



Autori: Gaetano Licitra, Paolo Gagliardi

E-mail: g.licitra@arpat.toscana.it
• paolo.gagliardi@outlook.it

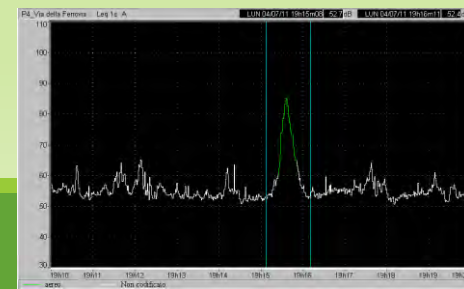
Studio dell'**impatto acustico** dell'aeroporto di
Pisa: situazione attuale e **strategie di**
mitigazione del rumore aeronautico

Le cause del rumore aeroportuale a Pisa

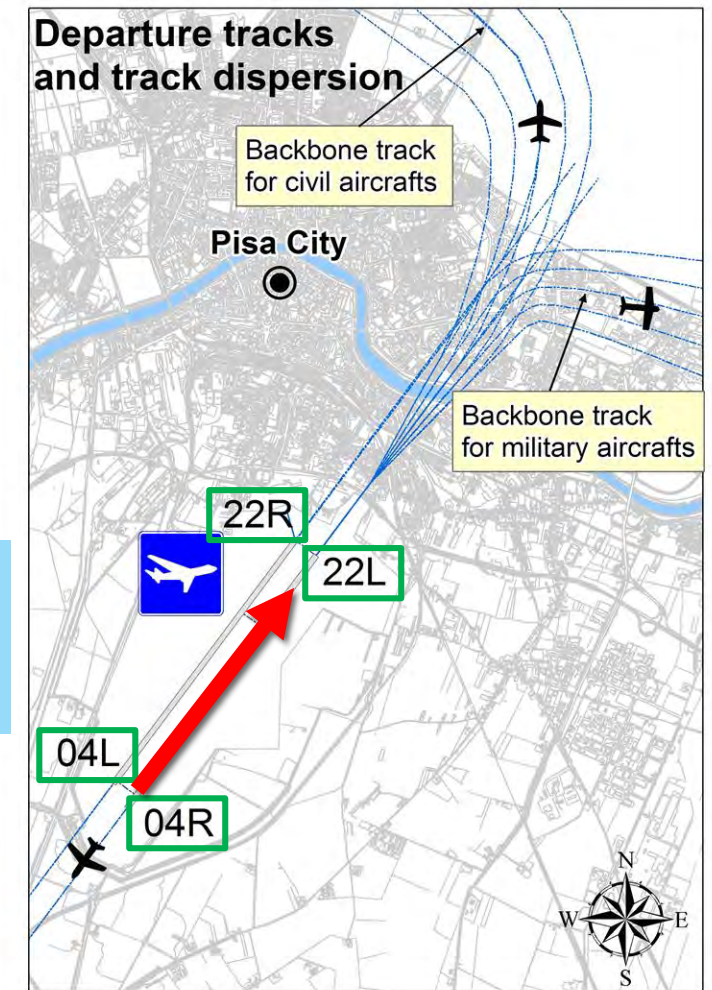
➤ L'inquinamento acustico dell'aeroporto è dovuto principalmente a:



1. Traffico aereo: arrivi da sud ovest (atterraggi) obbligano al decollo in direzione del centro abitato
2. Orientamento delle piste operative e loro modalità d'uso
3. Procedure aeronautiche di decollo e atterraggio eseguite
4. Numero dei movimenti e voli militari

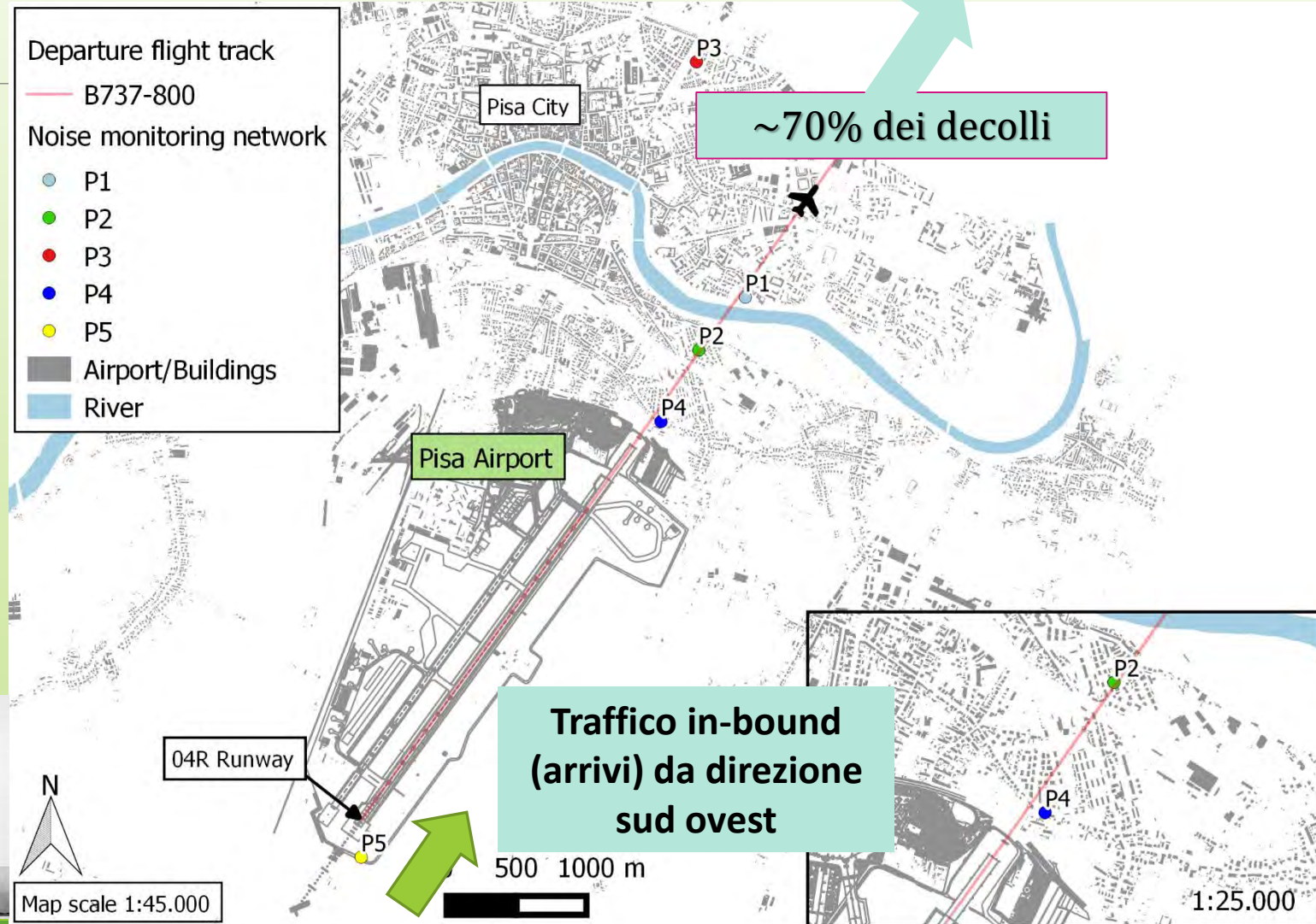


Pisa International Airport “G.Galilei”



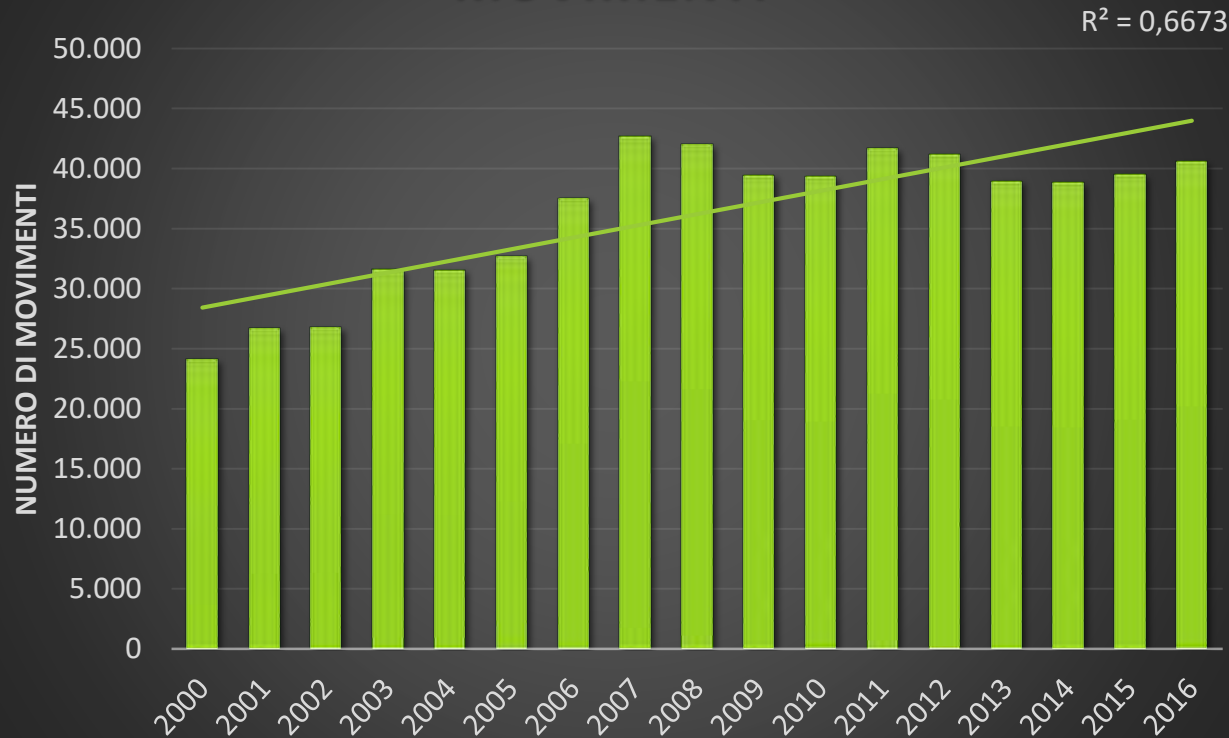
Pisa International Airport “G.Galilei”

- Rete di monitoraggio disposta lungo la proiezione delle principali rotte di decollo/atterraggio
- Tracce radar **non disponibili**: necessità di un'alternativa per il monitoraggio delle movimentazioni

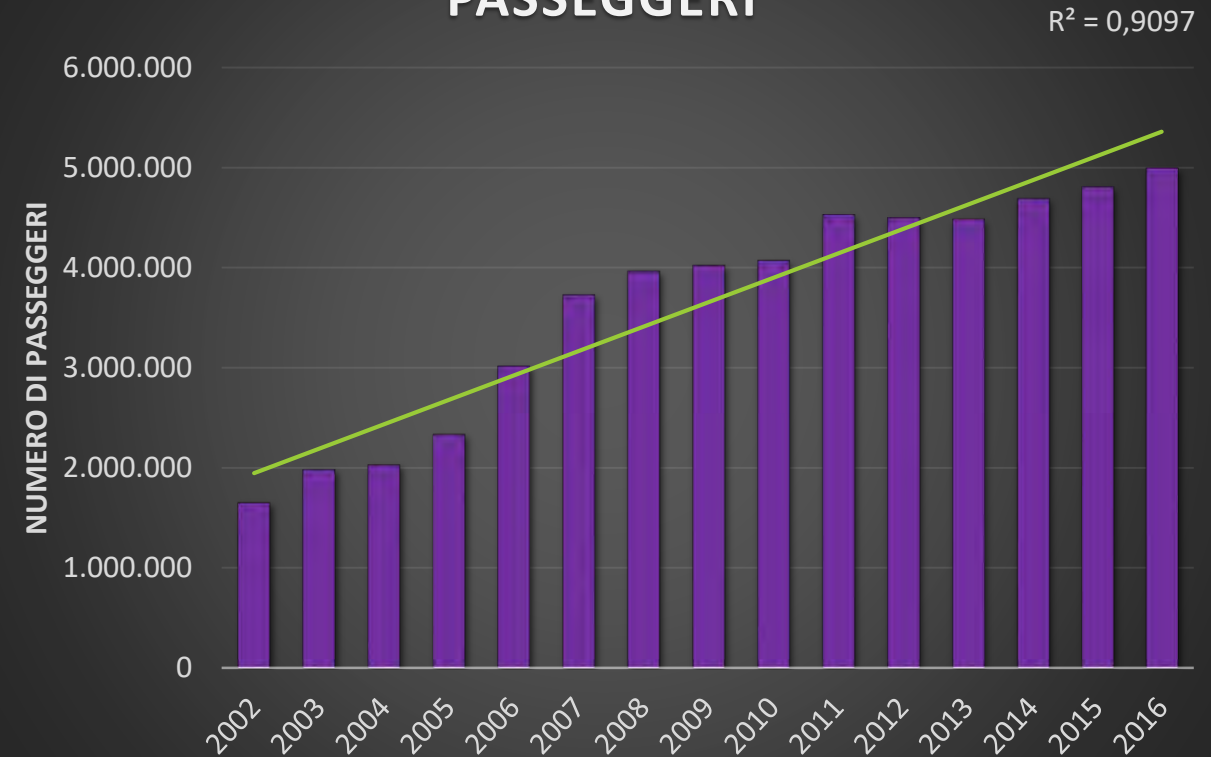


Aeroporto di Pisa: movimenti e passeggeri

MOVIMENTI

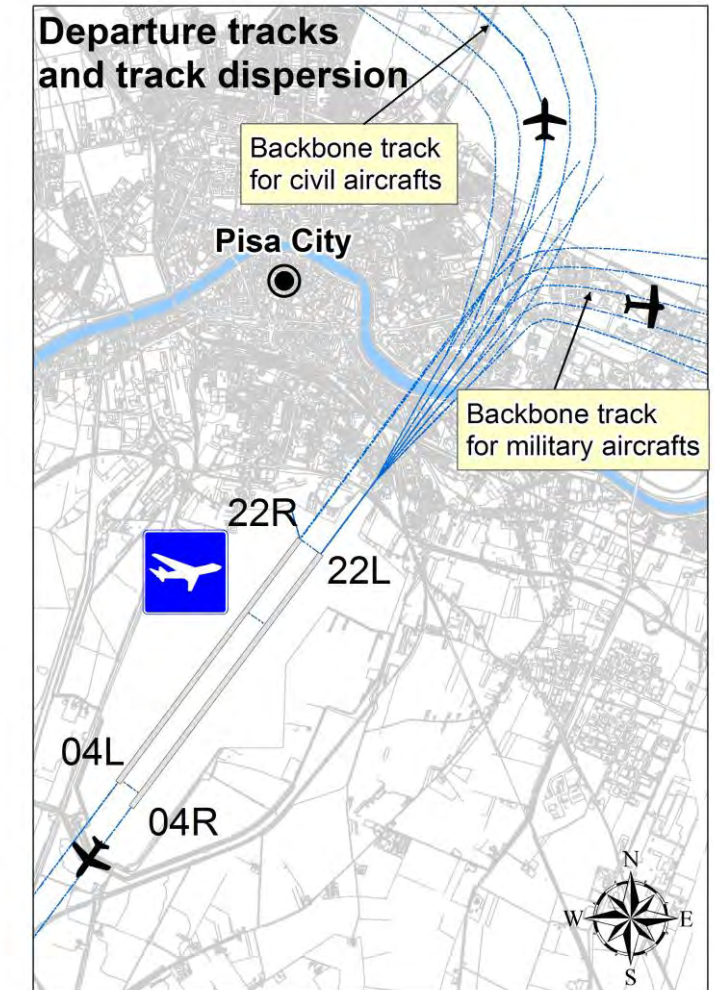
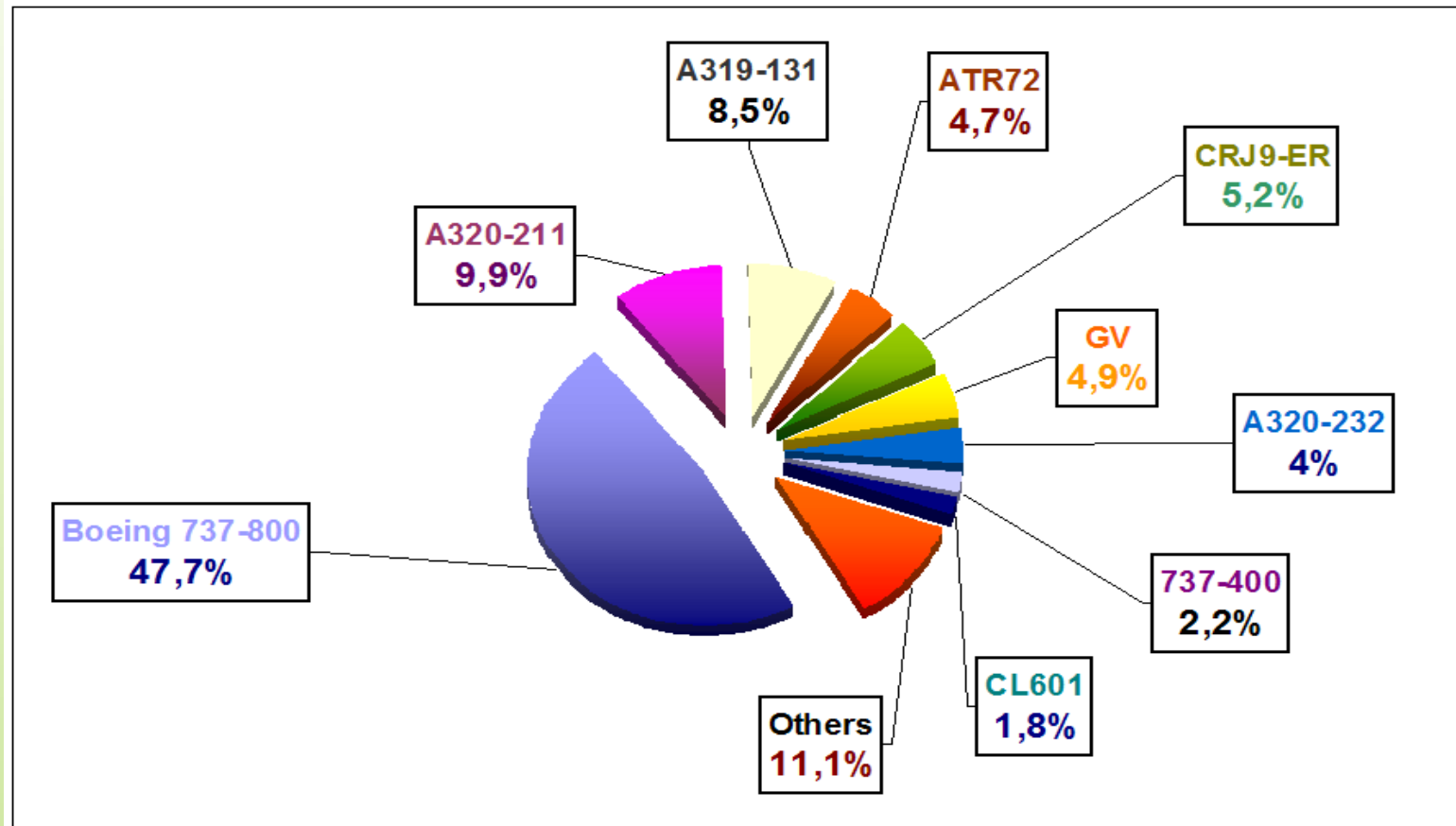


PASSEGGERI



**Tendenza
all'ottimizzazione dei
voli**

Rotte di decollo ed uso delle piste



- In media **circa il 70% dei decolli** in direzione del centro abitato
- Circa il **50%** dei velivoli operanti sono B738 (**Boeing 737-800**)

Problematiche riscontrate: L_{va} e superamenti

Zona A, 60-65 $LVA\ dB(A)$: Nessuna restrizione

Zona B, 65-75 $LVA\ dB(A)$: Attività agricole o industriali, servizi (con opportuno isolamento acustico);

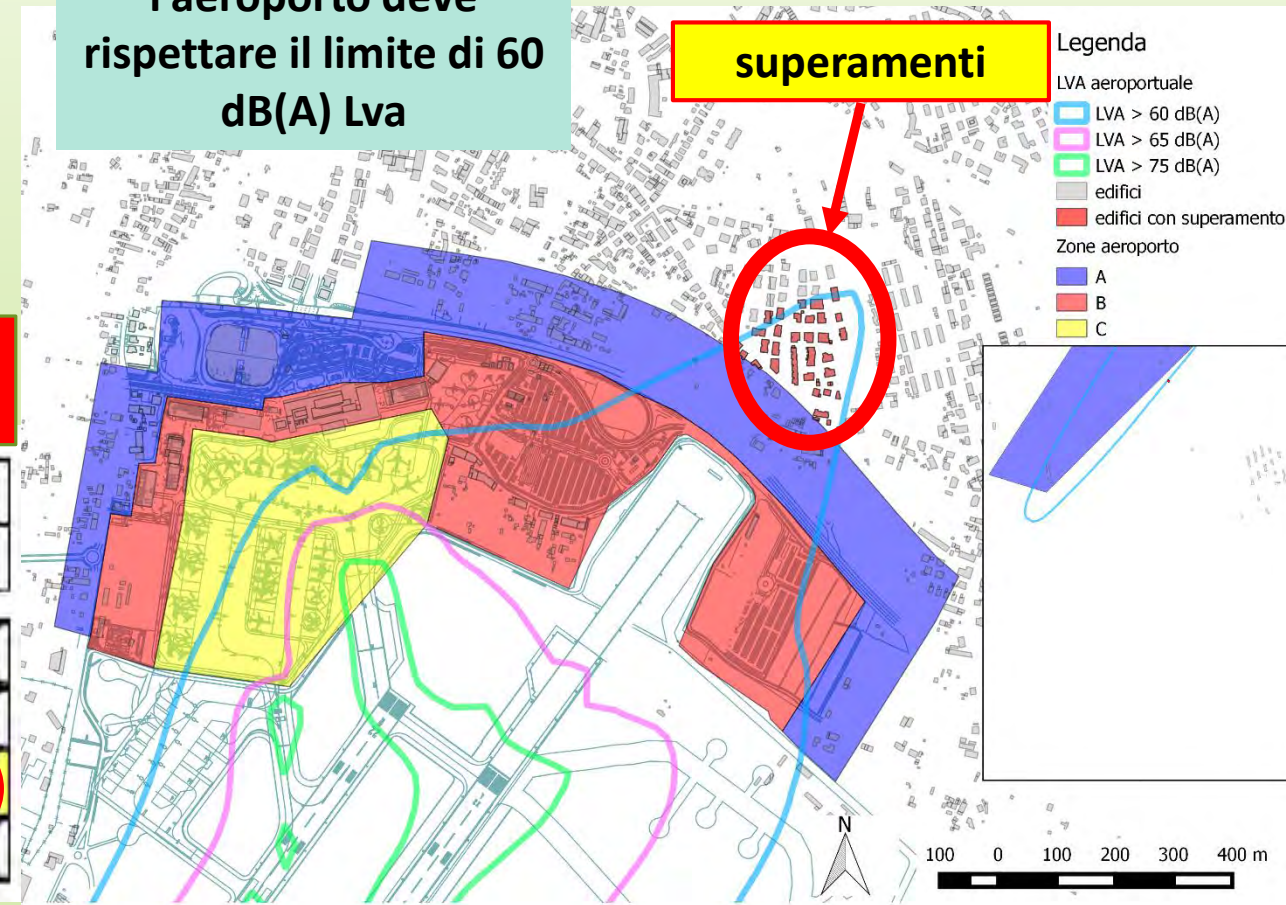
Zona C, > 75 $LVA\ dB(A)$: Attività strettamente connesse con l'aeroporto;

RESIDENTI ESPOSTI

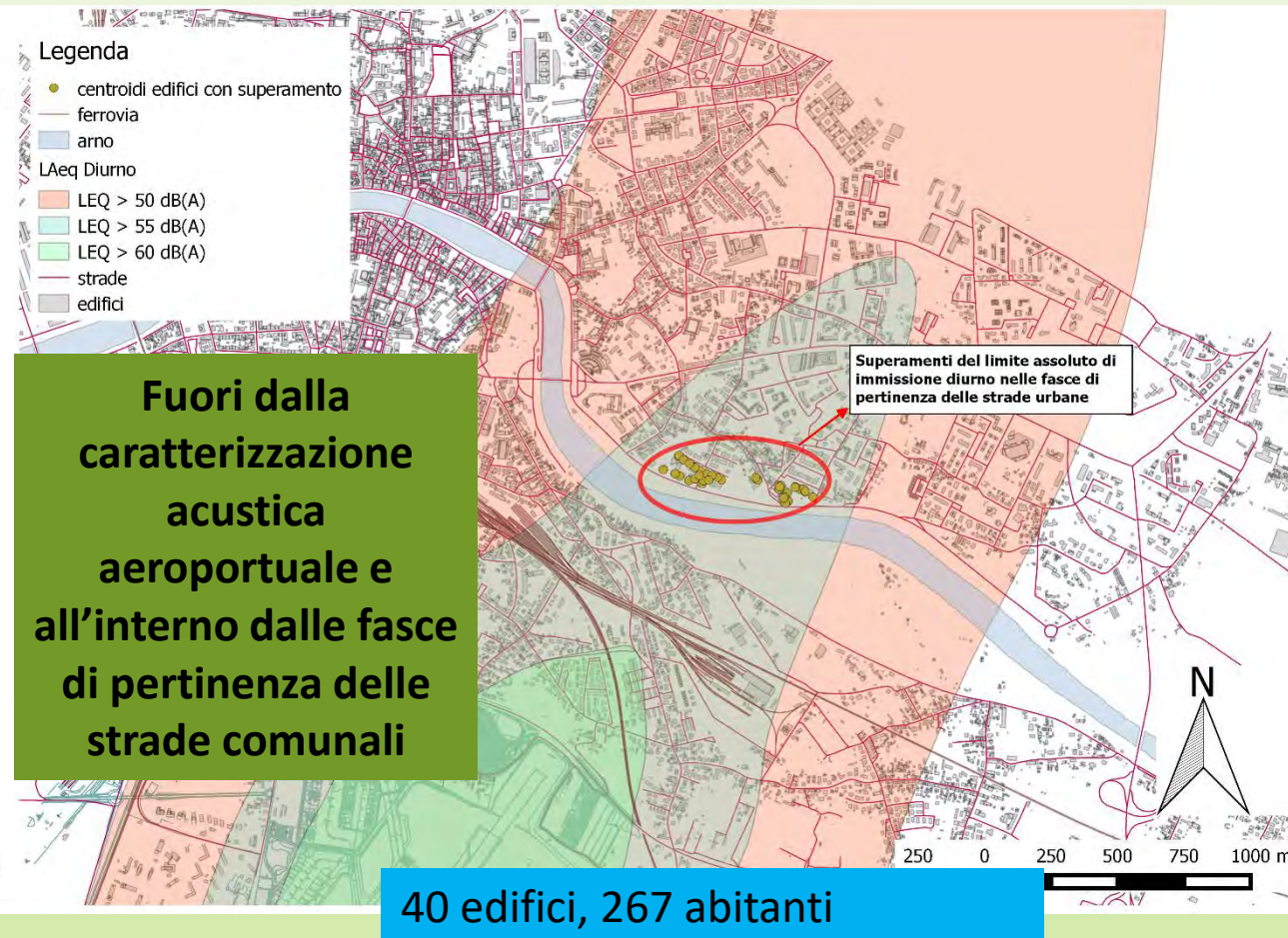
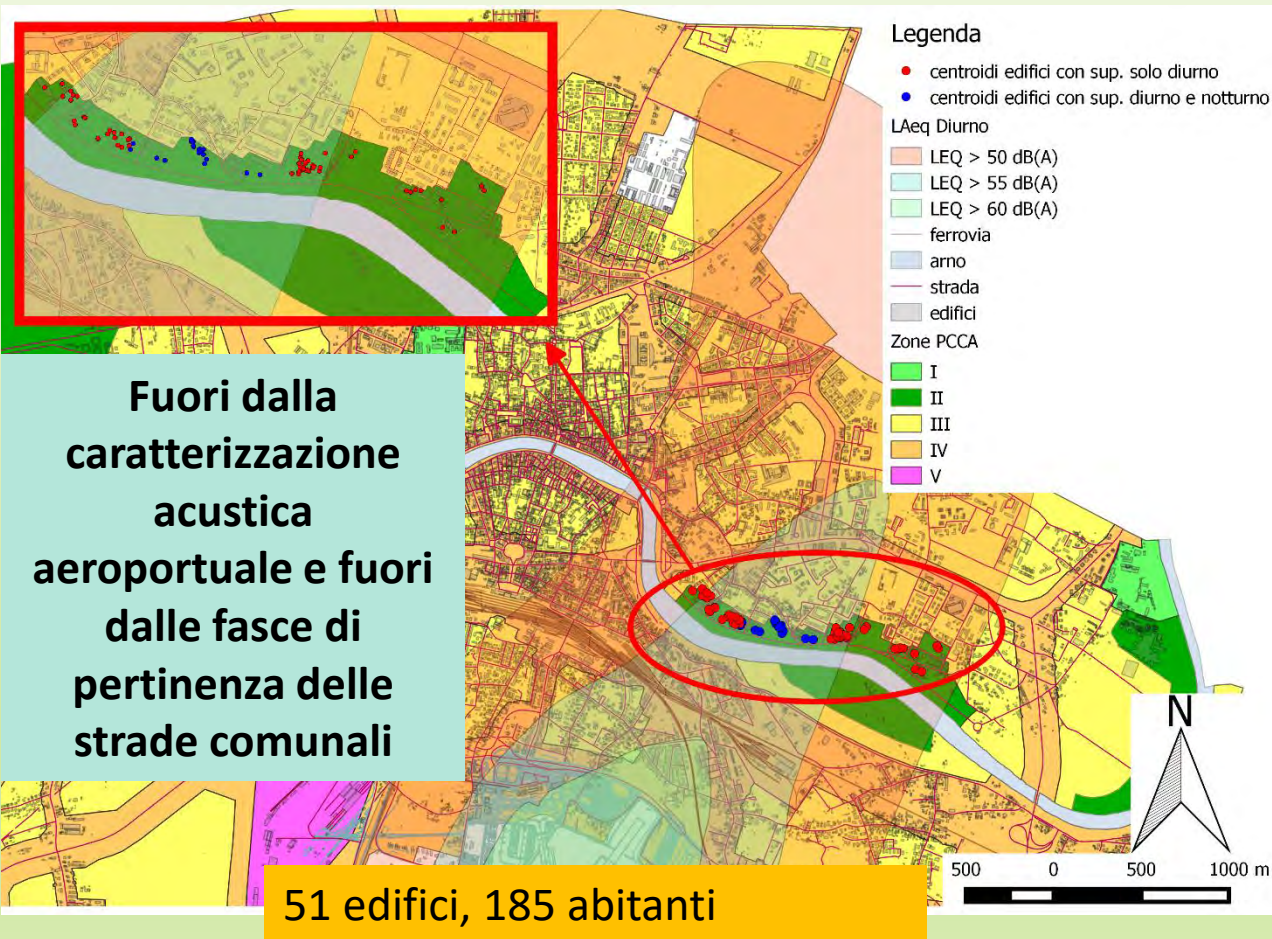
Zonizzazione aeroportuale				
	C	B	A	Esterna
$LVA\ in\ dB(A)$	0			
75	0			
65	0	9	7	
60	0	100	91	275
55	0	0	417	

All'esterno della zona A
l'aeroporto deve
rispettare il limite di 60
 $dB(A)\ Lva$

superamenti



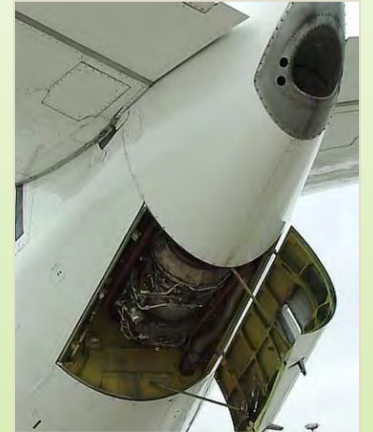
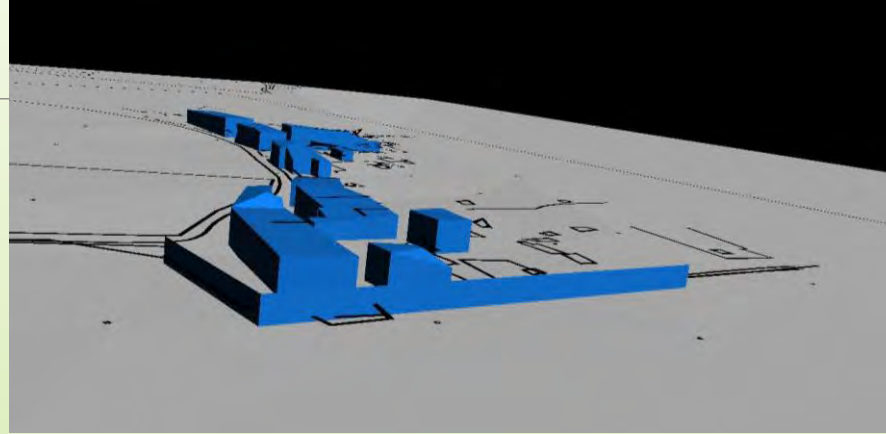
Problematiche riscontrate: L_{eq} e superamenti



Contenimento e abbattimento del rumore a Pisa

➤ Misure già adottate:

- Restrizioni a terra
 - Run-up (prove motori)
 - APU
- Barriere
- Delocalizzazione delle abitazioni di via Cariola e Carrareccia
- Ban notturno (divieto dei decolli dopo le 23 e degli atterraggi dopo le 24)



➤ Implementate ed in corso di verifica con ADS-B:

- Procedure aeronautiche antirumore (ICAO-A)
- Corretto utilizzo del nuovo raccordo fra le piste

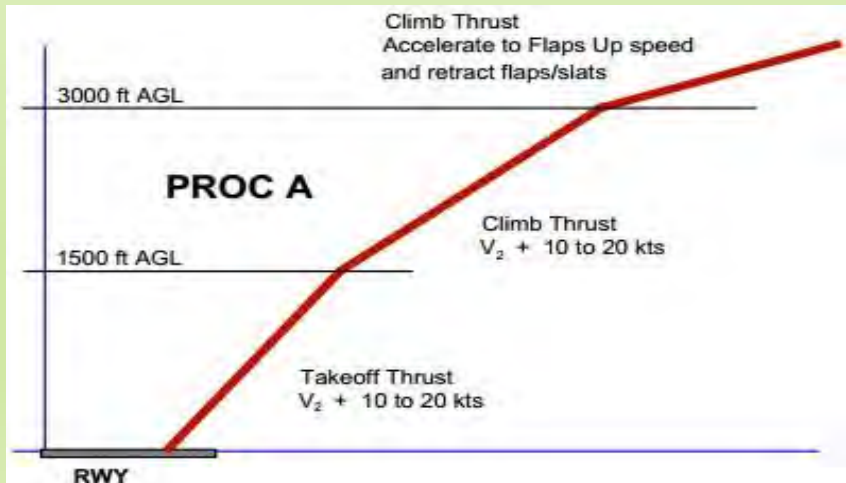


Procedura di decollo antirumore: ICAO-A

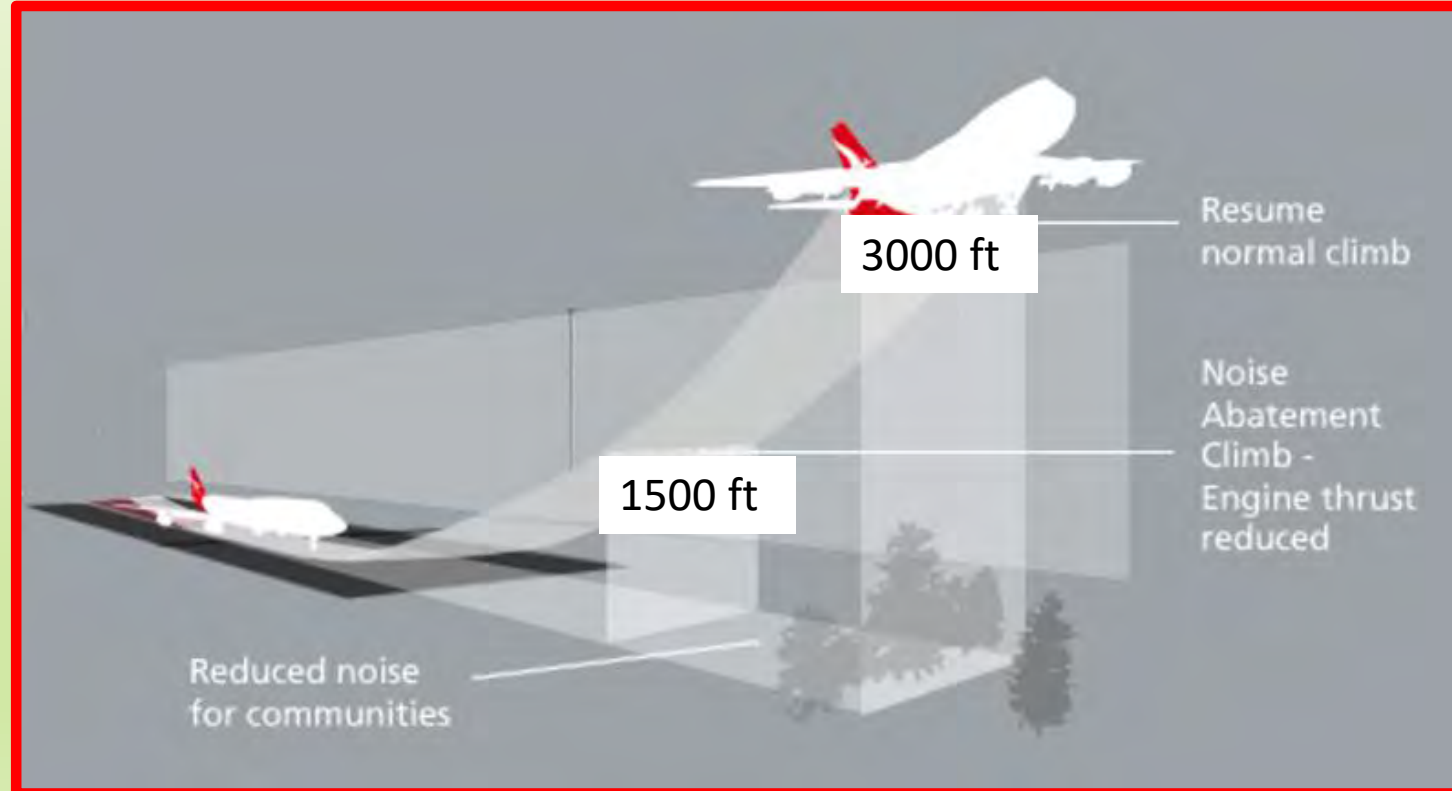
✓ La procedura di decollo antirumore **ICAO-A**

→ **Incremento** della distanza sorgente-ricevitore nella fase iniziale di decollo

→ **Riduzione** dell'impatto acustico nelle zone prossime al sedime aeroportuale



ICAO-A noise abatement procedure



Ampliamento strutturale: il nuovo raccordo fra le piste

Nuovo raccordo fra le piste: la bretella AA

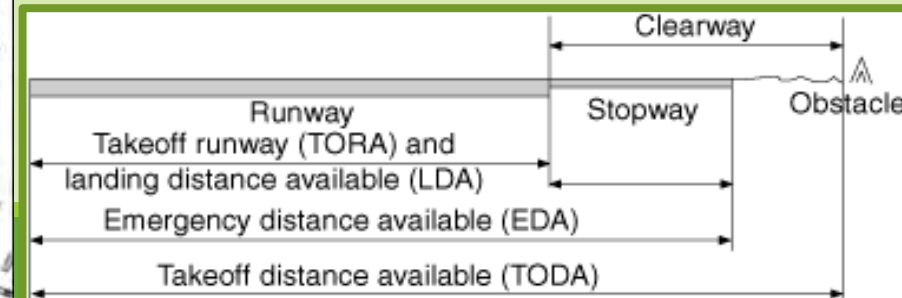
Incremento TORA effettivo = 325 m

✓ Nel 2014 è stato costruito un nuovo raccordo fra le piste con lo scopo di:

→ **incrementare** la take-off runway available (TORA)

→ **contenere** l'impatto acustico al recettore durante i decolli

→ **aumentare** il numero di voli



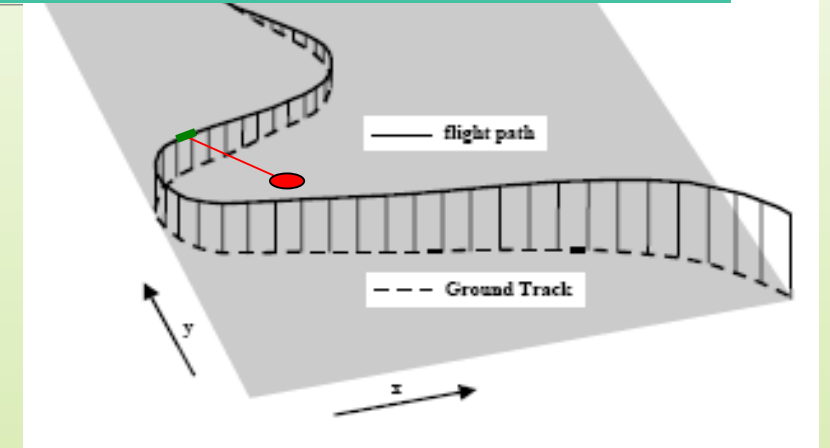
Procedure da seguire per il piano di risanamento

- Definizione e validazione del **modello previsionale** di impatto del rumore aeroportuale
- Stima dell'**esposizione** al rumore della **popolazione** e dei possibili **effetti sulla salute**
- Strategia di abbattimento del rumore: **verifica** delle **azioni** realizzate mediante **utilizzo del sistema ADS-B**
- Pianificazione delle **nuove azioni**: simulazione di possibili scenari futuri ed evoluzione dell'esposizione al rumore
- Analisi statistica per la selezione delle **variabili** (configurazioni di volo, meteo) che incidono maggiormente **sull'impatto acustico** in prossimità dei recettori

L'alternativa alle tracce radar: il sistema ADS-B (I)

ADS-B = Automatic Dependent Surveillance - Broadcast

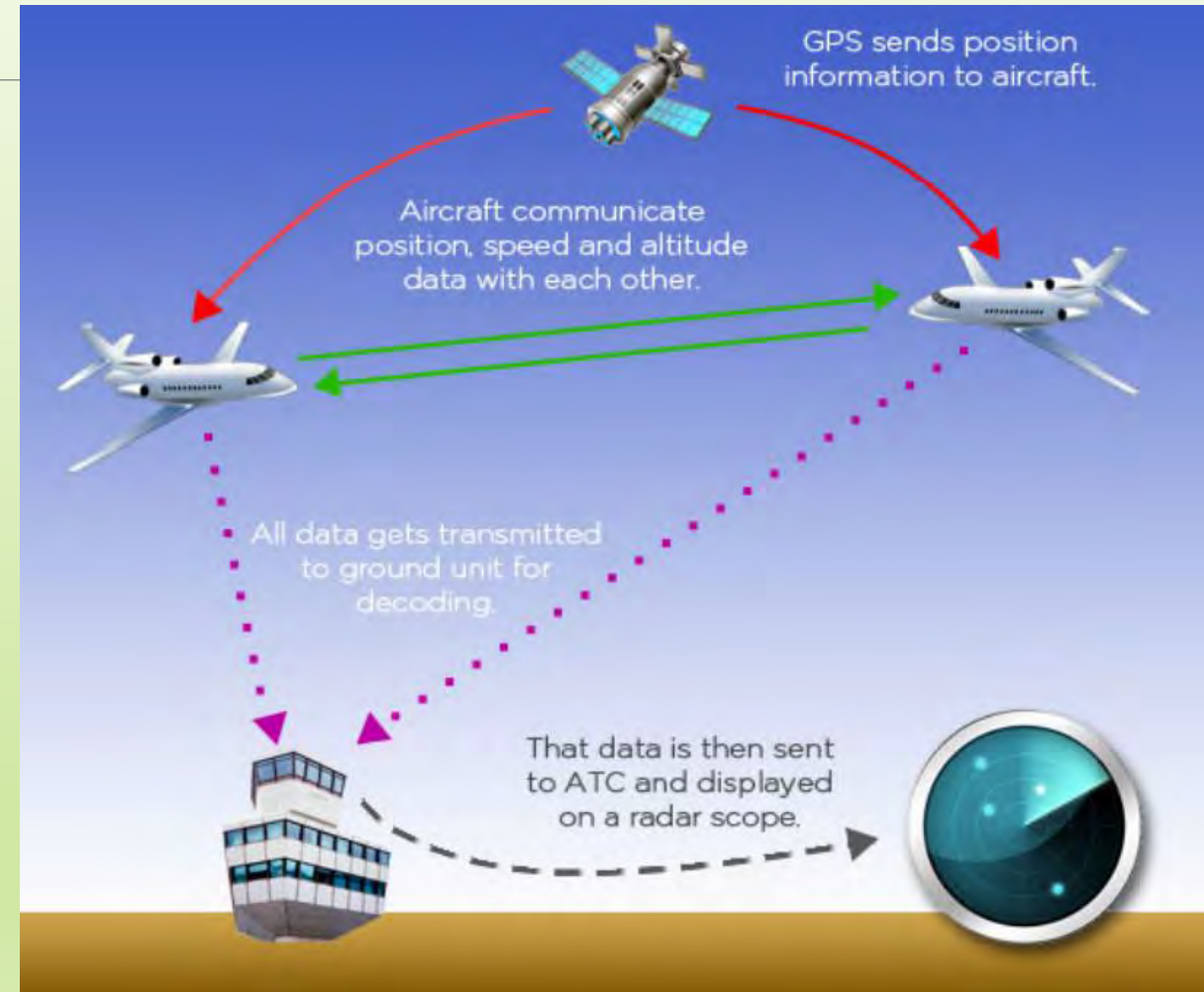
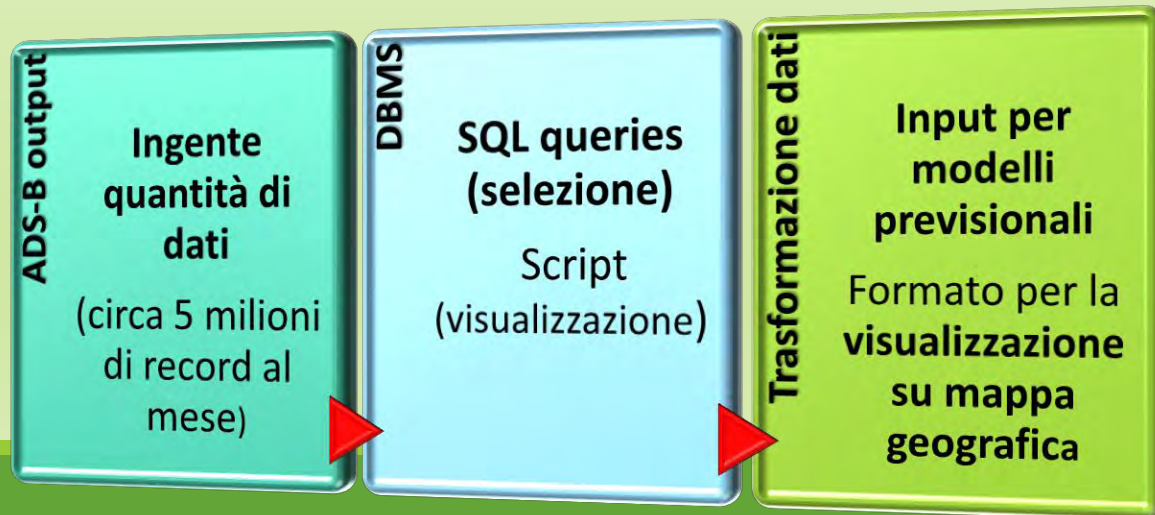
- Sistema economico per il tracking dei voli
- Buon sistema per ovviare all'impossibilità di utilizzo degli attuali tracciati radar
- Ricostruzione ed implementazione delle rotte in 3D nel modello di calcolo



L'alternativa alle tracce radar: il sistema ADS-B (II)

Le informazioni trasmesse includono:

- identificativo volo
- coordinate del velivolo (lat/long)
- altezza
- rateo di salita
- velocità (ground speed)



ADS-B e ricostruzione dei profili di volo 3D



Dai dati ADS-B alla
ricostruzione dei
profili di volo 3D

Implementazione nel
modello previsionale
di calcolo:
**incremento
dell'accuratezza**




Scenari attuali e futuri: le soluzioni modellizzate prima della costruzione della bretella AA

SCENARI:

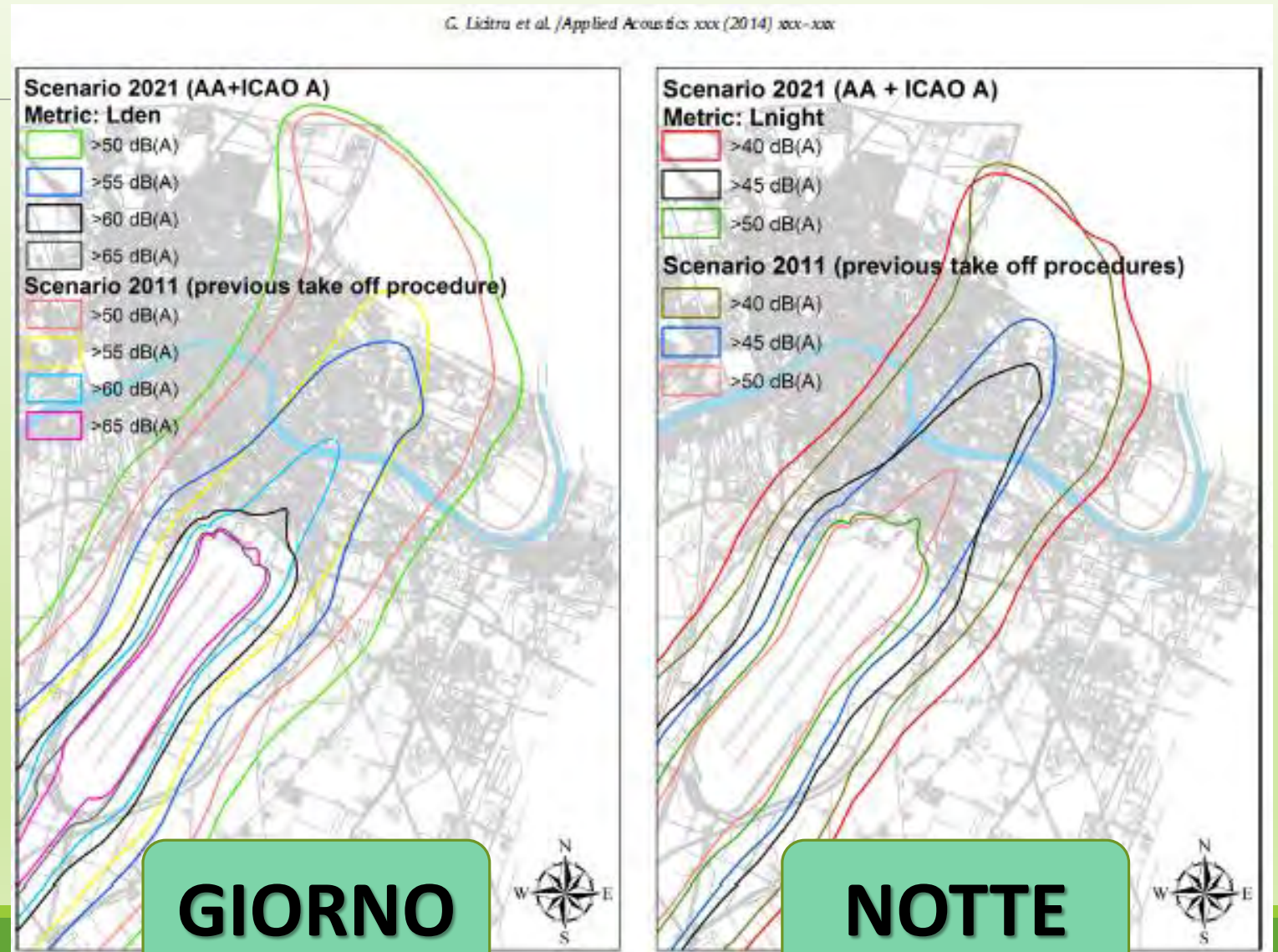
1. Attuale procedura di decollo (decollo «standard»)
2. Procedura di decollo ICAO A (INM)
3. Attuale procedura di decollo e arretramento del take-off point di 400 metri
4. Attuale procedura di decollo e arretramento del take-off point di 260 metri
5. Procedura di decollo ICAO A (INM) e arretramento del take-off point di 400 metri
6. Procedura di decollo ICAO A (INM) e arretramento del take-off point di 260 metri

Quando non si conosceva ancora l'effettivo guadagno in termini di lunghezza della pista da poter sfruttare per il decollo in seguito alla costruzione della bretella AA



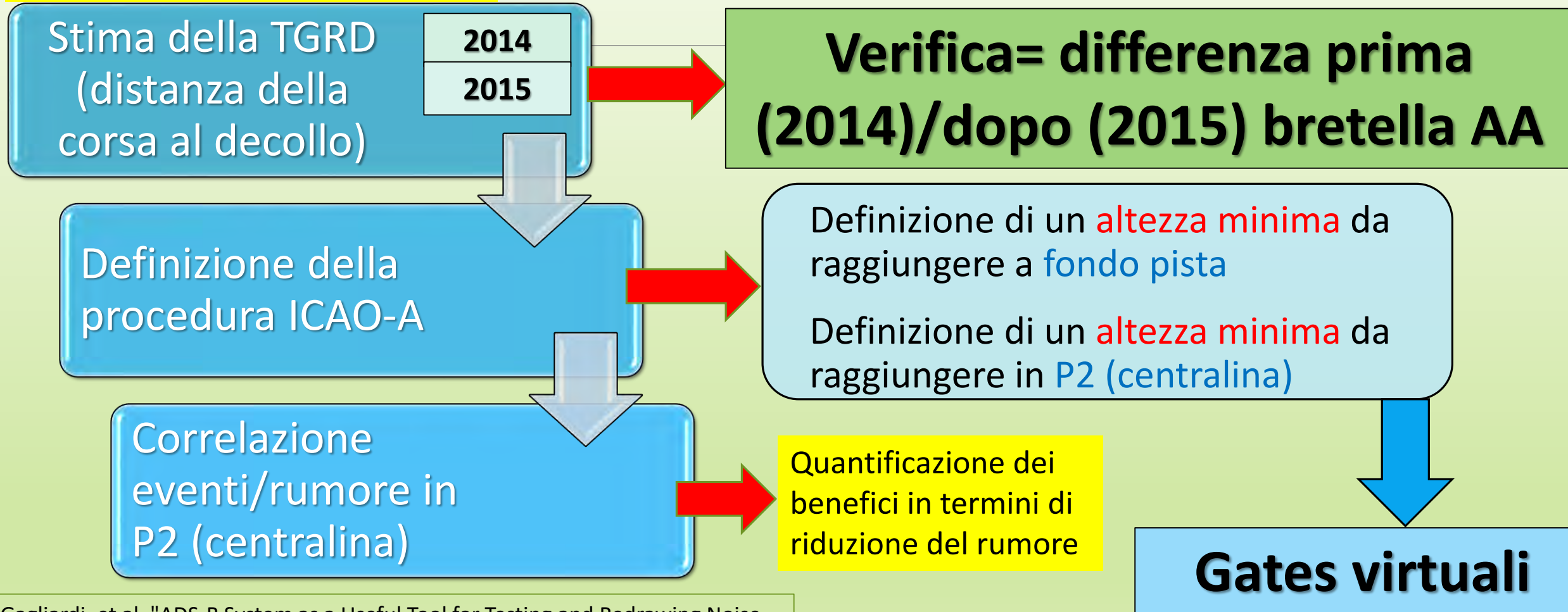
Risultati: 2021 (miglior scenario) vs. 2011

Paragone delle isolivello di rumore fra scenario con procedura di decollo standard e scenario futuro (anno 2021, +41% movimenti previsti, velivoli militari inclusi, procedura ICAO A eseguita e arretramento di 400 m sulla corsa al decollo (ipotesi dello scenario 5))



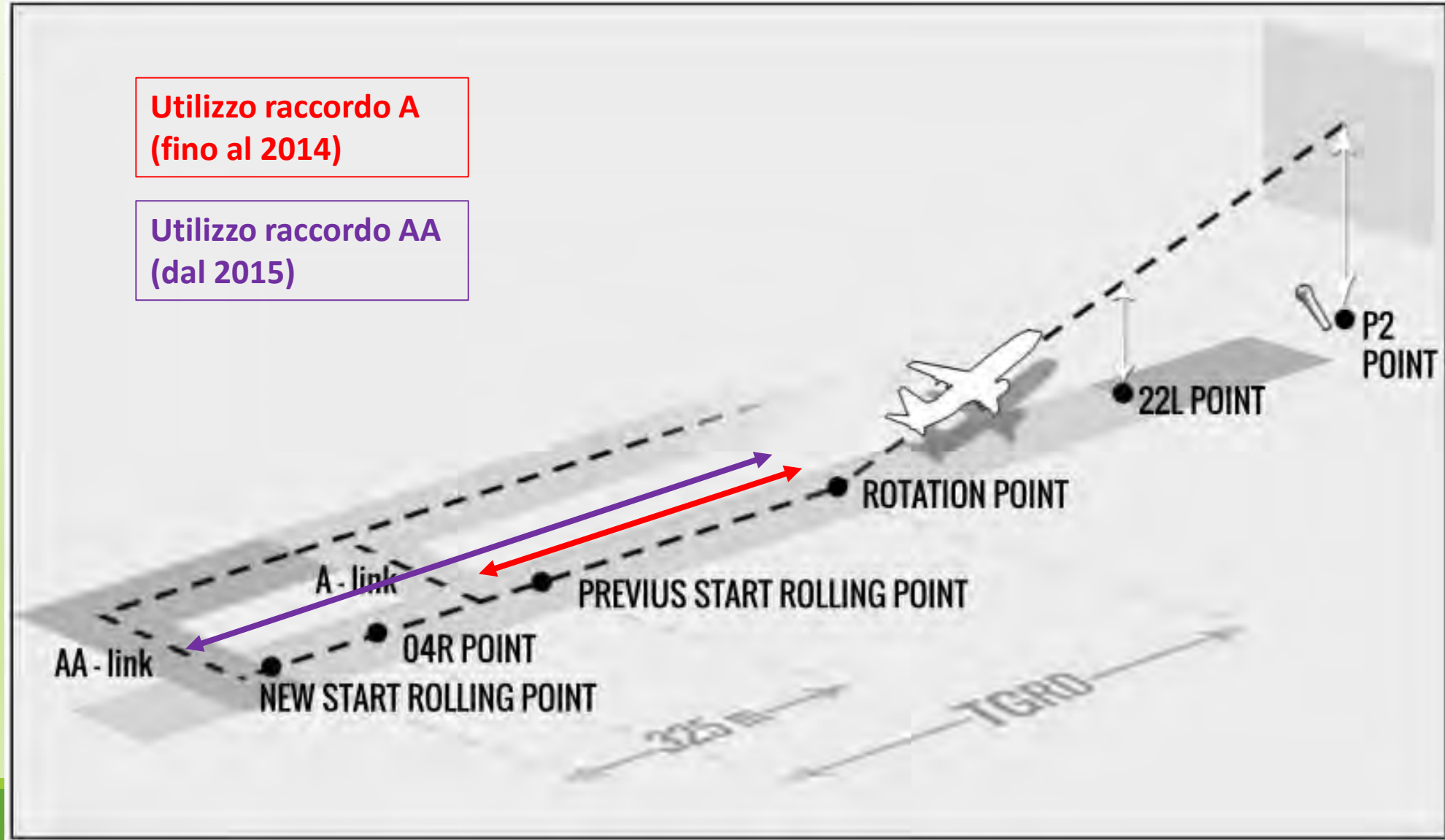
ADS-B e verifica delle prescrizioni

TGRD = Take-off Ground Run Distance



Gagliardi, et al. "ADS-B System as a Useful Tool for Testing and Redrawing Noise Management Strategies at Pisa Airport." *Acta Acustica* 103.4 (2017): 543-551.

ADS-B e stima della distanza di corsa al decollo (TGRD)



Stima della distanza di corsa al decollo: risultati

Boeing 737-800

Year	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
2014	1962	1991	2016	2010	2040	2042
2015	1811	1840	1925	1899	1954	1966



Arretramento effettivo del punto di stacco per decolli in direzione città per i principali velivoli utilizzati a Pisa

-110 metri

Ci si aspettava invece una riduzione statisticamente significativa di circa 325 m, ossia pari all'aumento della TORA in seguito all'utilizzo della bretella AA

Airbus A320

Year	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
2014	1950	1933	2010	2006	2036	2040
2015	1785	1856	1909	1890	1929	1970



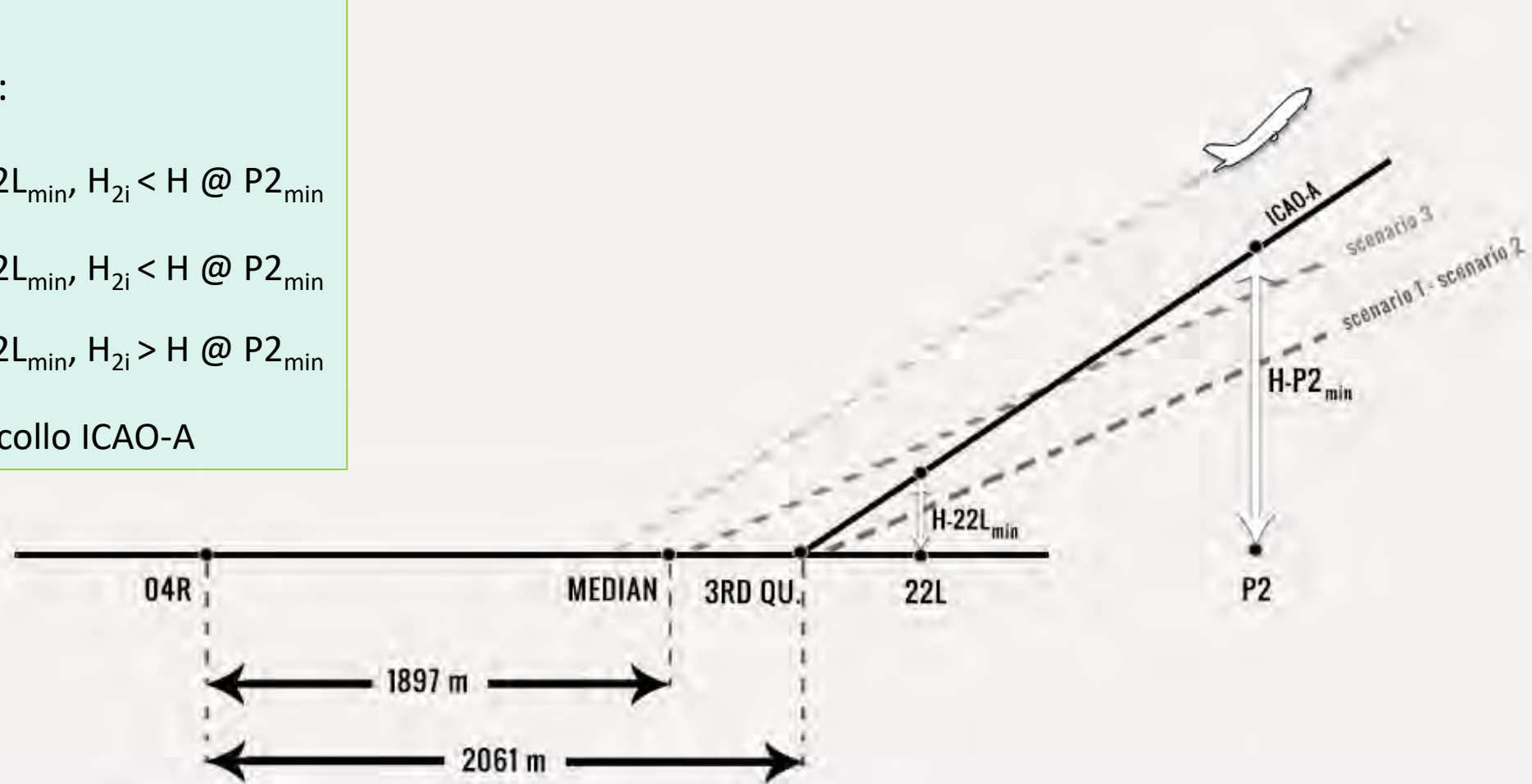
ADS-B e verifica delle procedure di decollo

➤ **SCENARIO 1:** Uso del vecchio raccordo A

➤ Uso del nuovo raccordo AA:

- **SCENARIO 2:** $H_{1i} < H @ 22L_{min}$, $H_{2i} < H @ P2_{min}$
- **SCENARIO 3:** $H_{1i} > H @ 22L_{min}$, $H_{2i} < H @ P2_{min}$
- **SCENARIO 4:** $H_{1i} > H @ 22L_{min}$, $H_{2i} > H @ P2_{min}$

➤ Rispetto della procedura di decollo ICAO-A



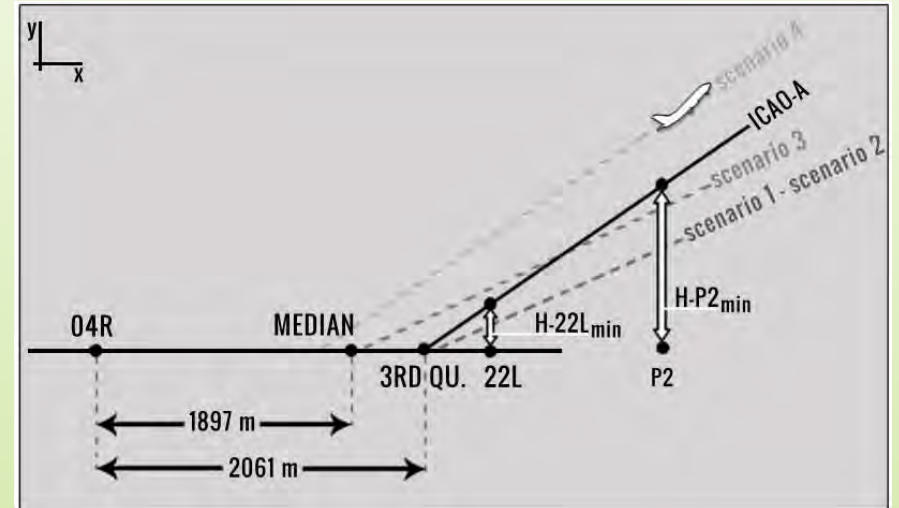
ICAO-A «compliance» e tipologia di decolli effettuati

➤ Uso della testata 04R durante il periodo di riferimento (Luglio 2015):

- ✓ 6.5% uso bretella A
- ✓ 88.3% uso della bretella AA
- ✓ 5.2% sconosciuto

➤ Distribuzione eventi in percentuale:

- ✓ 73.3% --> Scenario 2
- ✓ 24.6% --> Scenario 3
- ✓ 2.1% --> Scenario 4



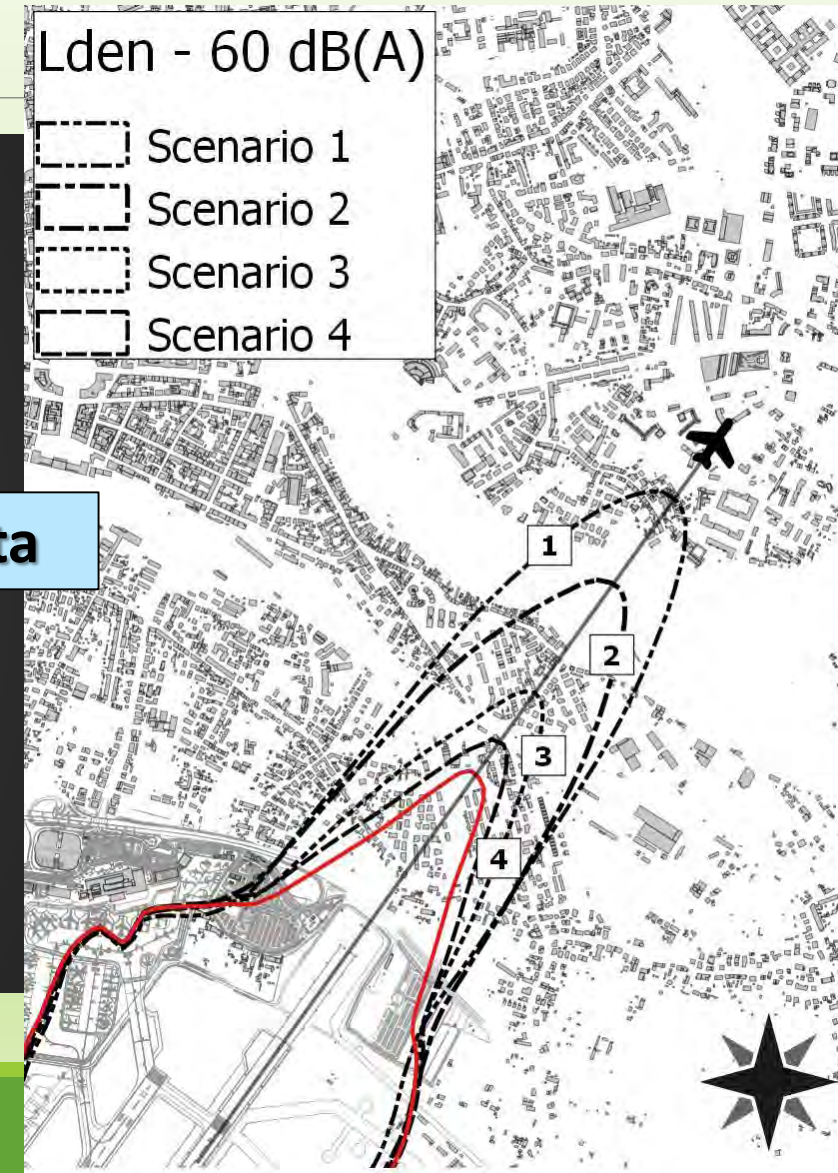
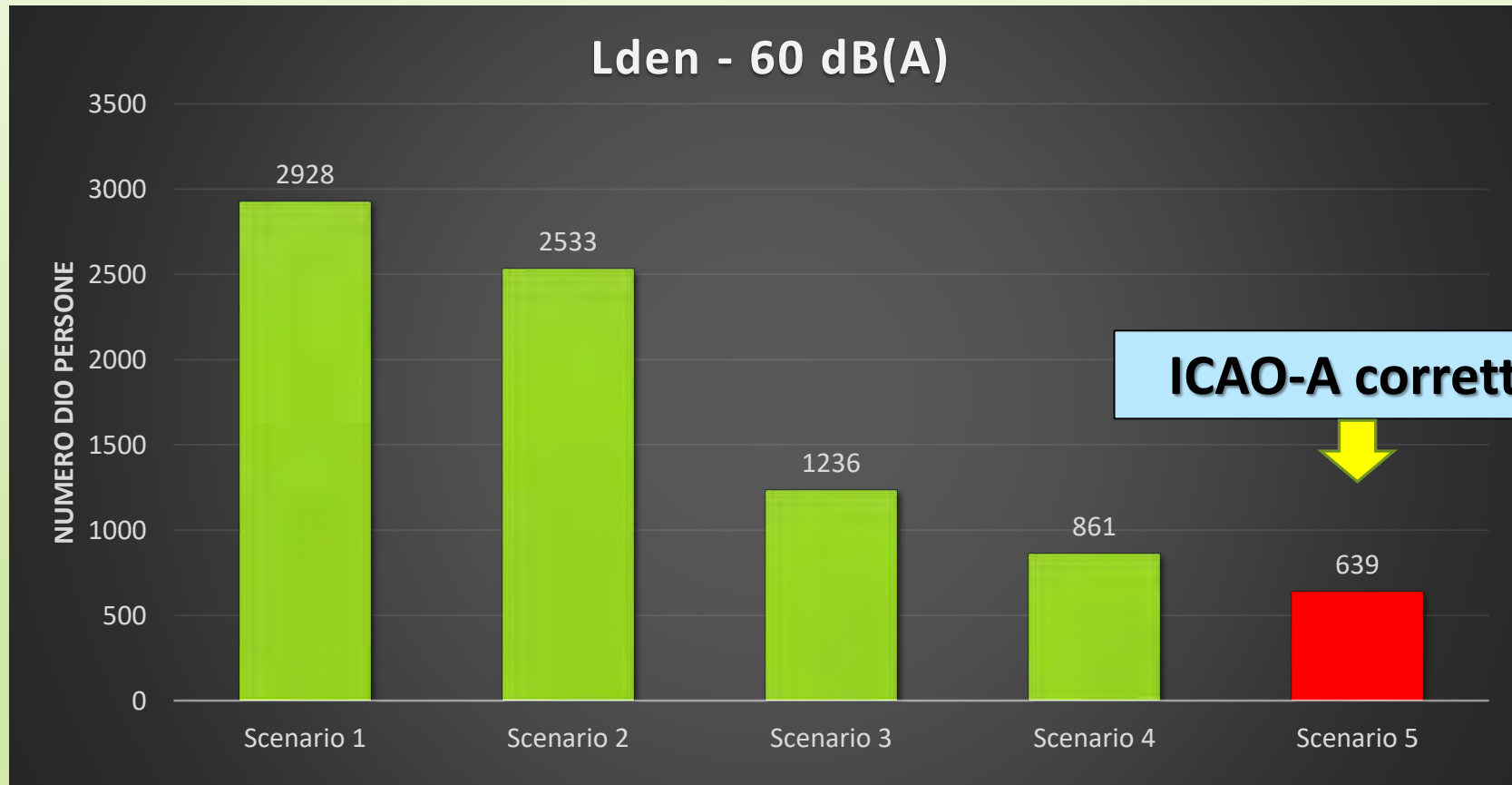
“Rispetto” della ICAO-A = gate

ID vincolo	Altezza (m)
$H_{min} @ 22L$	115 ± 8
$H_{min} @ P2$	418 ± 8

Impatto acustico negli scenari: risultati

Link	Scenario	H _{min} @ 22L	H _{min} @ P2	SEL $\mu \pm \sigma$ dB (A)
A	1	x	x	96.5 \pm 1.1
	2	x	x	94.8 \pm 1.0
AA	3	✓	x	94.0 \pm 1.2
	4	✓	✓	92.3 \pm 0.7

Modellizzazione degli scenari: benefici ottenibili

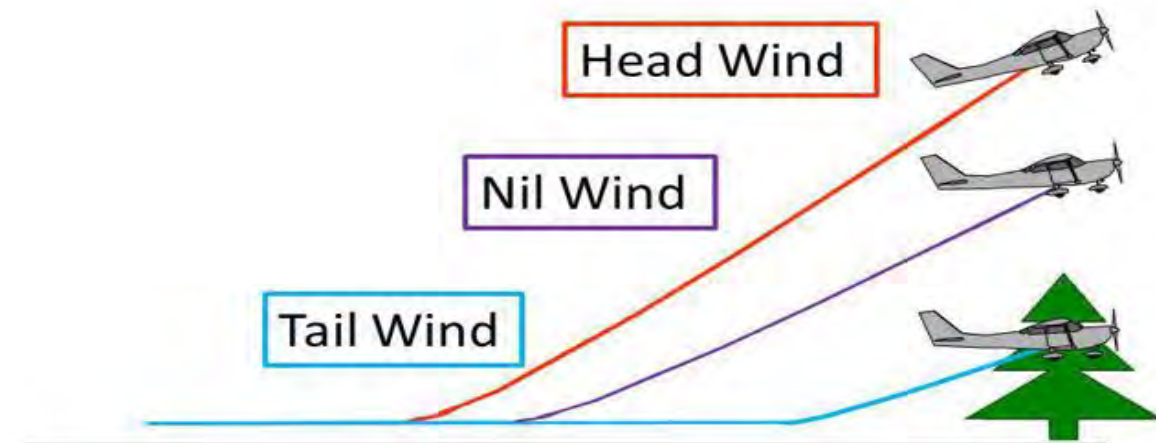
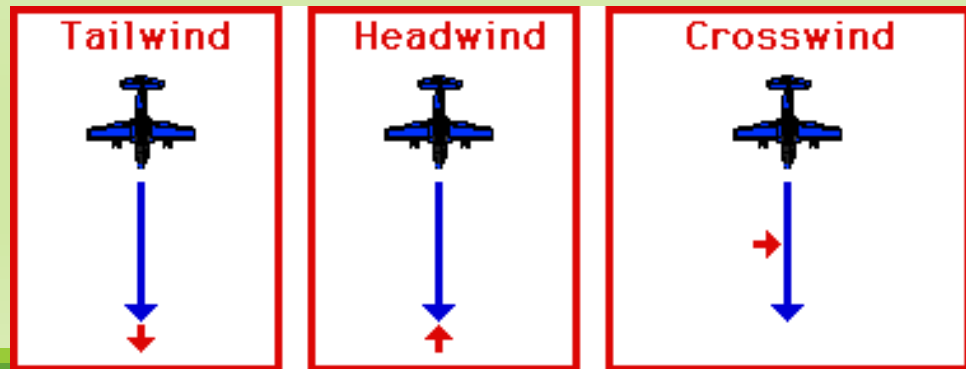


Parametri che influenzano le performance di volo

- Quanto/come influiscono i parametri operazionali di volo sulle performance di decollo?
- Le scelte dei piloti in pista?
- Le condizioni meteo incidono sul decollo e sull'impatto acustico?



ANALISI STATISTICA



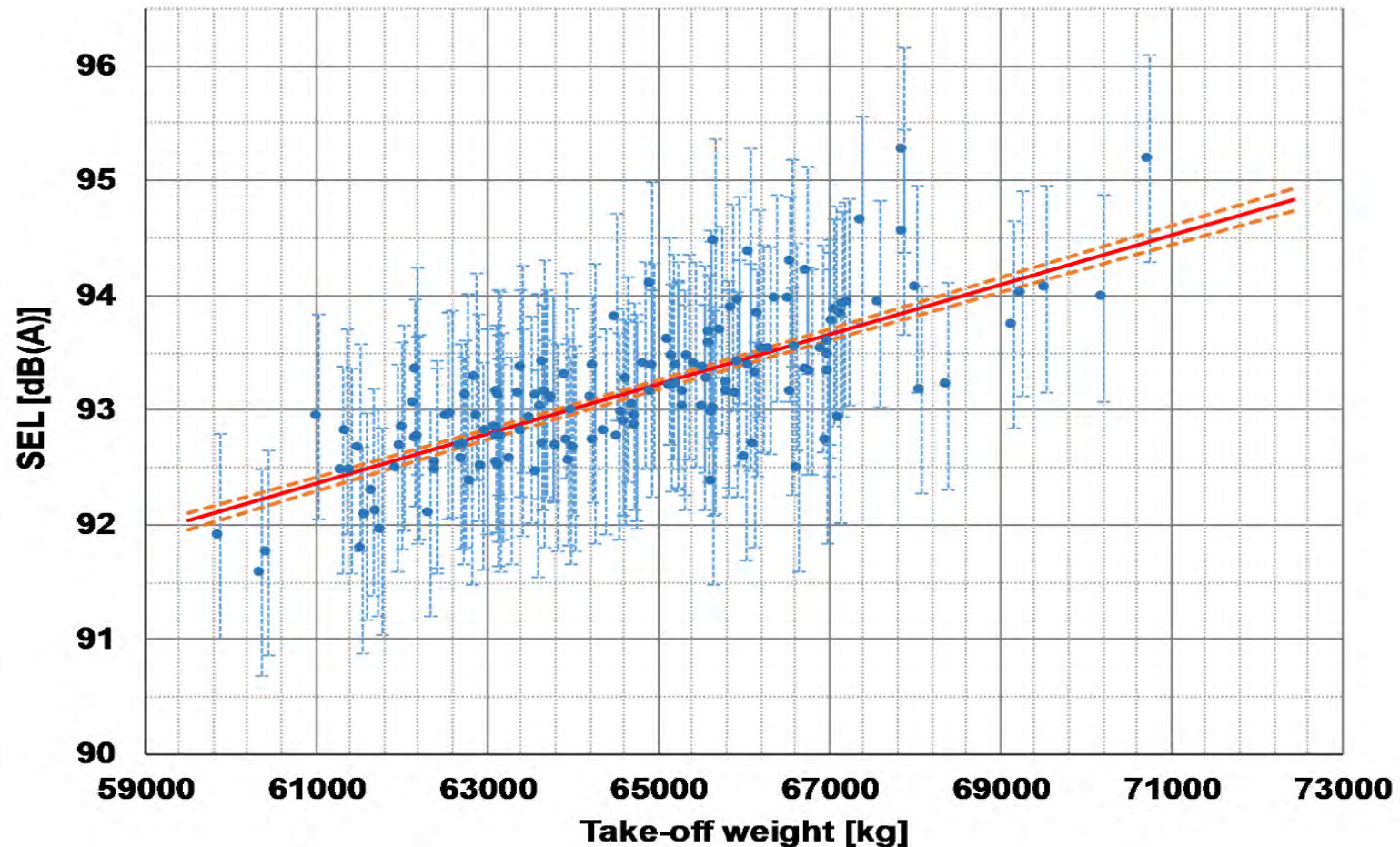
SEL vs. peso al decollo: risultati

	Normalized Coefficient $\tilde{\alpha}_j$	Coefficient α_j
Intercept (Y_0)	93.16 ± 0.05	93.16 ± 0.05
TOW	0.46 ± 0.03	0.00022 ± 0.00003
TGRD	-0.04 ± 0.01	0.00017 ± 0.00013
HW	-0.04 ± 0.03	-0.01851 ± 0.02760
V_{T0}	-0.02 ± 0.03	-0.00339 ± 0.01137
H_{22L}	-0.06 ± 0.01	-0.00175 ± 0.00065
H_{p2}	-0.18 ± 0.02	-0.00372 ± 0.00078
V_{p2}	0.36 ± 0.02	0.06661 ± 0.00747
ρ	0.02 ± 0.01	1.75983 ± 2.24732
T	-0.09 ± 0.02	0.02553 ± 0.01134

$$SEL_i = Y_0 + \sum_k b_k PC_k = Y_0 + \sum_k \sum_{j=1}^9 b_k a_{jk} X_j$$

$$= Y_0 + \sum_j \alpha_j X_j$$

Rumore direttamente proporzionale al peso



Lista delle pubblicazioni scientifiche

Gli argomenti sono stati trattati approfonditamente nei seguenti articoli scientifici:

Già pubblicati:

- Licitra, G., Gagliardi, P., Fredianelli, L., & Simonetti, D. (2014). Noise mitigation action plan of Pisa civil and military airport and its effects on people exposure. *Applied Acoustics*, 84, 25-36.
- Gagliardi, P., Fredianelli, L., Simonetti, D., & Licitra, G. (2017). ADS-B System as a Useful Tool for Testing and Redrawing Noise Management Strategies at Pisa Airport. *Acta Acustica united with Acustica*, 103(4), 543-551.

Da pubblicare («submitted» in data 1/9/2017):

- Gagliardi, P., Teti, L., & Licitra, G. (2017). Aircraft noise modelling based on ADS-B data: a statistical evaluation on flight operational characteristics affecting aircraft noise during take-off. *Applied Acoustics*

Ricapitolando..

- Sono stati **analizzati** gli effetti delle misure antirumore adottate presso lo scalo pisano per mezzo dei **segnali ADS-B** e di un **modello previsionale**
- È stato **verificato il rispetto delle prescrizioni**: se **correttamente seguite**, tali misure comportano **una notevole riduzione dell'impatto acustico** in prossimità dei ricettori
- È stato proposto l'utilizzo di **gate virtuali (punti controllo a fondo pista e in P2)**
- Una specifica analisi sui **parametri operazionali di volo** ha permesso di selezionare i fattori che **maggiormente incidono** sui livelli di immissione in prossimità dei ricettori: **peso al decollo, velocità e distanza SR (altezza velivolo rispetto al suolo)**