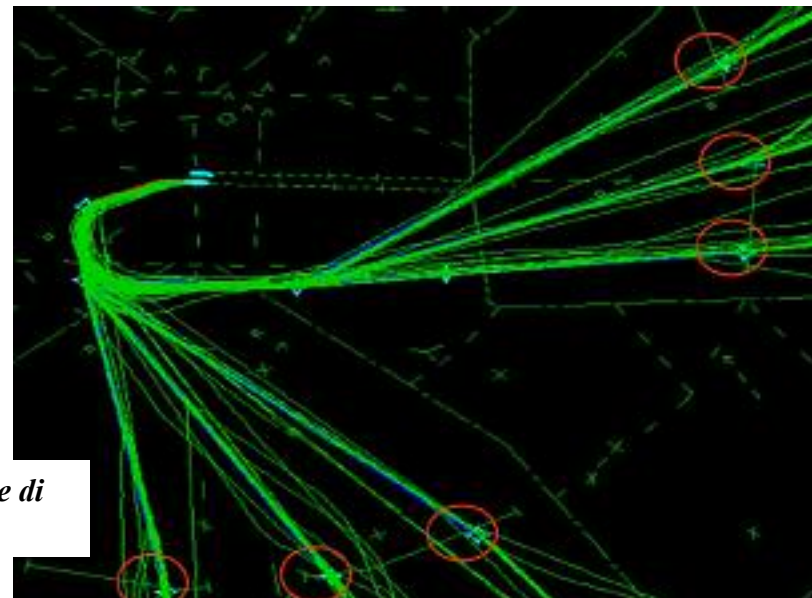
Gli interventi di mitigazione, Noise Abatement Procedures: i sorvoli in decollo

2. Standard Instrument Departures, SID

- Uso delle piste: *Noise Preferential Runway*:
Mixed mode;
Segregated mode;
- Percorrenza delle rotte: *Noise Preferential Routes & Track Keeping*:
Corridoi non edificati per il sorvolo;
Mantenimento della rotta;



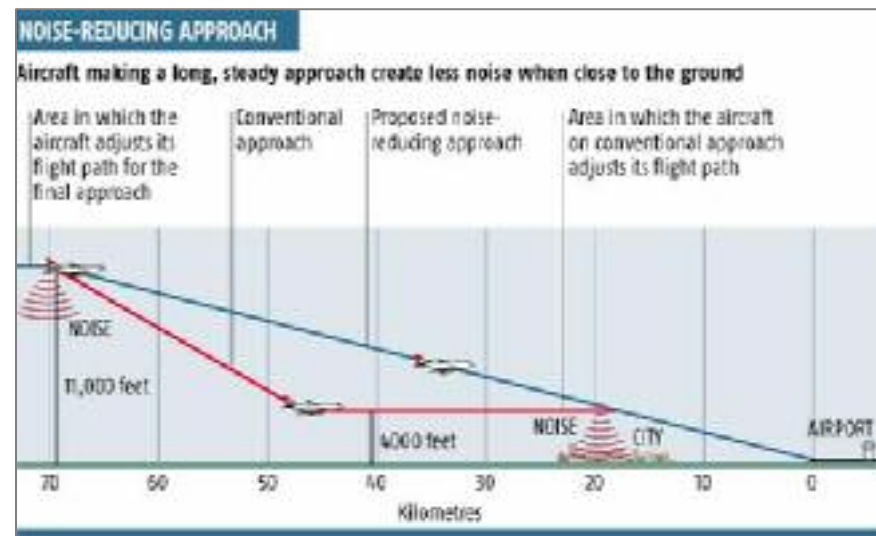
*Atlanta: Procedure di
decollo RNAV*



Gli interventi di mitigazione, Noise Abatement Procedures: i profili verticali in avvicinamento

3. Profili verticali nelle Standard Terminal Arrival Routes, STAR:

- *Continuous Descent Approach, CDA:*
Aggancio ILS a quote superiori;
- *Low Power (Low Drag) - Low Noise, LP-LN:*
Estensione flap e carrello più tardi possibile, minore resistenza aerodinamica (spinta);



- *Steeper Approach:*
Atterraggi su cammini di avvicinamento superiori a 4.5° (normali ILS, hanno invece GS di 3° , Napoli costituisce, in Italia, eccezione con 3.7°);

Gli interventi di mitigazione, Contenimento del rumore in aeroporto

4. Operazioni a terra. Non vanno trascurati altri aspetti critici:

- Spinta Inversa, Reverse Thrust;
- Generatore ausiliario, Auxiliary Power Unit, APU;
- Prove motori, RunUp;



Noise Abatement Procedures e Sistemi di Navigazione

Navigazione Tradizionale

1. Instrument Flight Rules, IFR:
 - VOR, VHF Omni-directional Radio Range;
 - DME, Distance Measuring Equipment;
 - ILS, Instrument Landing System (Localizer, Glide Slope);
 - NDB, Non-Directional Beacon;
2. Visual Flight Rules, VFR:
 - VASI, Visual Approach Slope Indicator;
 - PAPI, Precision Approach Path Indicator;

Navigazione Satellitare

- RNAV, Area Navigation;
- RNP, Required Navigation Performance;
- GBAS, Ground Based Augmentation System;
- ADS-B, Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (out, in per navigazione 4D);



RNAV, Area Navigation



RNP 5 (Basic) - 5 NM (95% del tempo) RNP 1 (Precision) - 1 NM (95% del tempo)

Modelli previsionali, FAA, Integrated Noise Model

L'impiego di un modello di calcolo previsionale si rende necessario:

1. nella determinazione delle procedure antirumore (NAPs);
2. nella stesura delle mappe per la zonizzazione;

L'Integrated Noise Model è uno dei modelli matematici più precisi ed è quello ufficialmente usato dalla Federal Aviation Administration (Office of Environment and Energy) e dal Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti (http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/aep/models/inm_model/).

Si tratta di un modello cosiddetto di “segmentazione” ovvero determina il contributo di ciascun segmento in cui è scomposto un singolo volo, rispetto a ogni singolo recettore a terra. In questo la metrica di riferimento è calcolata sommando i contributi di tutti i segmenti di tutti i voli dello scenario in analisi.

Si basa su algoritmi elaborati dalla SAE, *Society of Automotive Engineers*:

- *SAE-AIR-1845 "Procedure for the calculation of airplane noise in the vicinity of Airports"*: utilizzato per la definizione dei profili di volo e per il calcolo dei livelli sonori ai recettori;
- *SAE AIR 5662 "Method for Predicting Lateral Attenuation of Airplane Noise"* (precedentemente SAE-AIR-1751: "Prediction method for lateral attenuation of airplane noise during takeoff and landing"): utilizzato per il calcolo dell'attenuazione laterale;
- *SAE ARP 866: "Atmospheric attenuation of noise measured in a range of climatic conditions"*: utilizzato per la correzione dei dati di rumore al variare dell'U.R.;

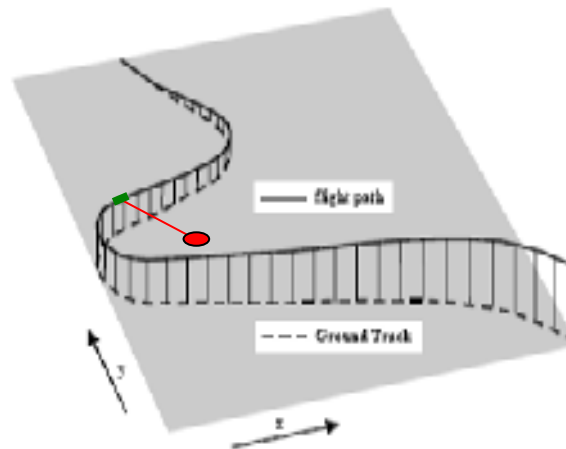
La costruzione dei profili di volo

Il profilo tridimensionale di volo è costruito in INM **combinando la proiezione orizzontale della rotta con il profilo di volo verticale.**

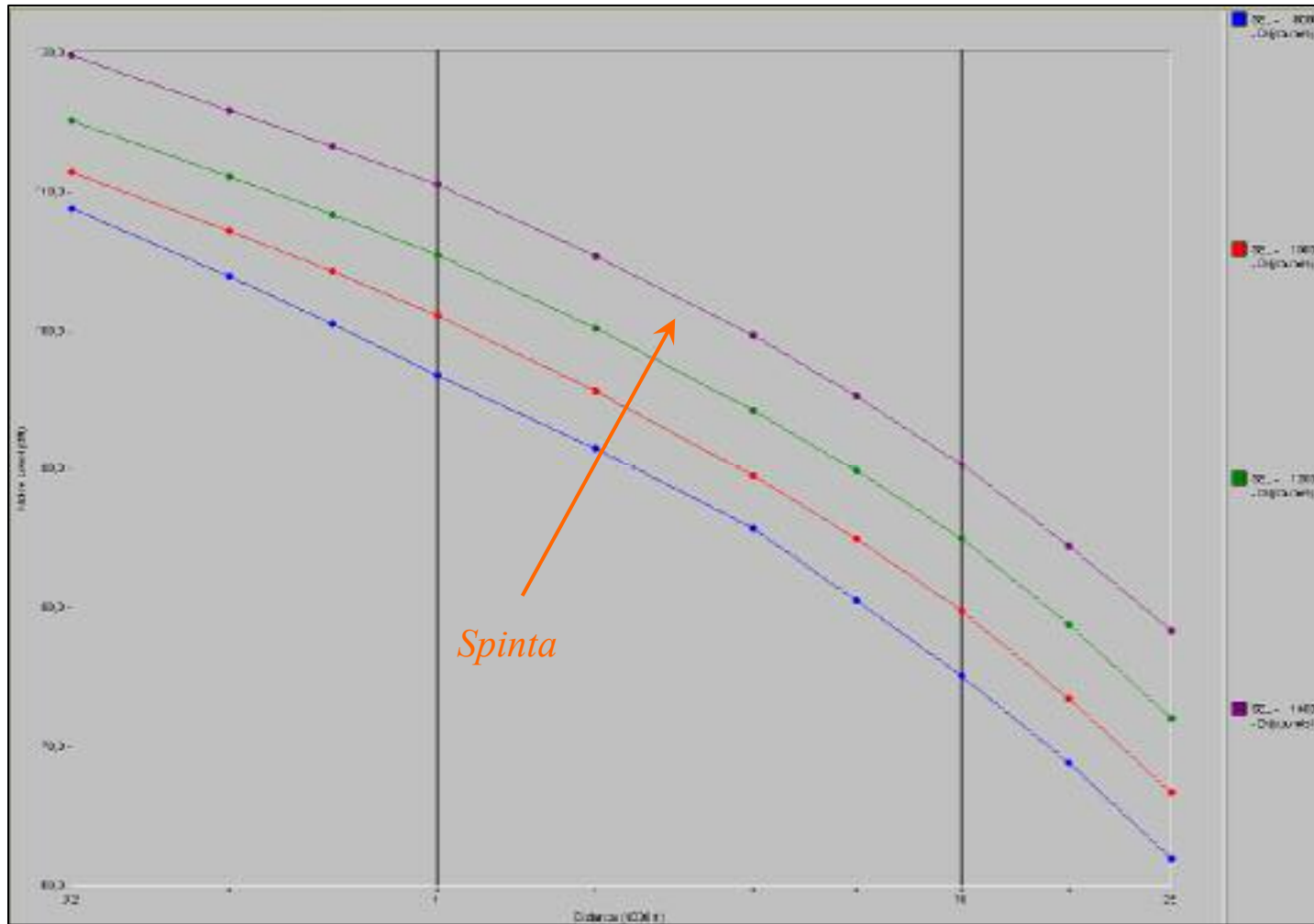
L'analista determina la proiezione al suolo mentre il profilo verticale è calcolato dall'algoritmo del software (largamente basato sul modello SAE-AIR 1845).

Il profilo verticale è determinato secondo la procedura di pilotaggio scelta dall'analista. In funzione di questa è identificata la successione delle fasi operative. Per esempio nel caso di un decollo, a seconda della procedura di noise-abatement scelta, si ha una certa successione che comprende una fase di *TakeOff*; una o più fasi di *Climb*, una o più fasi di *Accelerate*;

Sono così determinati (direttamente o indirettamente) dei livelli altimetrici in cui i parametri operativi di riferimento cambiano. **Viene cioè elaborata, discretizzando il profilo reale di volo, la sequenza di segmenti che definisce il profilo simulato:**



I dati fondamentali per ogni segmento di volo sono il valore della **spinta (netta corretta)** e un parametro geometrico definito **Closest Point of Approach (CPA)**, punto del segmento rappresentativo rispetto all'osservatore in analisi);

*Noise Power Distance Data**Noise Level**Distanza Sorgente-Recettore (Slant Distance)*

Computo della metrica di riferimento

Determinato il valore di SEL per singolo segmento il modello applica delle correzioni in funzione di:

- la velocità dell'aeromobile (le curve sono costruite ipotizzando segmenti rettilinei di lunghezza infinita percorsi a 160 kts);
- il frazionamento profilo;
- l'assorbimento atmosferico (solo nel caso in cui modifichiamo le NPDD, ovvero le condizioni di U.R.);
- l'impedenza acustica (solo nel caso in cui non opero in condizioni ISA);
- l'attenuazione laterale (da SAE AIR 5662);
- la direttività (solo a terra in decollo per i punti dietro lo Start Point);

Si ha così:

$$L_{AE} = L_{AE}(P, d) + DUR_{ADJ} + NF_{ADJ} + AA_{ADJ} + AI_{ADJ} - LA_{ADJ} + DIR_{ADJ}$$

Il calcolo dell'indice scelto avviene perciò attraverso un processo iterativo su tutti i segmenti per tutte le operazioni considerate.

Esempio di uno studio: Aeroporto di Milano Linate

Fasi dello studio:

- Raccolta dei dati inerenti l'infrastruttura aeroportuale e le rotte di avvicinamento e partenza;
(studio della documentazione AIP prodotta da ENAV, <http://www.enav.it/portal/page/portal/PortaleENAV/Home/AIP>)
- Individuazione dello scenario operativo di riferimento, raccolta dei dati di traffico (possibilmente anche radar) e meteorologici;
(basecase e scenari futuri)
- Predisposizione del modello INM ed elaborazione delle mappe di rumore;
- Analisi con strumenti GIS degli impatti sulla popolazione (reperimento dati censuari) e verifica della conformità ai piani di zonizzazione acustica comunale.

Esempio di uno studio: Aeroporto di Milano Linate

Rotte di partenza, studio della documentazione AIP e riproduzione in ambiente CAD

SRN 6A

Dopo il decollo continuare su TR 355°. A 500 FT AGL (850 FT AMSL) non prima di LIN VOR/DME, virare a sinistra per intercettare e seguire RDL340 LIN VOR fino al punto RDL340/D8 LIN VOR/DME, quindi virare a sinistra per intercettare e seguire RDL099 SRN VOR per SRN VOR/DME.

MCA/MCL: RDL340/D3 LIN VOR/DME, 2000FT; RDL340/D8 LIN VOR/DME, 4000FT; SRN VOR/DME, FL85.

NOTE:

Gradiente di salita: Tra LIN VOR e SRN VORDME 7.5%;

PIKOT 6A

Dopo il decollo continuare su rotta 355° fino a lasciare 1400 FT, quindi, non prima di LIN VOR/DME, virare a destra su rotta 130° fino ad intercettare e seguire RDL 103 LIN VOR (RDL 124 SRN VOR se LIN VOR indisponibile). A D12 LIN DME (D26 SRN DME se LIN DME indisponibile) virare a destra per intercettare e seguire RDL 155 TZO VOR per il punto PIKOT (D24 TZO).

MCA/MCL: D2 LIN DME, 1500FT (per sorvolare l'area proibita PIOTTELLO-RODANO); INT TR130°/RDL097 LIN VOR (o RDL208 TZO VOR), 2500FT; RDL103/D12 LIN VOR/DME (o RDL124/D26 SRN VOR/DME se LIN VOR/DME indisponibile), 4000FT; PIKOT, 6000FT.

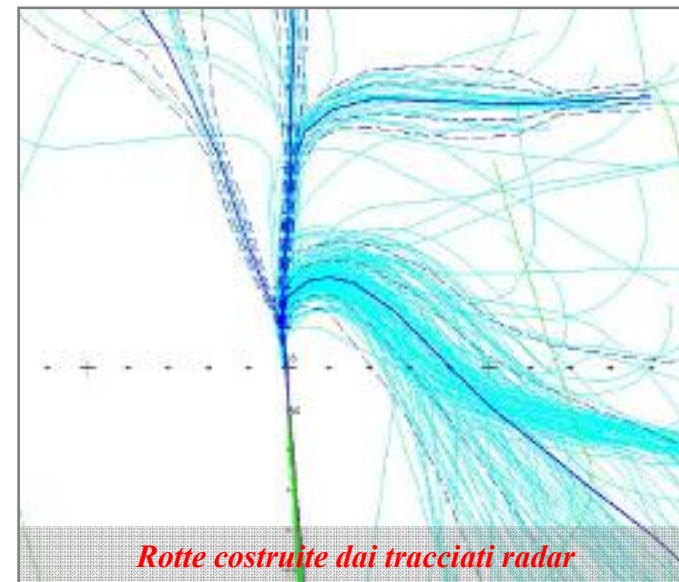
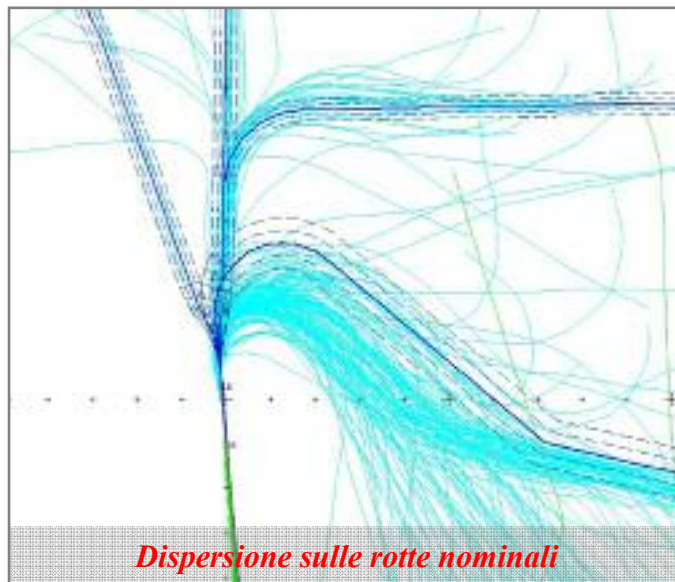


Esempio di uno studio: Aeroporto di Milano Linate

Rotte di partenza, la dispersione: analisi dei tracciati radar

Dall'analisi del volato, svolta tipicamente su base giornaliera, si nota sempre una significativa discrepanza rispetto alla rotta nominale ovvero quella prevista dalla pubblicazione AIP. Ci si riferisce a questo fenomeno con il termine di *dispersione laterale*.

INM consente di simulare la dispersione laterale secondo un modello geometrico stabilito dall'utente (per esempio quello previsto nel DOC 29) o importando i tracciati radar reali, operando un'analisi statistica rispetto a delle finestre spaziali, determinando così una traccia media e 2, 4 o più sottotracce percorse dagli aeromobili secondo la distribuzione probabilistica calcolata.



Esempio di uno studio: Aeroporto di Milano Linate

Il traffico in analisi

Determinate le procedure di decollo e avvicinamento per lo scenario in analisi, si procede all'elaborazione della base dati di riferimento per quanto concerne gli aeromobili che operano sullo scalo e all'assegnazione delle operazioni alle procedure individuate (rotte e profili verticali);

Solitamente il campione viene prodotto dalla società di gestione attraverso la BDV (Base Dati Voli) e il Noise Monitoring System (ove sono caricati i tracciati radar);

L'input nel software è complesso richiedendo specifiche di modello, motorizzazione e peso di ogni aeromobile del campione in analisi. L'analista deve pertanto ricorrere a database specialistici come IRCA, International Register of Civil Aircraft.

I-DAND		DC 9-82 MD 82
Proprietario		ITALIA
Operatore		ITALIA - LINEE AEREE ITALIANE S.p.A.
Aeroporto di base		ROMA Fiumicino
Codice ICAO		LIRF
Codice IATA		FCO
Certificato di Aeronavigabilità		V
Data di registrazione		30/11/1992
Numero di serie		59051
Ore di volo totali (Dati sull'autorità)		29900
Caratteristiche tecniche dell'aeromobile		
Costruttore		McDONNELL DOUGLAS CORP.
Tipo		DOUGLAS DC 9-80
Modello		DC 9-82 MD 82
Motore		JT8D-217C

Esempio di uno studio: Aeroporto di Milano Linate

Analisi dei risultati con strumenti GIS

