

RAPPORTO TECNICO

“PRONTUARIO PER LE MITIGAZIONI AMBIENTALI DI INFRASTRUTTURE VIARIE E AEROPORTUALI NEL COMUNE DI SOMMACAMPAGNA”

FOCUS SULL’AEROPORTO “VALERIO CATULLO”

A cura di:

dr. Roberto de Marchi, agronomo

collaboratore

dr.ssa Francesca Delli Quadri, dottore in Scienze Ambientali

Quinto Vicentino

Settembre 2008

Indice

1. PREMESSA	3
2. LA V.A.S NEL CONTESTO DELLA MITIGAZIONE DEL RUMORE AEROPORTUALE	5
2.1. <i>Il contesto ambientale e le previsioni del P.A.T di Sommacampagna.....</i>	6
3. CARATTERISTICHE DEL RUMORE AEROPORTUALE E SISTEMI DI MISURA	9
4. L'INTERVENTO: PIANO DI AMMODERNAMENTO E SVILUPPO DELL'AEROPORTO CATULLO 11	
4.1 <i>Impatto dell'infrastruttura sulle aree adiacenti</i>	14
5. STRUMENTI DI RIDUZIONE DEL RUMORE AEROPORTUALE	16
6. PROGETTAZIONE DI SISTEMI SCHERMANTI.....	20
6.1 <i>Riduzione del rumore mediante schermatura: caratteristiche fondamentali dello schermo</i>	20
6.2 <i>Attenuazione del rumore da parte della vegetazione.....</i>	23
6.3 <i>Utilizzo della vegetazione nella mitigazione del rumore aeroportuale.....</i>	24
6.4 <i>Esempi di soluzioni operative</i>	27
7. ELABORAZIONI TRAMITE MODELLO MATEMATICO	31
8. PROPOSTA DI OPERE DI MITIGAZIONE	33
8.1 <i>Soluzioni operative proposte: rilevato con vegetazione arboreo-arbustiva e muro vegetato</i>	33
8.2 <i>Specie vegetali da utilizzare</i>	34
8.3 <i>Posizionamento delle barriere</i>	38
9. CONCLUSIONI	41
BIBLIOGRAFIA.....	43
SITI INTERNET CONSULTATI	43
ALLEGATO	44

1. PREMESSA

Il presente rapporto tecnico si inserisce nel contesto del processo di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) del Piano di Assetto Territoriale (PAT – LR 11/2004) del Comune di Sommacampagna (VR), ed è finalizzato all'elaborazione di alcune proposte di intervento per la mitigazione del rumore aeroportuale, in riferimento alle attività di esercizio dell'Aeroporto "Valerio Catullo" ed ai possibili interventi di ammodernamento.

L'incremento del traffico aereo verificatosi negli ultimi decenni ha provocato una amplificazione delle problematiche ambientali, con un impatto sulle diverse componenti, tra cui il rumore è senza dubbio una delle più significative, oltre che la più difficile da controllare.

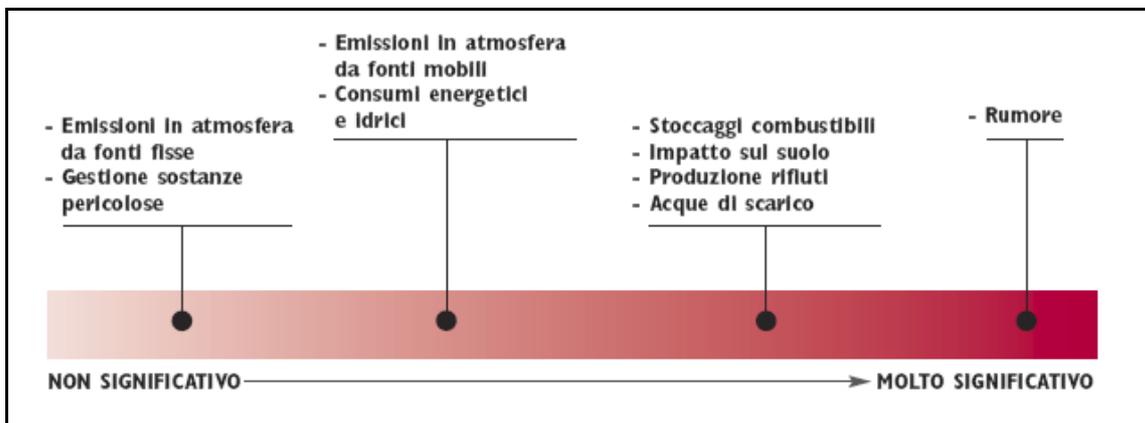


Figura 1.1. Aspetti ambientali significativi individuati in ambito aeroportuale (da: Aeroporti di Roma, 2004)

Le emissioni acustiche significative, ovvero quelle che creano disturbo, vengono prodotte da un aereo durante le operazioni di decollo e di atterraggio (operazioni a bassa quota) o nei movimenti a terra (rullaggio, riscaldamento e prove motori, manovre, etc.). In particolare, nelle fasi di decollo e di atterraggio, poiché la sorgente dell'emissione è elevata rispetto al suolo ed interessa un'ampia zona, la schermatura alla propagazione del rumore risulta particolarmente difficoltosa.

Ciò comporta che nelle zone circostanti uno scalo aereo, oltre ad effettuare previsioni circa l'esposizione al rumore, sia essenziale predisporre una corretta pianificazione del territorio, il monitoraggio del rumore, nonché la previsione di soluzioni per mitigare l'impatto nelle aree individuate come critiche per i livelli di esposizione. La legge quadro sull'inquinamento acustico, n. 447 del 26 ottobre 1995, ha stabilito i principi fondamentali in materia di tutela dall'inquinamento acustico dell'ambiente esterno e abitativo. Tale normativa inserisce

l'obbligo per le Amministrazioni Comunali di procedere alla classificazione del territorio di appartenenza in aree acusticamente omogenee (zonizzazione acustica).

La redazione del piano di classificazione acustica equivale ad attribuire ad ogni porzione del territorio comunale i limiti per l'inquinamento acustico ritenuti compatibili con la tipologia degli insediamenti presenti nella zona considerata, facendo riferimento alle classi acustiche definite dalla tabella A del D.P.C.M. 14/11/1997.

In materia di rumore aeroportuale, i principali riferimenti normativi sono:

- D.M. 31 ottobre 1997 – G.U. n. 267 del 15/11/1997 “Metodologia di misura del rumore aeroportuale”;
- DPR 11/12/97 n. 496 “Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili”;
- D.M. 20 maggio 1999 – G.U. n. 225 del 24/9/1999 “ 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.M. 3 dicembre 1999 – G.U. n. 289 del 10/12/1999 “Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti”

Nella prospettiva dell'ampliamento dell'aeroporto “Valerio Catullo” e facendo specifico riferimento alle previsioni di assetto e di sviluppo del territorio contenute nel P.A.T del comune di Sommacampagna, l'obiettivo principale del presente lavoro è quello di analizzare alcune soluzioni tecnico-operative per la mitigazione del rumore nelle adiacenze dell'infrastruttura. L'analisi ha portato alla progettazione di sistemi di schermatura del rumore, nello specifico barriere antirumore vegetate, ovvero rilevati con vegetazione, tenendo in particolare considerazione il loro inserimento nel contesto ambientale-paesaggistico esistente. Attraverso l'ausilio di modelli di calcolo previsionali dell'attenuazione del rumore da parte di ostacoli fisici (elaborazione a cura di Progetto Decibel S.r.l. – Allegato), è stata testata l'efficacia di tale tipologia di barriera, ipotizzando tre differenti configurazioni dell'opera, caratterizzate ciascuna da specifiche caratteristiche tecnico-costruttive (larghezza al piede ed in sommità, altezza, copertura vegetale, pendenza delle scarpate), allo scopo di individuare le tipologie più efficaci da inserire nel contesto indagato.

Tali soluzioni, se correttamente progettate ed implementate, oltre al fondamentale ruolo di riduzione dell'impatto acustico, assolvono anche alla funzione di miglioramento paesaggistico-visivo, mitigazione dell'inquinamento atmosferico (fumi, polveri ecc.), creazione di ecotoni/corridoi ecologici, consentendo la connessione tra diverse aree naturali presenti nel territorio.

2. LA V.A.S NEL CONTESTO DELLA MITIGAZIONE DEL RUMORE AEROPORTUALE

La Valutazione Ambientale Strategica, prevista dalla Direttiva 42/2001/CE, ha come obiettivo quello di valutare gli effetti di piani e programmi sulle diverse componenti ambientali (aria, acqua, suolo, vegetazione, etc.), sia in fase di pianificazione, che in fase di attuazione del piano che infine, con il monitoraggio, nella fase post-intervento.

Secondo quanto dettato dalla Legge Regionale 23 aprile 2002, n. 11 “*Norme per l’assetto del territorio*”, all’art. 4, comma 2, sono da sottoporre alla procedura di VAS i seguenti piani:

- PTRC
- PTCP
- PAT e PATI.

Il Rapporto Ambientale, che costituisce lo strumento fondamentale della procedura di VAS, secondo quanto previsto nell’allegato 1 della Direttiva 42/2001/CE, deve contenere, tra le altre, le seguenti informazioni:

- f) possibili effetti significativi sull’ambiente (detti effetti devono comprendere quelli primari e secondari, cumulativi, sinergici, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi), compresi quelli su la biodiversità, la popolazione, la salute umana, la flora e la fauna, il suolo, l’acqua, l’aria, i fattori dinamici, i beni materiali, il patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico, il paesaggio e l’interrelazione tra i suddetti fattori;
- g) misure previste per impedire, ridurre o compensare nel modo più completo possibile gli eventuali effetti negativi significativi sull’ambiente dell’attuazione del piano o del programma.

Nel contesto del Piano di Assetto Territoriale del comune di Sommacampagna, una **valutazione** delle previsioni del piano per quanto concerne le trasformazioni del territorio più significative, quali sono quelle indotte dal piano di ammodernamento dell’infrastruttura aeroportuale, consente di mettere in evidenza le criticità generate da tali trasformazioni, gli impatti più significativi e le eventuali soluzioni alternative.

Come sottolineato in precedenza, una delle componenti ambientali maggiormente interessata da effetti negativi nel caso della presenza sul territorio di aeroporti è quella del **rumore**. In riferimento a ciò, una corretta pianificazione dovrebbe prevedere una adeguata “separazione” tra le sorgenti del rumore e le aree più sensibili del territorio, quali centri abitati, scuole, ospedali, etc. In molti casi, la mancanza di spazi sufficienti rende difficoltoso ottenere un grado ottimale di separazione e/o lontananza tra sorgente e le aree sensibili adiacenti, e quindi, nell’impossibilità di individuare siti alternativi, è necessario ricercare soluzioni tecnico-operative che minimizzino l’impatto.

2.1. Il contesto ambientale e le previsioni del P.A.T di Sommacampagna

L'aeroporto "Valerio Catullo" è situato all'interno dei comuni di Sommacampagna e Villafranca di Verona. L'infrastruttura interessa la zona meridionale del comune di Sommacampagna, per una superficie di circa 283 ettari. A nord-ovest dell'infrastruttura, è localizzato l'abitato di Caselle; a est si situa lo svincolo autostradale dell'autostrada A4 Milano - Venezia. L'area oggetto di studio risulta dunque interessata da significative opere infrastrutturali, che condizionano lo sviluppo del territorio e la destinazione d'uso delle aree adiacenti.



Figura 2.1. Foto aerea dell'area interessata dall'infrastruttura aeroportuale

Nell'intorno dell'aeroporto, secondo quanto riportato nella Tavola 4, Trasformabilità (bozza del 02/07/2008), il P.A.T del Comune di Sommacampagna ha individuato, come illustrato nella figura 2.2:

- Ambiti di riequilibrio dell'ecosistema di Caselle;
- Aree di urbanizzazione consolidata a destinazione residenziale, produttiva;
- Infrastrutture viarie comunali o sovracomunali; infrastrutture di maggior rilevanza;
- Edificazione diffusa;
- Ambiti territoriali cui attribuire i corrispondenti obiettivi di tutela – corti rurali;
- Interventi di riordino della zona agricola – nuclei rurali;

mentre nella Tavola n. 3 della Fragilità sono state individuate le aree soggette a limitazioni e prescrizioni da attività aeronautica, ovvero

- Aree soggette a limitazioni e prescrizioni da Ministero della Difesa;
- Aree soggette a limitazioni e prescrizioni da ENAC;

Tali indicazioni sono state recepite ed opportunamente valutate nell'ipotesi di inserimento delle misure di mitigazione.

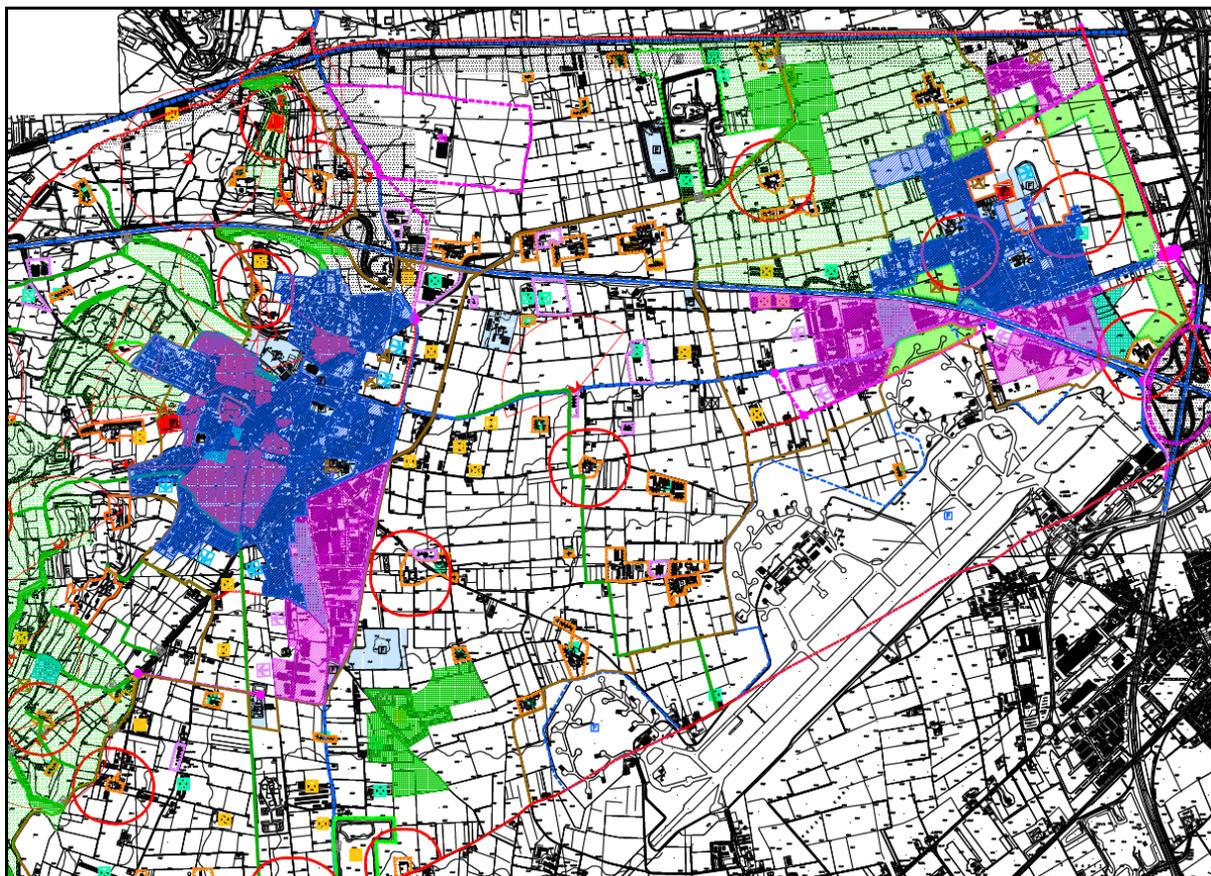


Figura 2.2. Estratto dal PAT del Comune di Sommacampagna – Tavola 4 Trasformabilità

Al di là dunque della superficie destinata ad interventi di riqualificazione ambientale, al fine di mitigare gli impatti sull'abitato di Caselle, le altre aree si configurano come aree di tipo **misto**. Secondo quanto previsto dalla normativa statale e da quella Regionale, (L.R. 10 maggio 1999 n. 21, "Norme in materia di inquinamento acustico") i compiti dei Comuni in materia di rumore sono:

- pianificazione: devono provvedere alla classificazione acustica del territorio comunale in zone (6 classi) per la relativa applicazione dei **limiti** e dei **valori di qualità**. Devono dunque provvedere alla revisione degli strumenti urbanistici adottati, al fine del coordinamento con la classificazione acustica (L.447/95:art. 6 comma 1 lettera b);
- programmazione e risanamento;
- regolamentazione;

- Autorizzatori, ordinatori, sanzionatori;
- controllo;
- rendicontazione.

Vi è l'obbligo dell'adozione del Piano di Risanamento Acustico in caso di:

- superamento dei valori limite di attenzione (Legge 447/95: art. 2 comma 1 lettera g)
- impossibilità di rispettare il divieto di contatto tra aree caratterizzate da livelli di rumorosità eccedenti i 5dB(A) di livello equivalente, nella classificazione acustica, a causa di contesti ad assetto urbanistico già consolidato (Legge 447/95: art. 6 comma 1 lettera c).

Tabella 2.1 Limiti di attenzione (Legge 447/95)

Classificazione del territorio comunale		VALORI DI ATTENZIONE			
		Se riferiti ad un'ora		Se riferiti all'intero periodo di riferimento	
Classe	Denominazione	Diurna	Notturna	Diurno	Notturmo
Classe I	Aree particolarmente protette	60 dB(A)	45 dB(A)	50 dB(A)	40 dB(A)
Classe II	Aree prevalentemente resid.	65 dB (A)	50 dB(A)	55 dB (A)	45 dB(A)
Classe III	Aree di tipo misto	70 dB (A)	55 dB (A)	60 dB(A)	50 dB(A)
Classe IV	Aree di intensa attività umana	75 dB (A)	60 dB(A)	65 dB (A)	55 dB (A)
Classe V	Aree prevalentemente ind.	80 dB (A)	65 dB (A)	70 dB (A)	60 dB(A)
Classe VI	Aree esclusivamente ind.	80 dB (A)	75 dB (A)	70 dB (A)	70 dB (A)

Attualmente, le aree ubicate immediatamente a nord-ovest dell'aeroporto sono state inserite all'interno della classe V, mentre al di là dell'autostrada (abitato di Caselle) le aree sono inserite nelle classi IV, III e II. Si raccomanda dunque che, nell'ambito delle previsioni del P.A.T., il comune di Sommacampagna attui una corretta zonizzazione delle aree adiacenti all'infrastruttura aeroportuale, con previsioni d'uso conformi alla legislazione vigente ed in modo tale da garantire, soprattutto nelle aree sensibili, livelli acustici tali da non arrecare danno alla popolazione.

3. CARATTERISTICHE DEL RUMORE AEROPORTUALE E SISTEMI DI MISURA

Il rumore generato dai motori degli aeromobili è riconducibile ad una sorgente puntiforme che si muove lungo una determinata traiettoria. Una volta individuate le caratteristiche acustiche della sorgente e la traiettoria percorsa, è possibile stabilire il campo acustico relativo ad un singolo evento o operazione. L'aereo produce un rumore particolare e diverso dalle altre sorgenti di rumore, come ad esempio quello provocato dal traffico, relativamente ad **ampiezza**, **spettro** e **durata**. Generalmente la propagazione del suono avviene dall'alto verso il basso ed il suono varia a seconda di due variabili, vale a dire la posizione del ricevente e la posizione della fonte di emissione (velivolo).

Il periodo di tempo durante il quale è identificabile la presenza del rumore dell'aereo rispetto al rumore di fondo viene definito durata di evento sonoro di sorvolo. Tale durata risulta pertanto influenzata dal livello del rumore di fondo presente al momento e può variare da una trentina di secondi per posizioni molto prossime alla linea di volo sino a 2-3 minuti per posizioni molto lontane. Considerando il rumore prodotto dagli aerei in sorvolo, lo spettro del rumore generato varia durante il passaggio secondo un livello che aumenta fino ad un massimo in corrispondenza della verticale. Il rumore presenta componenti predominanti alle alte frequenze nella fase di avvicinamento e componenti predominanti alle basse frequenze in fase di allontanamento. In media il rumore prodotto da un aeromobile di linea in decollo percepito alla fine della pista è di circa 90 - 100 db, mentre a livello dell'aeromobile è di circa 160 db, già ampiamente oltre il limite di danno permanente all'udito.

Inoltre, sono da tenere in considerazione quali fonti di rumore aeroportuale anche altre operazioni che avvengono in altre zone dell'infrastruttura, quali movimenti a terra, prove sui motori, etc., esternamente alle piste di decollo ed atterraggio, come piazzali, piste e vie di rullaggio (zone dedicate all'assistenza degli aeromobili tra un atterraggio e il successivo decollo).

La tecnica più diffusamente impiegata per visualizzare i livelli di esposizione al rumore aereo, trova la sua peculiarità nell'individuazione delle **curve isofoniche**, che per definizione rappresentano il luogo dei punti di uguale livello di esposizione sonora.

L'indice L_{VA} (D.M. 31 ottobre 1997) rappresenta una misurazione acustica riferita ad un determinato periodo di tempo ed è espresso dalla formula:

$$L_{VA} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 10^{\frac{L_{vaj}}{10}} \right] dB(A),$$

in cui **N** è il numero dei giorni del periodo di osservazione del fenomeno e L_{vaj} è il valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale. Il numero N è pari a ventuno giorni, corrispondente a tre settimane, ciascuna delle quali scelta nell'ambito dei periodi: 1 ottobre-31 gennaio; 1 febbraio-31 maggio; 1 giugno-30

settembre, mentre la settimana di osservazione all'interno di ogni periodo deve essere quella a maggior numero di movimenti.

In funzione dell'entità del rumore aereo, è possibile definire una zonizzazione del territorio circostante, individuando **3 zone**:

- **ZONA A:** l'indice L_{VA} è compreso tra 60 e 65 dB(A). Non sono previste limitazioni delle attività consentite. I livelli di esposizione sonora al rumore sono, quindi, accettabili all'esterno e all'interno degli edifici.
- **ZONA B:** l'indice L_{VA} è compreso tra 65 e 75 dB(A). Sono consentite attività agricole ed allevamenti di bestiame, attività industriali, attività commerciali, attività di ufficio e terziario previa adozione di adeguate misure di isolamento acustico. I livelli di esposizione al rumore sono al di sopra della normale tollerabilità e quindi non accettabili. In tale zona è opportuno evitare l'insediamento di nuove costruzioni, ad eccezione di possibili completamenti di aree già sviluppate. In tali ultimi casi dovrebbe essere effettuata, fin dalla prima fase di progetto, una dettagliata analisi dei requisiti di insonorizzazione, per ottenere valori di esposizione interni accettabili. Per gli insediamenti già esistenti in tale zona, è opportuno un intervento di bonifica acustica alla sorgente, volto a portare i livelli L_{VA} esterni al di sotto dei 65 dB(A).
- **ZONA C:** L'indice L_{VA} è maggiore di 75 dB(A). Sono consentite esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso e i servizi delle infrastrutture aeroportuali. Per gli insediamenti esistenti, considerati gli elevati livelli di rumore, è necessario un intervento immediato per il raggiungimento di un adeguato grado di isolamento acustico verso l'esterno degli edifici, volto a portare i livelli L_{VA} esterni al di sotto dei 65 dB(A).

La definizione di tali zone consente di delineare il clima acustico da mantenere nel tempo nell'intorno aeroportuale, tenuto conto sia dei piani di sviluppo previsti dalla società di gestione dell'infrastruttura, che della pianificazione urbanistica comunale e sovracomunale. Tali piani devono di conseguenza essere adeguati, tenendo conto della zonizzazione (zone A,B,C) individuate. Il clima acustico è determinato dallo scenario di traffico che caratterizza l'aeroporto ed è funzione degli obiettivi acustici che si intendono raggiungere nella zona A e nella zona B, avendo già individuato la zona C come quella destinata alle attività correlate con l'utilizzo delle infrastrutture.

All'interno del piano di ammodernamento e sviluppo dell'aeroporto Catullo, per la valutazione della rumorosità è stato utilizzato un modello matematico messo a punto dalla Federal Aviation Administration (F.A.A.), denominato "Integrated Noise Model" (INM), di norma utilizzato per studi di impatto ambientale relativi alla

costruzione di nuove piste o all'ampliamento di quelle esistenti per stimare gli effetti causati da nuovi flussi di traffico, per analizzare nuove procedure di volo e valutare le diverse alternative. Date le intrinseche possibilità di errore del modello (sovrastima o sottostima) è opportuno, di norma, effettuare una taratura dello strumento predittivo in relazione allo studio dell'aeroporto in esame, nonché tenere in considerazione variabili acusticamente importanti, ma non direttamente esplicitate dal modello, quali ad esempio l'assorbimento del suono da parte del terreno, la presenza di edifici, barriere, ostacoli. La S.E.A. (Società di gestione degli aeroporti milanesi), ha realizzato nel 1999 una rete di monitoraggio finalizzata alla taratura dell'INM, concludendo che l'incertezza nella determinazione dei livelli di valutazione L_{VA} attraverso il modello di calcolo, nell'area oggetto di indagine, è contenuta entro il limite di soli 2dB(A). La F.A.A. ritiene che i valori previsti dalla INM possano variare fino ad un massimo di ± 5 dB(A) rispetto a quelli misurati.

4. L'INTERVENTO: PIANO DI AMMODERNAMENTO E SVILUPPO DELL'AEROPORTO CATULLO

L'aeroporto Valerio Catullo, gestito dalla Società Catullo S.p.a. (Aeroporti del Garda), interessa i comuni di Sommacampagna e Villafranca. L'infrastruttura ha registrato 40.000 movimenti aeromobili nel 2005; secondo statistiche dell'ENAC del 2006 è al 12° posto per numero di movimenti aerei in Italia, secondo polo aeroportuale del nord-est. Attualmente all'interno del sedime aeroportuale, sono presenti due piste, denominate pista 04 e pista 22, dalla lunghezza complessiva di 3.067,5 metri, mentre la larghezza di ognuna è di 45 metri.

In sintesi, la bozza di Piano di Sviluppo aeroportuale oggetto di analisi prevede due scenari:

- breve/medio termine, in riferimento ad uno scenario di traffico di 6,4 mppa all'anno 2024;
- lungo termine, in riferimento ad uno scenario di traffico di 9,4 mppa nell'anno 2045.

La bozza progettuale indica l'acquisizione del sedime attualmente di competenza dell'Aeronautica Militare, localizzato a nord ovest della pista di volo. In quest'area le destinazioni d'uso sono riconducibili a servizi generali, attività di supporto e centrali tecnologiche.

Lo scenario di **Sviluppo a breve/medio termine** prevede alcuni ampliamenti del sedime aeroportuale, per esigenze di carattere aeronautico: adeguamento della striscia di sicurezza della pista di volo e realizzazione di nuovi piazzali di sosta aeromobili. In sintesi gli interventi previsti sono:

- Riqualifica ed adeguamento della via di rullaggio Tango
- Nuovo piazzale di sosta aeromobili remoto a nord-est della pista di volo, configurato per 4 aeromobili
- I e II fase del nuovo piazzale di sosta aeromobili, configurato in uso abituale per 9 posizioni di sosta, su terreni da acquisire sul lato sud-ovest della pista di volo;

- Rilocazione dei fabbricati e delle attività di supporto presenti a sud-est del complesso aerostazioni: stazione vigili del fuoco, accasermamenti, magazzini ed aree di supporto compagnie aeree
- Rilocazione area stoccaggio carburanti in area esterna al comprensorio aeroportuale
- Prolungamento di circa 400 m della pista di volo 04, mediante riconfigurazione a pista di volo del tratto pavimentato esistente in prosecuzione della testata 04 non più in uso e prolungamento della via di rullaggio Tango fino alla nuova testata
- Nuova piazzola prova motori dotata di idonee protezioni antisoffio e fonoassorbenti, nuova area per il *de-icing* aeromobili, nuova torre di controllo, nelle aree ubicate a nord-ovest della pista di volo.

Le opere relative al complesso *terminale passeggeri* prevedono ristrutturazioni ed ampliamenti, da effettuarsi con interventi di completamento del complesso nella stessa area di pertinenza, già in massima parte configurato dalle opere esistenti.

Per quanto concerne l'ipotesi di **ampliamento a lungo termine**, l'assetto finale del complesso aeroportuale prevede le seguenti opere aggiuntive a quanto previsto nel breve/medio termine:

- nuova via di rullaggio parallela alla pista di volo 04/22 nel lato sud-ovest
- adeguamento della esistente via di rullaggio Tango a pista sussidiaria con caratteristiche fisico-operative ridotte
- estensione del complesso territoriale passeggeri a nord-est della pista di volo

Si prevede infine che la nuova aerostazione passeggeri, con le relative opere complementari (parcheggi veicolari, nuovo hangar manutenzione veicoli, aree centrali tecniche, edifici di supporto e direzionali), avrà un accesso diretto alla autostrada A4 mediante realizzazione di nuovo svincolo e adeguamento della viabilità esistente.

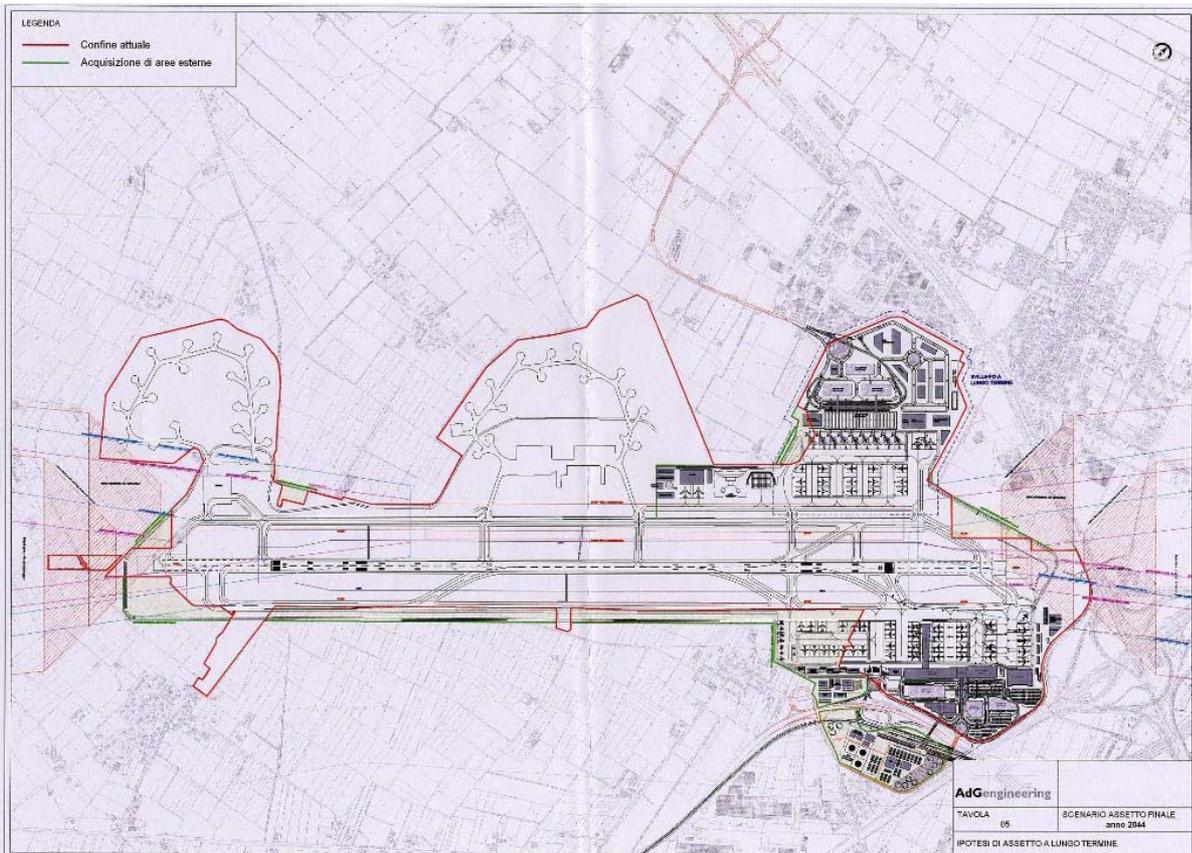
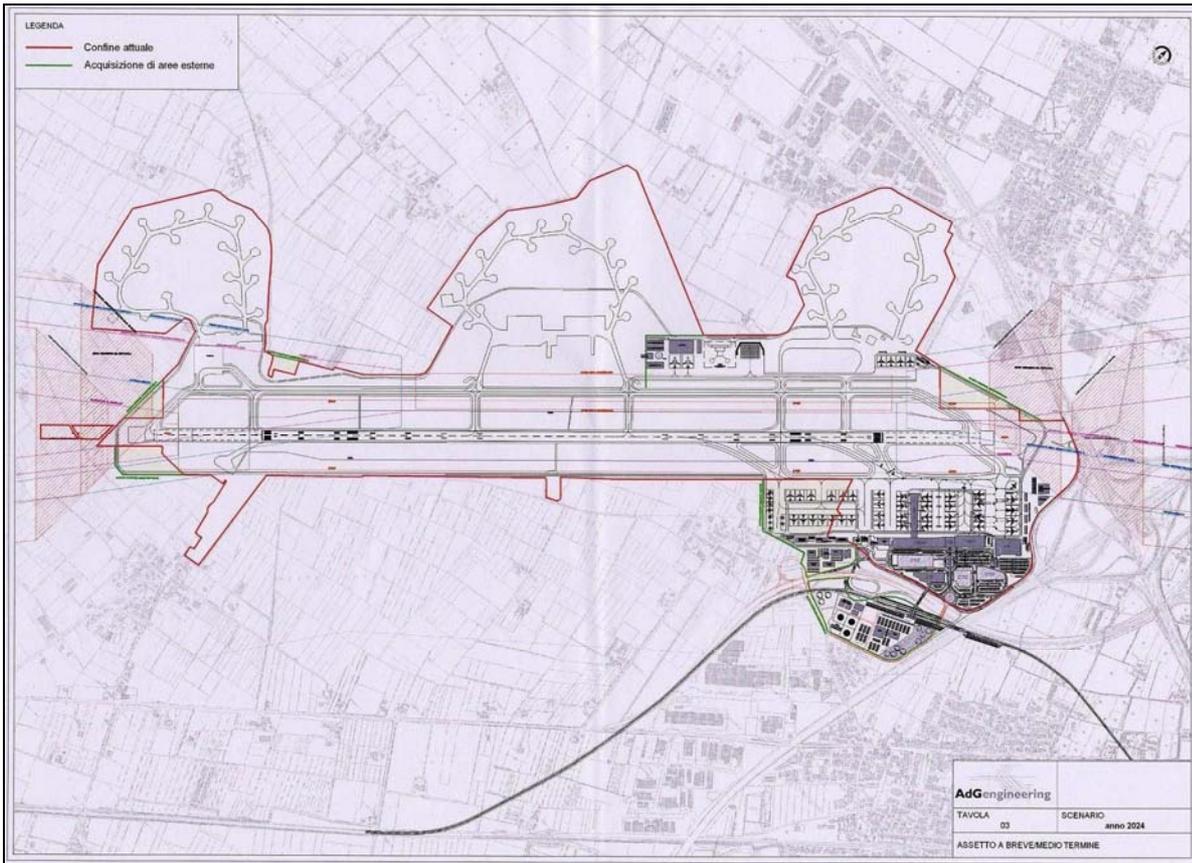


Figura 4.1 Interventi previsti dalla bozza di piano di ammodernamento

4.1 Impatto dell'infrastruttura sulle aree adiacenti

Uno studio preliminare dell'impatto acustico provocato dai movimenti degli aeromobili nelle zone adiacenti all'aeroporto Catullo risale all'anno 2006. La modellazione, condotta mediante modello INM, è stata effettuata allo scopo di individuare le procedure di volo, decollo ed atterraggio, aventi un impatto minore sulle aree adiacenti del Comune di Sommacampagna, con particolare riferimento all'abitato di Caselle, posto a nord-ovest della pista 22.

Con Delibera del Consiglio Comunale di Sommacampagna del 08/11/2006, "*Linee guida per l'approvazione della procedura antirumore e delle curve isofoniche dell'aeroporto Catullo ai sensi della legge 447/95*", è stata approvata la procedura che prevede la virata verso sud-ovest in prossimità del VOR. I decolli possono essere effettuati verso Verona (a seguito di un'autorizzazione dell'ENAC e la concessione della pista da parte dei militari), in questo caso però è stato rilevato un impatto abbastanza pesante sulla frazione di Caselle, sia in termini di rumore che di emissione di polveri. Perciò, è stata individuata come soluzione la procedura di virata a fondo pista, soluzione che sembra provocare un minor impatto acustico in quanto comporta di evitare, per Verona e Caselle, che la fascia di 65 dB(A) si allunghi. Più precisamente, nel 2006 è stato stimato che a seguito dell'adozione di tale procedura le famiglie presenti all'interno della zona A ($60 < L_{VA} < 65$ dB) siano 16, con un numero di abitanti pari 51 e che le famiglie presenti nella zona con $Leq > 55$ dB siano 752, con un numero di abitanti pari a 2.450 unità.

Per quanto riguarda la recente bozza di Piano di Ammodernamento, al fine di valutare in via preliminare l'impatto acustico indotto dal traffico aeromobili nell'anno 2024 (scenario a breve/medio termine) e gli effetti del previsto prolungamento della pista 04, è stato effettuato (dalla società ADGengineering all'interno del progetto stesso) un ulteriore studio per la definizione delle curve di isolivello acustico mediante modello INM. La configurazione impostata nel modello prevede un utilizzo esclusivo della pista 04 sia per gli atterraggi che per i decolli, secondo la procedura adottata (virata al VOR). Resta un 20-30% di utilizzo della pista 22 per i decolli, nei casi di condizioni climatiche sfavorevoli (visibilità, ventosità).

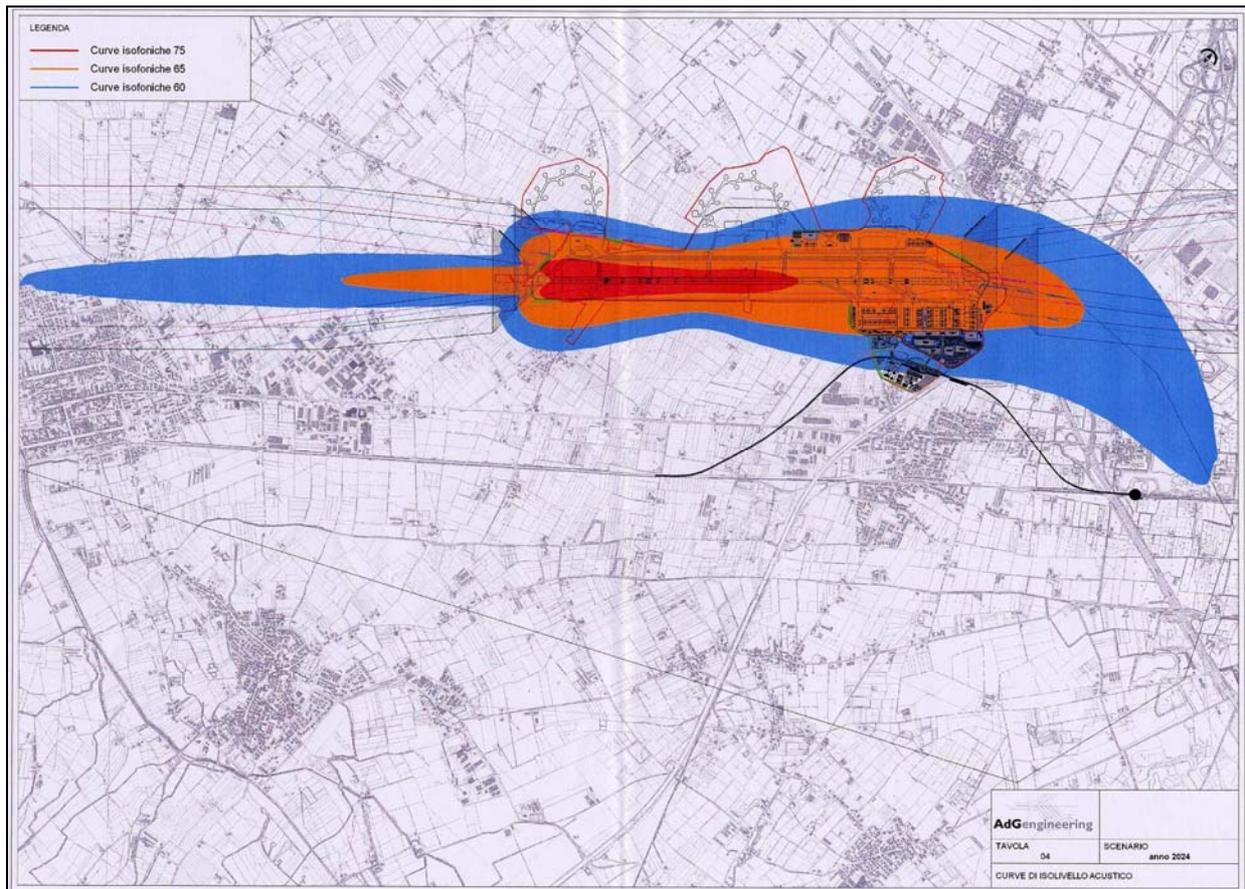


Figura 4.2. Risultati della modellazione – curve di isolivello acustico

Ferma restando la necessità di effettuare una verifica dei valori reali provocati dal passaggio degli aeromobili, verrà istituita una **rete di monitoraggio del rumore aeroportuale**, prendendo ad esempio i vicini aeroporti di Bergamo Orio al Serio e Milano Malpensa e Linate, che in collaborazione con l'Arpa Lombardia e il Laboratorio di Acustica Ambientale dell'Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, che implementerà un sistema di controlli e monitoraggi, ai sensi del D.G.R. 808/05 della Regione Lombardia "Linee guida per conseguire il massimo grado di efficienza dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale in Lombardia".

Nell'intorno dell'infrastruttura aeroportuale si pone dunque l'esigenza di ridurre i livelli di pressione sonora, soprattutto nelle zone interessate da aree residenziali. È in queste zone infatti che la popolazione, sottoposta anche all'impatto prodotto da altre sorgenti sonore (infrastrutture viarie-svincoli autostradali), riceve il massimo disturbo in quanto aree prevalentemente destinate alla quiete ed al riposo. A tale proposito, uno studio canadese, utilizzato dal governo per la pianificazione del territorio circostante gli aeroporti, ha statisticamente analizzato le reazioni della popolazione residente nei dintorni di 21 aeroporti considerando l'intensità, la frequenza e la distribuzione sul territorio dei reclami ricevuti dallo scalo; i risultati di questo studio sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 4.1 Probabili reazioni della cittadinanza in funzione del rumore subito (Fonte Canadian Aviation Authority)

Livello di rumore in Lva	Reazioni previste
Oltre i 60 db Lva	Ripetute e vigorose proteste singole che potrebbero sfociare in comitati cittadini che adirebbero le vie legali
Tra i 50-55 db Lva	Proteste singole vigorose. Richieste alle autorità aeroportuali probabili, ma difficile la formazione di comitati
Sotto i 50 db Lva	Reclami sporadici di cittadini con attività particolari o residenti in zone particolari

5. STRUMENTI DI RIDUZIONE DEL RUMORE AEROPORTUALE

A seguito del già citato sviluppo del trasporto aereo a livello sia nazionale che internazionale, numerose esperienze ed approfondimenti sono stati condotti al fine di implementare misure di riduzione e/o contenimento del rumore aeroportuale. Nel 1968 l'ICAO (*International Civil Aviation Organization*) costituì un comitato sulle emissioni sonore degli aeromobili, con il compito di definire, misurare ed elaborare norme specifiche relative a tale questione. Le principali misure indicate dal comitato per risolvere l'inquinamento acustico sono state:

1. Diminuzione della rumorosità degli aerei;
2. Pianificazione del territorio;
3. Istituzione di una tassa sul rumore;
4. Limitazione dei voli notturni;
5. Monitoraggio del rumore;
6. Procedure anti-rumore;
7. Programmi d'insonorizzazione;
8. Slot-allocation (assegnazione di un orario di decollo da parte dell'ATC)

Questi otto punti, presentati nel lontano 1968, costituiscono ancora oggi i punti base di qualsiasi approccio sistematico per gli studi di riduzione d'impatto acustico aeroportuale.

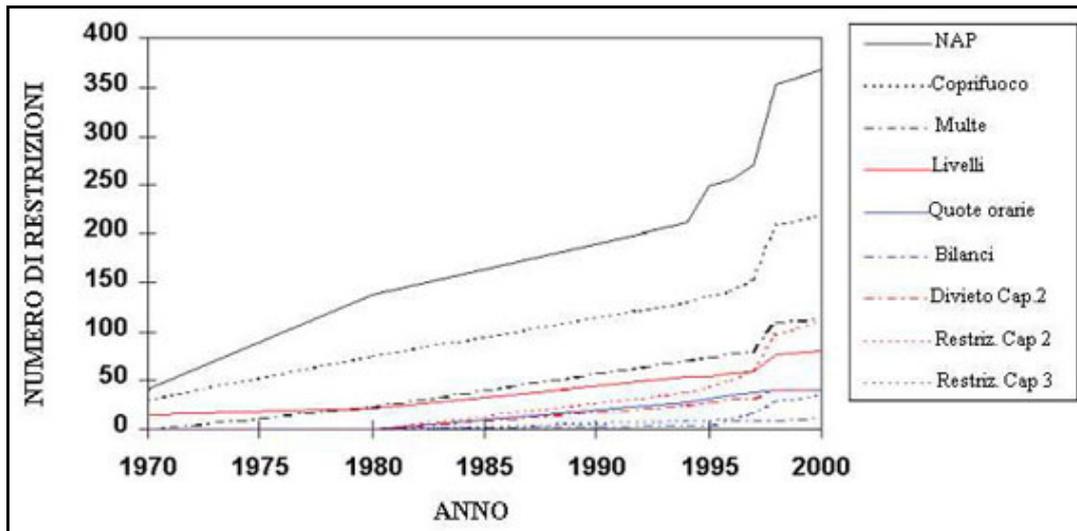


Figura 5.1 Crescita mondiale delle restrizioni anti-rumore negli aeroporti (fonte: Gessi, 2001)

Secondo quanto previsto dalla Direttiva Europea 2002/30, misure di **restrizione** delle operazioni aeroportuali devono essere attuate solamente quando non sia possibile intraprendere azioni alternative per il miglioramento delle problematiche annesse alla componente rumore. Tali operazioni riguardano, analogamente a quanto precedentemente riportato:

- La riduzione del rumore alla sorgente;
- L'adozione di misure di pianificazione e gestione del territorio;
- L'isolamento acustico delle abitazioni e degli edifici sensibili (scuole, ospedali);
- L'acquisizione di proprietà nell'intorno dell'aeroporto;
- Le procedure di abbattimento del rumore;
- Strumenti di altro genere (compensazioni economiche)

Infine, dall'esame di diverse esperienze a livello mondiale, è emerso come allo stato attuale le strategie messe in opera siano in prevalenza:

- zonizzazione acustica e destinazione d'uso del territorio;
- destinazione di fondi specifici per l'insonorizzazione degli edifici adiacenti,
- linee guida per una corretta gestione del sedime aeroportuale (con eventuale isolamento acustico delle proprietà maggiormente esposte);
- implementazione di strumenti di previsione capaci di valutare gli effetti degli interventi prima della loro applicazione;
- monitoraggio;
- misure di mitigazione.

L'Unione Europea ha pubblicato nel 2002 un inventario delle metodologie di mitigazione del rumore (*Inventory of Noise Mitigation Methods*), all'interno del quale sono stati presi in considerazione differenti metodi di abbattimento del rumore aeroportuale, che possono essere raggruppati sostanzialmente in due grandi categorie:

- implementazione di modelli a minori emissioni (nuove procedure di certificazione degli aeromobili per ridurre il rumore alla sorgente);
- regolamentazione e controllo delle operazioni legate al traffico aereo.

Posto che il rumore provocato dagli aerei raggiunge i massimi livelli nelle fasi di decollo e di atterraggio, una corretta gestione di tali operazioni può contribuire a ridurre il livello di rumore attorno agli aeroporti. La pianificazione di specifiche traiettorie di volo (proiezione a terra della traiettoria dell'aereo) su aree non abitate, come ad esempio zone umide, aree adibite ad uso agricolo o comunque aree non urbanizzate, può efficacemente ridurre l'inquinamento acustico, anche se non sempre è applicabile a causa della carenza di spazi adeguati.

Uno schema riassuntivo delle diverse misure di riduzione e mitigazione del rumore prodotto dalle infrastrutture aeroportuali, individuate dalla UE, viene presentato nella Tabella 5.1

Tabella 5.1 Strumenti di riduzione del rumore aeroportuale

Metodi generali	Azioni	Limitazioni
Riduzione del rumore alla sorgente	<ul style="list-style-type: none"> • Restrizioni alle operazioni di decollo/atterraggio • Restrizioni temporali • Restrizioni spaziali 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitazioni dell'operatività degli scali e perdite economiche
Limitazioni alla propagazione del rumore	<ul style="list-style-type: none"> • Pianificazione del territorio • Zonizzazione acustica • Utilizzo di schermi/barriere 	<ul style="list-style-type: none"> • possibilità limitate (scarsità suolo disponibile) • ostacoli alla navigazione aerea
Protezione degli edifici	<ul style="list-style-type: none"> • Insonorizzazione edifici 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficoltà nel reperire fondi adeguati da parte delle amministrazioni
Metodologie di altro tipo (strumenti economici)	<ul style="list-style-type: none"> • tassazioni • destinazione fondi destinati ai residenti per insonorizzazione edifici 	<ul style="list-style-type: none"> • Incertezza nella stima degli aeromobili più rumorosi – necessità di un adeguato sistema di monitoraggio

Negli Stati Uniti 210.000 persone sono esposte a pressioni sonore superiori ai 65 db (limite di legge) intorno all'aeroporto di Chicago e 460.000 nelle vicinanze di quello di New York-La Guardia. In questi casi, in cui la densità di popolazione è molto alta, sono stati stanziati fondi per l'insonorizzazione degli edifici, misura questa molto diffusa anche in Europa: a Copenaghen sono stati isolati acusticamente 3.000 edifici, 3.300 a Parigi, 6.000 a Londra e 4.300 ad Amsterdam.

L'aeroporto di **Francoforte** ha recentemente elaborato un programma in 10 punti per la riduzione del rumore aeroportuale a seguito del progetto (relativo all'anno 2000), di espansione dell'infrastruttura che ha previsto la riduzione dei voli durante le ore notturne, l'implementazione di sistemi di finanziamento per l'isolamento acustico delle abitazioni adiacenti, l'imposizione di tasse diversificate per i voli notturni e per i vettori più rumorosi, l'implementazione di sistemi avanzati di monitoraggio del rumore aeroportuale.

Per quanto riguarda possibili misure di schermatura, a causa delle peculiari caratteristiche del rumore provocato da aeromobili, generalmente si preferisce agire su fasce di rispetto. Quando vi è disponibilità di spazi, è possibile utilizzare barriere costituite da vegetazione, come ad esempio in prossimità dell'aeroporto di **Amburgo** in cui sono presenti numerose fasce di vegetazione a creazione di barriere di separazione, anche visive, tra l'aeroporto e le abitazioni. In questo caso le aree vegetate presentano spessori minimi di circa 25-30 m, che possono raggiungere anche i 50 m nei casi in cui vi sia maggiore disponibilità di spazio. In molti casi, anche le aree destinate ai parcheggi degli automezzi presentano una copertura vegetata e sono inframmezzate da un elevato numero di alberi e di aree arbustive, in modo tale da creare una rete più articolata di strutture vegetali all'interno e all'esterno dell'aeroporto.

L' aeroporto di **Fiumicino**, come misure di mitigazione a terra dell'inquinamento acustico, ha provveduto alla realizzazione dei seguenti interventi:

- costruzione di terrapieni artificiali, denominati "dune" di 4-6m di altezza, a lato della pista 1, a protezione dell'abitato di Focene, allo scopo di limitare il rumore nella fase di rullaggio;
- una barriera vegetale, costituita da macchia mediterranea, arbusti e alberi, lungo l'autostrada Roma-Fiumicino per contenere il rumore all'interno del sedime aeroportuale.

6. PROGETTAZIONE DI SISTEMI SCHERMANTI

In merito alla valutazione delle misure previste dal PAT di Sommacampagna, poiché l'aeroporto "Valerio Catullo" ricade in un intorno caratterizzato dalla presenza di aree a destinazione mista, residenziale e produttiva, è stata presa in considerazione un'ipotesi operativa costituita dall'inserimento di ostacoli a schermatura del rumore.

L'efficacia di un sistema schermante viene misurata determinando qual è la riduzione del livello di pressione acustica misurata al ricevitore dopo l'inserzione della barriera; tale differenza viene definita come attenuazione per inserzione "*Insertion Loss*"

$$IL_{\text{barriera}} = L_{B(\text{prima})} - L_{A(\text{dopo})}$$

Nei paragrafi successivi verranno illustrate le principali caratteristiche dei sistemi schermanti, nonché indicazioni specifiche sull'efficacia nella riduzione del rumore delle barriere costituite da vegetazione e/o sistemi "misti", rilevati con vegetazione.

6.1 Riduzione del rumore mediante schermatura: caratteristiche fondamentali dello schermo

Un ostacolo solido interposto tra la sorgente sonora e il punto di immissione che si vuole proteggere impedisce alle onde sonore di espandersi secondo una traiettoria rettilinea, obbligandole a curvarsi, con un effetto di riflessione a cui si può associare anche un effetto di assorbimento. Le caratteristiche fondamentali dello schermo sono:

- a) **altezza efficace: h**
- b) **angolo di curvatura, corrispondente al "cono d'ombra acustico"**

L'angolo di curvatura, a parità di distanza, aumenta con l'altezza dello schermo e a parità di altezza aumenta al diminuire della distanza. Pertanto, nella progettazione di sistemi schermanti, l'efficacia dell'intervento è direttamente proporzionale all'altezza della barriera ed alla sua vicinanza alla sorgente. Ad esempio utilizzando uno schermo alto 4 m, posizionato in modo tale da formare un angolo di 90° con l'asse congiungente la sorgente, si può giungere ad una riduzione di 20 dB.

Lo schema illustrato in figura 6.1 fa riferimento a schemi di tipo compatto; nel caso in cui l'intervento preveda l'utilizzo di vegetazione, bisogna tener presente che l'inserimento di una fascia vegetata consente una ulteriore riduzione del rumore di 0,1-0,2 dB per ogni metro di profondità.

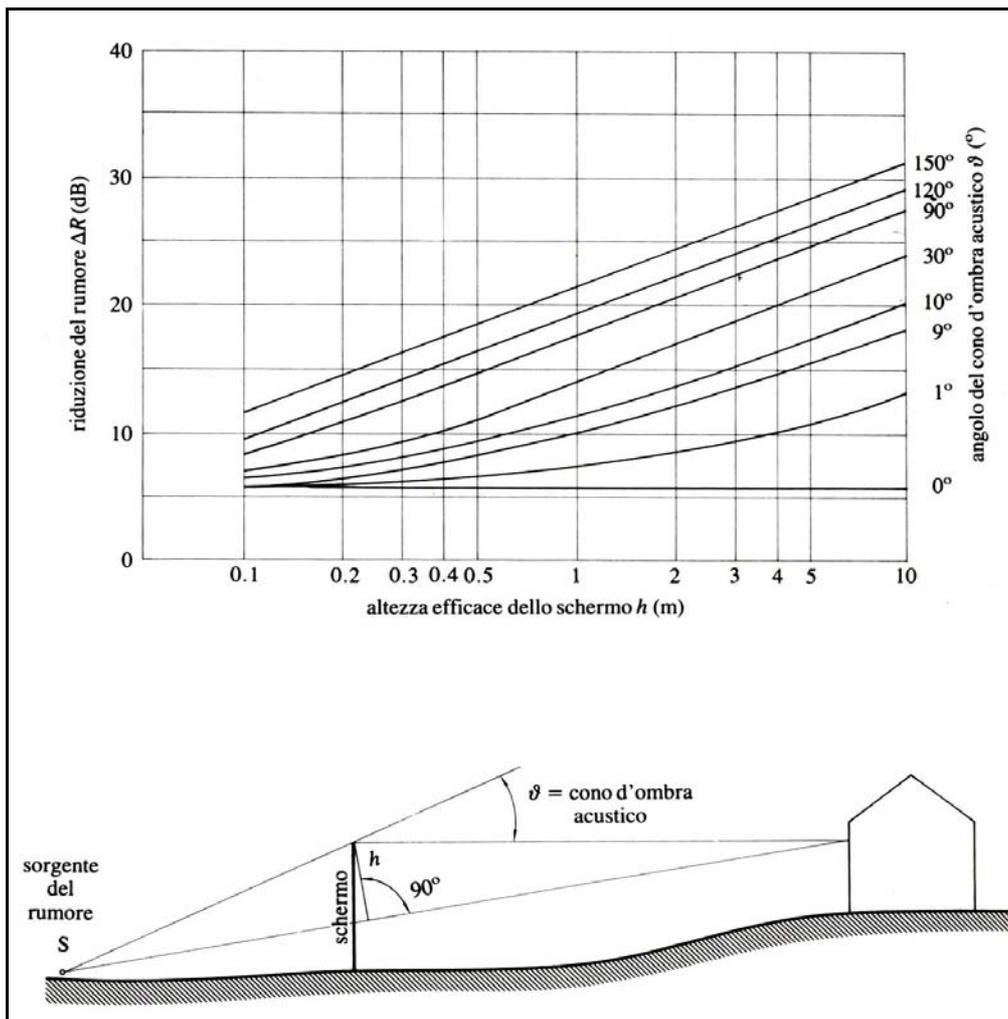


Figura 6.1 Influsso degli ostacoli sulla riduzione del rumore (Meyer F.)

In generale, per le tipologie di barriere da adottare, il riferimento più comune è quello alle soluzioni esistenti per la riduzione del traffico da infrastrutture viarie (strade, autostrade e ferrovie). Nel caso specifico del rumore aeroportuale, è fondamentale tenere presente che la sorgente non è fissa al suolo ma si solleva, quindi non è possibile attuare una schermatura completa. A parità di livello di abbattimento del rumore desiderato, muri, schermi e schermi a struttura mista consentono di ridurre lo spazio necessario, anche se possono pregiudicare l'aspetto estetico. Nel caso di rilevati, l'azione di riduzione del rumore ad opera del terreno avviene mediante:

- assorbimento di onde dirette radenti al suolo;
- riflessione dell'onda sul suolo assorbente con conseguente perdita di energia.

Un buon risultato si ottiene con terreni inerbiti o comunque morbidi; al contrario terreni pietrosi, sabbiosi o ghiacciati anziché assorbenti risultano riflettenti.

Tabella 6.1. Tipologie di barriere ed indicazioni di utilizzo

TIPOLOGIA BARRIERA		INDICAZIONI DI UTILIZZO
Muri verticali	In calcestruzzo e/o altro materiale	<ul style="list-style-type: none"> - non necessitano di ampi spazi - negativo inserimento dal punto di vista paesaggistico
Terrapieni	Terreno inerbito	<ul style="list-style-type: none"> - Necessitano di spazi più ampi - Necessitano di volumi di terra
Schermi a struttura mista	terre armate rinforzate	- Necessitano di fascia di 2-3m
	muri vegetati (muri cellulari, strutture composite, strutture a gabbia)	<ul style="list-style-type: none"> - Necessità di irrigazione - Occupano solamente 60-70cm
Strutture esclusivamente vegetali	Fasce vegetate	<ul style="list-style-type: none"> - Necessità di ampi spazi - Ottimo inserimento dal punto di vista paesaggistico: estetico e creazione di reti ecologiche - Riduzione inquinamento atmosferico

Alla luce di queste indicazioni, si ritiene pertanto che l'utilizzo di un **sistema misto del tipo terrapieno con vegetazione** possa ottimizzare le capacità di schermatura rispetto ad una barriera costituita da sola vegetazione, preservando il valore aggiunto costituito dalla vegetazione e dalla funzione che esercita nel migliorare gli aspetti paesaggistici. La presenza di rilevati in terra, in combinazione con la componente arboreo-arbustiva, gioca un ruolo importante nella riduzione del rumore, mediante:

- l'assorbimento di onde dirette radenti al suolo;
- la riflessione dell'onda sul suolo assorbente, con conseguente perdita di energia.

Questa soluzione si configura come una delle soluzioni tecniche più convenienti dal punto di vista tecnico, oltre che paesaggistico, ed inoltre è da considerare anche l'attenuazione dell'inquinamento atmosferico (polveri sottili, fumi e altre sostanze gassose) operata dal fogliame di alberi ed arbusti, che contribuisce ad attenuare altri impatti sull'ambiente circostante dovuti al movimento ed al transito degli aereomobili.

Di seguito vengono illustrate le caratteristiche specifiche riguardanti l'attenuazione del rumore da parte della vegetazione, caratteristiche che sono state attentamente analizzate ed utilizzate nella progettazione della soluzione tecnica prospettata.

6.2 Attenuazione del rumore da parte della vegetazione

I processi fisici che portano ad una attenuazione del rumore da parte della vegetazione sono due: **assorbimento e diffusione.**

Le onde acustiche vengono parzialmente assorbite dal fogliame, dagli aghi e dai rametti di minori dimensioni, mentre tronchi, rami e fogliame denso disperdono e diffondono il rumore. In generale quindi alberi e masse vegetali agiscono da “barriere non isolanti”, assorbendo e riflettendo parte dell’energia acustica lontano dal ricevente. Più nel dettaglio la vegetazione effettua una riduzione del rumore attraverso:

- l’assorbimento e la trasformazione dell’energia sonora in calore grazie al movimento dell’energia sulle superfici delle foglie, dei rami e del fusto e ai conseguenti moti oscillatori smorzati;
- deviazione delle alte frequenze dell’energia sonora.

In generale, la capacità complessiva di attenuazione sembra essere influenzata maggiormente dallo spessore della fascia vegetata, dalla sua altezza e dalla densità piuttosto che da differenze nella forma e nella dimensione delle foglie o da differenze nella ramificazione. In altri termini, il processo di diffusione è prevalente rispetto al processo di assorbimento, che diviene invece più significativo all’aumentare della frequenza della sorgente di rumore. Il fogliame in questo caso è la parte più efficiente nell’attenuare le onde sonore nel campo delle alte frequenze e l’efficienza dell’attenuazione aumenta con la densità delle foglie, l’ampiezza e lo spessore delle foglie. Come riportato in letteratura (Di Fidio, 1993), la riduzione del rumore da parte di uno schermo costituito da vegetazione è pari a **0,1-0,2 dB** per ogni metro di profondità, in aggiunta all’effetto di riduzione con la distanza dalla fonte. Barriere parallele di latifoglie o di latifoglie e conifere a struttura chiusa, ortogonali alla direzione di diffusione del rumore, consentono di ottenere una riduzione del rumore fino a 2dB per ogni metro di spessore della barriera. Di conseguenza, le barriere con solo utilizzo di essenze arboree dovrebbero avere uno spessore minimo di 10m.

Gli alberi e la vegetazione saranno più efficaci nel ridurre il rumore provocato dagli aeromobili durante le operazioni a terra, piuttosto che durante le operazioni di volo. In ogni caso, anche se l’efficacia della vegetazione può non essere massima nei confronti di alcune fonti di rumore, la presenza di fasce boscate può influenzare, con altre modalità, la “percezione” di chi è affetto dal rumore, agendo in modo anche significativo sugli impatti dal punto di vista psicologico. Ad esempio, la presenza di aree alberate crea una “zona tampono”, una barriera visuale nei confronti dell’infrastruttura, dunque una distanza in termini visivi. Inoltre, poiché gli alberi, come sottolineato in precedenza, disperdono le alte frequenze, la loro presenza può ridurre il fastidio dovuto ai suoni più penetranti e “stridenti”. Infine, il movimento delle foglie causato dal vento può provocare un effetto sonoro gradevole, che si sovrappone a quello più fastidioso derivante dagli aerei in movimento.

Tali effetti influiscono positivamente sulla percezione dell’ambiente da parte dei residenti e degli altri fruitori dell’area, portando ad una diminuzione del disturbo dovuto al rumore.

6.3 Utilizzo della vegetazione nella mitigazione del rumore aeroportuale

Di seguito, vengono riportate alcune indicazioni generali, elaborate dalla F.A.A. (Federal Aviation Administration, 1978) sull'utilizzo specifico delle barriere vegetate nell'attenuazione del rumore aeroportuale. L'utilizzo della vegetazione come schermo al rumore in contesti aeroportuali presenta problematiche più complesse rispetto all'analogo utilizzo nelle vicinanze di infrastrutture quali strade, autostrade o ferrovie. Oltre alla minore efficacia, dovuta all'impossibilità di schermare completamente la fonte del rumore, sono da tenere in considerazione alcuni aspetti quali il corretto posizionamento, al fine di evitare la creazione di ostacoli alla navigazione aerea, e l'esigenza di non attrarre avifauna, dannosa per l'incolumità degli aeromobili.

Spessore della barriera vegetata

Secondo quanto riportato dalla F.A.A., l'attenuazione media attribuita ad un'area boscata, per rumori nel range di frequenza 200-2000 Hz, è di circa 7dB per un'ampiezza della barriera di 30 m, mentre sotto i 15 m l'attenuazione non si produce e la barriera risulta inefficace. Bolt, Bernak and Newman, in un'un'analisi svolta per conto della F.A.A., hanno elaborato un grafico dell'attenuazione del rumore, espressa in decibel di rumore percepito dall'inizio del decollo, per un aereo civile a turboreazione (a quattro motori), in funzione dell'ampiezza della barriera. Il grafico illustra come l'efficacia della barriera aumenta all'aumentare dello spessore, fino al punto in cui non vi è un incremento addizionale significativo dell'attenuazione, intorno ai 240 m di spessore.

Posizionamento dello schermo

Le posizioni relative della sorgente sonora, dello schermo vegetato e del ricevente sono condizioni critiche nel determinare l'effetto di attenuazione del rumore da parte della barriera. L'attenuazione è fortemente condizionata dalla vicinanza della sorgente e/o del ricevitore allo schermo.

I risultati di alcuni test condotti negli anni '70 da Cook and Van Haverbeke (1977) sul posizionamento della cintura vegetata mettono in relazione l'attenuazione relativa con la distanza tra sorgente e ricevitore, nella forma R/S (rapporto tra distanza ricevente-schermo e sorgente-schermo). La curva presenta un minimo per il rapporto R/S=1, tale condizione indica quindi uno scorretto posizionamento dello schermo.

All'aumentare del rapporto R/S, ovvero ad una maggiore vicinanza dello schermo alla sorgente del rumore, l'efficacia dell'intervento aumenta.

Caratteristiche della superficie (rilevati)

Come sottolineato in precedenza, terreni grossolani e morbidi hanno la capacità di assorbire il rumore, piuttosto che rifletterlo, come invece accade in presenza di superfici dure e lisce. Dunque terreni erbosi, terre coltivate, arbusti, anche associati alla vegetazione erbacea, hanno un efficace effetto di attenuazione del rumore. Cook and Van Haverbeke (1977) hanno condotto dei test sull'attenuazione dovuta a differenti tipologie di superfici, dimostrando come terreni pavimentati siano dei buoni riflettori, e che la presenza di alberi, arbusti, terreni erbosi e terreni arati può contribuire positivamente alla riduzione del rumore

Indicazioni sulle caratteristiche delle specie da utilizzare

Come linee guida generali di riferimento, specie con foglie coriacee e di ampie dimensioni sembrano essere maggiormente efficaci nel disperdere suoni caratterizzati da basse frequenze, mentre specie caratterizzate da fogliame di piccole dimensioni, fitto e denso, sono più efficaci nel disperdere suoni ad alta frequenza. Le caducifoglie in presenza di fogliame sono più efficaci delle piante sempreverdi nel disperdere ed assorbire suoni a media ed alta frequenza. Risulta chiaro come le caducifoglie perdano di efficacia durante il periodo invernale; di conseguenza si rende necessario prevedere l'utilizzo di specie diverse per garantire una schermatura continua per l'intero anno.

Modalità di piantumazione (*pattern*)

In caso di creazione di barriera costituita solamente da vegetazione, perché l'intervento risulti efficace lo spessore minimo dello schermo deve essere di 15-30 m, con un pattern piuttosto fitto. Come sottolineato, per garantire una schermatura durante tutto l'anno, è fondamentale piantare un pool di specie sempreverdi e caducifoglie. In generale, più rigide sono le temperature e/o più stretta la fascia da piantare, più alta deve essere la proporzione di sempreverdi da utilizzare. Ai bordi dell'area vegetata, si raccomanda la messa a dimora di piante di dimensioni minori, in modo tale da dirigere il rumore verso l'alto ed allontanarlo dal ricevente. In generale la fascia di arbusti di taglia e portamento diversi dovrebbe essere inserita in aree di circa 6 m ogni 30 m di spessore della cintura vegetata.

Utilizzo della vegetazione in combinazione con altri sistemi schermanti

Come già anticipato, per aumentare l'efficacia di opere schermanti che utilizzano la vegetazione, è auspicabile l'associazione di elementi quali rilevati/terrapieni con la messa a dimore di piante. In tal caso, la barriera deve essere posizionata il più vicino possibile alla sorgente di rumore, e gli alberi ed arbusti dovranno essere piantati con densità maggiore sulla sommità della barriera, ad un'altezza idonea a creare l'effetto di schermo del rumore. Per aumentare l'attenuazione del rumore e completarne l'efficacia, i versanti della barriera devono essere ricoperti di superficie vegetata mista arbustiva ed erbacea.

Controindicazioni nell'uso della vegetazione

Vi sono alcune importanti limitazioni, da tener presente nella pianificazione di misure di mitigazione del rumore che prevedono l'utilizzo di vegetazione.

- *Rischio/pericolosità per le operazioni di volo e per la navigazione:*

Se collocata nelle adiacenze delle piste, la vegetazione (in particolare alberi che si sviluppano molto in altezza) può essere di ostacolo alla navigazione, soprattutto in situazioni di emergenza. All'interno del "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti" (ENAC, 2008) sono definite le superfici di delimitazione degli ostacoli. La superficie di riferimento per quanto concerne l'altezza degli ostacoli è la Superficie Orizzontale Interna (Inner Horizontal Surface – IHS), ovvero una superficie orizzontale collocata al di sopra di un aeroporto e delle sue aree limitrofe. Rappresenta il livello sopra il quale devono essere presi provvedimenti per limitare nuovi ostacoli e rimuovere o segnalare quelli esistenti al fine di permettere operazioni di volo a vista in sicurezza nello spazio aereo in prossimità dell'aeroporto. La IHS è contenuta in un piano orizzontale posto **45 m** al di sopra dell'elevazione della più bassa soglia pista.

- *Ostacolo alla visuale dalle torri di controllo:*

Si rende necessario porre attenzione alla localizzazione delle barriere, anche al fine di non ostacolare la visuale delle operazioni di volo da parte dei controllori di volo. Zone terminali della pista, intersezioni ed aree a parcheggio devono essere sempre visibili da parte del controllo aereo.

- *Veicoli di emergenza*

La presenza di fasce di vegetazione (fasce boscate, masse arbustive) in prossimità di aeroporti non deve intralciare le eventuali operazioni di soccorso in caso di emergenza e/o incidente, pertanto deve essere garantita l'accessibilità alle piste.

- *Rischio dovuto alla presenza di uccelli*

La maggiore limitazione da tenere presente relativamente alla presenza e/o creazione di aree vegetate nei pressi di infrastrutture aeroportuali è connessa alla presenza di uccelli, che in queste aree possono trovare rifugio, condizioni adatte per la nidificazione e venire attratti da frutti e/o bacche. Ciò si verifica maggiormente negli ambienti di passaggio tra aree a bosco ed aree a prato, o dove due differenti comunità vegetali sono in contatto. Anche gli arbusti possono attrarre uccelli e/o piccoli mammiferi. Per tale motivo, la F.A.A. raccomanda la collocazione di alberi e arbusti ad una distanza minima di **180 m** dall'asse di piste e vie di rullaggio.

6.4 Esempi di soluzioni operative

In generale le soluzioni operative che impiegano la vegetazione (fasce vegetate e rilevati con vegetazione) più comunemente adottate sono relative alla schermatura di opere stradali. Anche in questi casi tali soluzioni consentono di assolvere alla duplice funzione di mitigazione del rumore e di miglioramento paesaggistico. A seconda del contesto in cui le barriere vanno ad essere inserite, e quindi in relazione alla disponibilità o meno di ampie superfici, si possono privilegiare soluzioni differenti.

Tra le numerose soluzioni operative esistenti, di seguito vengono illustrate quelle ritenute più interessanti ai fini della progettazione delle opere di mitigazione del rumore in relazione al progetto di ammodernamento dell'aeroporto Catullo.

1) MURO VEGETATO PER PROTEZIONE ACUSTICA (BAERMA):

Si tratta in questo caso di un sistema del tipo **muro vegetato**, proposto da Officine Maccaferri - Euroambiente, costituito da una struttura in acciaio, con geostuoie, matrice inerte costituita da sabbie e ghiaie miscelate ad ammendanti organici e fertilizzanti, con copertura vegetale, che utilizza specie arboree ed arbustive differenti.

Le dimensioni della barriera sono esigue, per cui la base della struttura può avere una ampiezza che va da un minimo di 158 cm ad un massimo di 220 cm, per una altezza rispettivamente di 256 cm e di 417 cm.

La struttura fonoassorbente è dotata di un impianto di subirrigazione a goccia a servizio della copertura vegetale. Sono previste due tipologie principali di naturalizzazione in relazione alle necessità di manutenzione, associata alle caratteristiche botaniche delle essenze utilizzate per il rinverdimento della struttura.

A) Copertura estensiva

- *Copertura estensiva di tipo erbaceo*: il rinverdimento della struttura è deputato ad una coltre erbacea a bassa manutenzione.
- *Copertura estensiva con essenze arboree*: la copertura vegetale estensiva è integrata dalla messa a dimora di essenze forestali principalmente latifoglie ad elevata capacità colonizzatrice del substrato (ad es. *Salix* spp, *Cornus* spp, *Crataegus* spp, *Viburnum* spp.)

B) Copertura intensiva

- *Copertura intensiva ad arbusti*: copertura vegetale ottenuta mediante collocazione a dimora di essenze arbustive a sviluppo medio o medio basso sempreverdi e caducifoglie. Tipologia particolarmente idonea ad inserimenti in ambito urbano e residenziale

- *Copertura intensiva a tappezzanti*: utilizzabile per infrastrutture urbane ed extraurbane caratterizzate da ridotto spazio disponibile.



Figura 6.3 Esempio sistema Baerma - muro vegetato (fonte: <http://www.maccaferri.com>)

2) FASCE VEGETATE IN COMBINAZIONE CON RILEVATI

Una efficace schermatura dal rumore derivante da traffico veicolare è quella delle fasce vegetate in combinazione con rilevati in terra. Si riporta l'esempio di tale soluzione adottata nel comune di Prato.

Le barriere vegetali antirumore e antipolvere previste si sviluppano con moduli di 42x10 m su file di 6 m e di 10 m, costituite da specie arboree di 1°, 2°, 3° grandezza e da specie arbustive; i sestri di impianto variano a seconda delle funzioni e delle specie introdotte. Le specie utilizzate in questa tipologia di intervento sono state:

SPECIE DI I GRANDEZZA	SPECIE DI II E III GRANDEZZA	SPECIE ARBUSTIVE
<i>Quercus ilex</i>	<i>Taxus baccata</i>	<i>Viburnum tinus,</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Acer campestre</i>	<i>Ligustrum vulgare,</i>
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Ulmus campestre</i>	<i>Juniperus communis,</i>
<i>Tilia cordata</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Phyllirea latifolia,</i>
		<i>Crataegus sp.,</i>
		<i>Quercus ilex,</i>
		<i>Laurus nobilis,</i>
		<i>Rhamnus alaternus,</i>
		<i>Spartium junceum,</i>
		<i>Rosmarinus officinalis.</i>

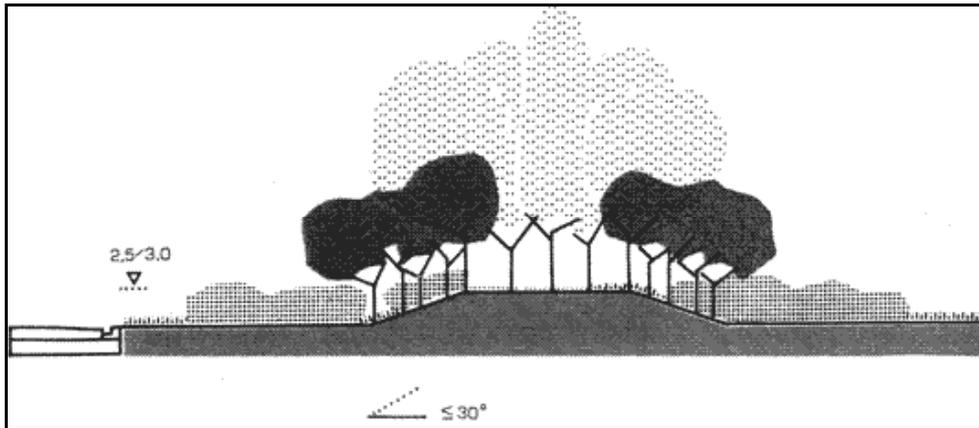


Figura 6.2 Barriera vegetale antirumore su terrapieno - tipo A

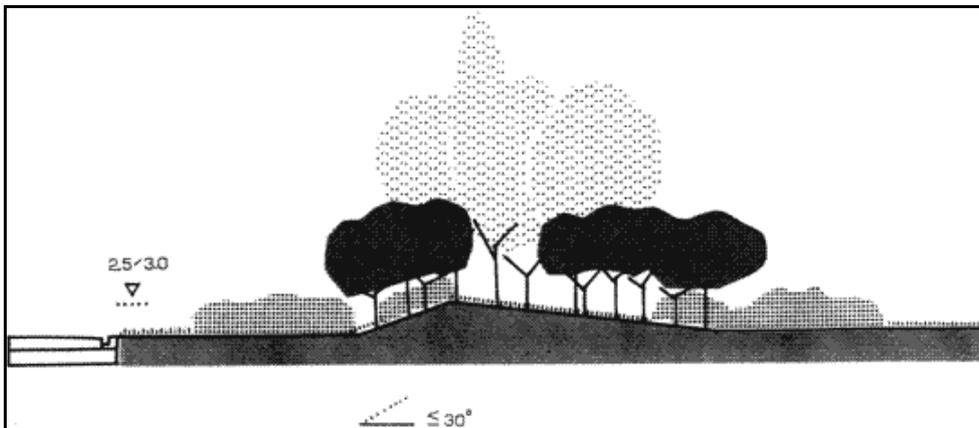


Figura 6.3 Barriera vegetale antirumore su terrapieno - tipo B

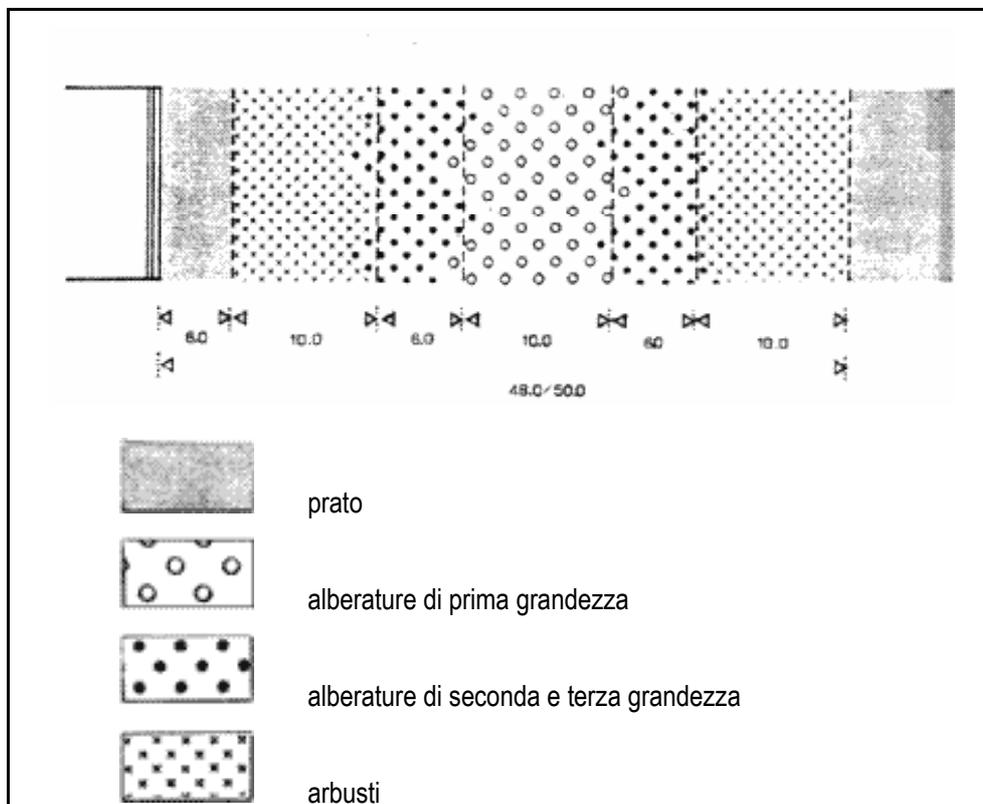


Figura 6.4 Esempio di disposizione di fasce arboree ed arbustive

7. ELABORAZIONI TRAMITE MODELLO MATEMATICO

Come riportato nello specifico allegato, le elaborazioni al fine di valutare in via preliminare l'efficacia nella riduzione del rumore da parte di ostacoli costituiti da rilevati con vegetazione sono state effettuate dallo studio Progetto Decibel S.r.l. (*"Valutazione qualitativa preliminare: analisi dell'efficacia di barriere naturali contro il rumore"*).

A partire dalle mappe isolivello ed ipotizzando una rumorosità limite generata dalle attività presenti nella futura nuova area di sviluppo l'analisi è stata concentrata sulla valutazione dell'efficacia nella riduzione della rumorosità generata da sorgenti terrestri. Sono stati analizzati due casi:

- rumorosità generata dalla zona di ampliamento, ipotesi rumorosità generata 80dB, analisi con e senza barriera lungo il perimetro selezionato, barriera di tipo **a)**;
- rumorosità generata dalle attività di pista (considerando i livelli delle curve isofoniche secondo D.M. 31/10/97 come valori effettivi di rumorosità generati da sorgenti terrestri); analisi con e senza barriera, barriera di tipo **b)**;

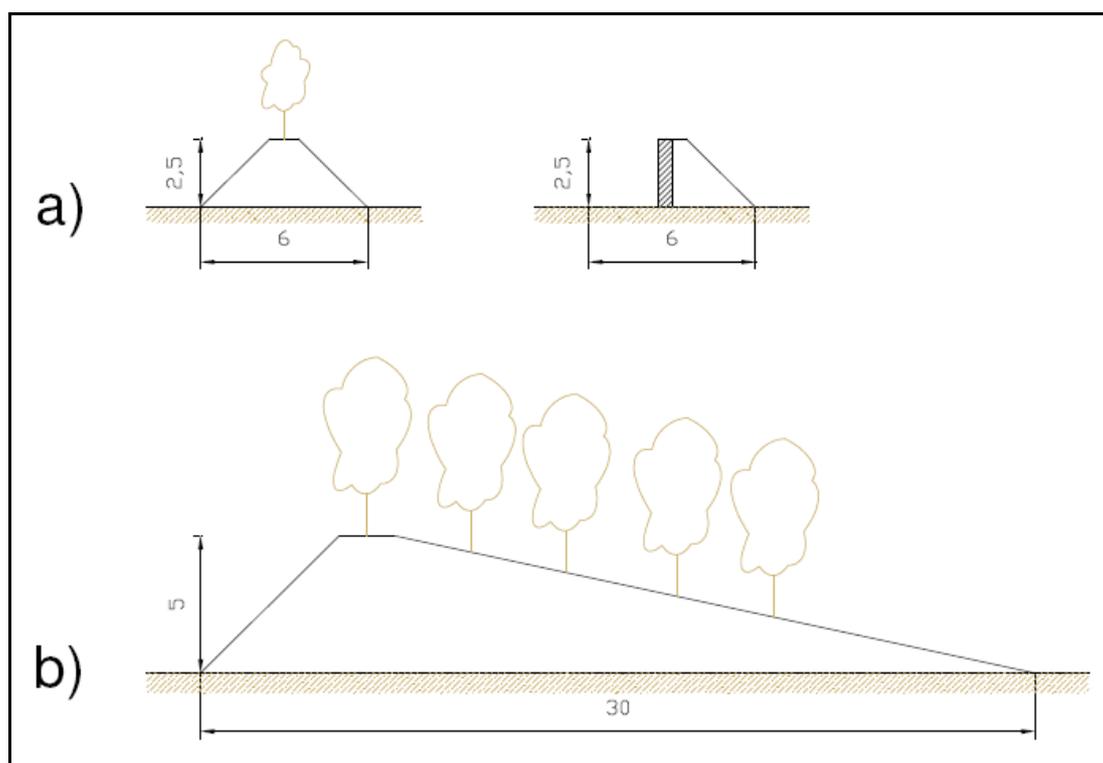


Figura 7.1 Schemi adottati nei calcoli previsionali

Riprendendo le conclusioni riportate nell'allegato, i risultati delle elaborazioni hanno evidenziato che le eventuali barriere acustiche potranno essere efficaci qualora vengano installate a ridosso della zona di

servizio oggetto di futuro ampliamento, ovvero a ridosso della zona ipotizzata come maggiormente disturbante.

Le barriere di tipo **a**) (altezza 2,5 m e spessore basale di 6 m con pareti isocline) saranno in grado di abbattere al massimo approssimativamente da **10 a 15 dB**, a condizione che l'eventuale distanza sorgente-barriera sia ridotta al minimo.

Le soluzioni di tipo **b**) (altezza 5 m, spessore complessivo 30 m con pendenze differenziate, maggiore verso la fonte del rumore) risulteranno più efficaci in termini di attenuazione sonora, **fino a 20 dB**; inoltre sarà significativa la loro azione di mitigazione dell'impatto visivo dell'aeroporto.

Viene suggerita anche l'adozione di sistemi misti, ovvero di sistemi di mitigazione che integrano barriere artificiali con terrapieni (soluzione **c**), che si ritiene potrebbero dare risultati molto buoni in quanto tale sistema sfrutta le caratteristiche specifiche di entrambe le soluzioni. Viene ribadito infine che il parametro a cui è legata l'attenuazione offerta dalle barriere è l'altezza delle stesse.

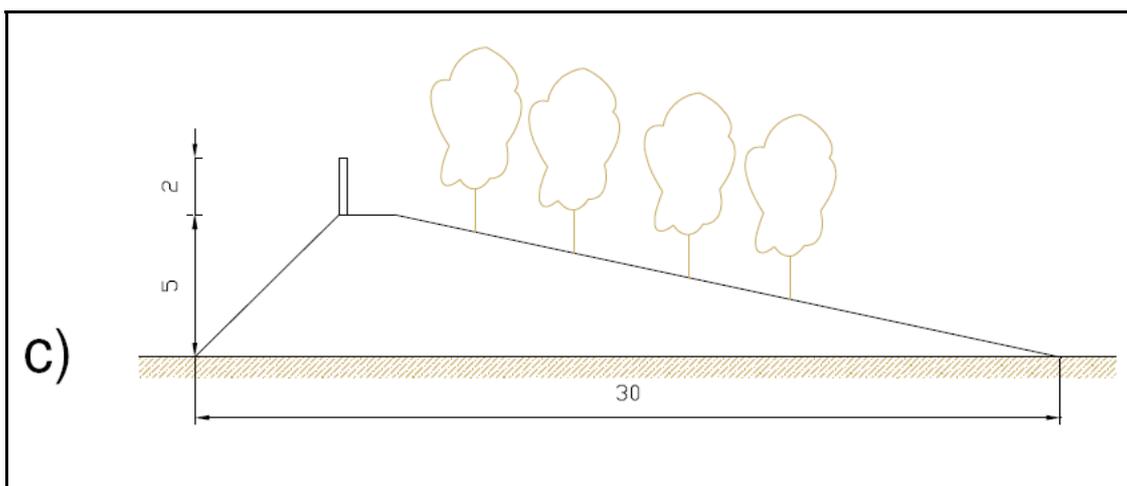


Figura 7.2 Ipotesi di soluzione di tipo misto

8. PROPOSTA DI OPERE DI MITIGAZIONE

In seguito all'analisi compiuta sui molteplici aspetti relativi all'impatto da rumore provocato dall'infrastruttura aeroportuale, si è cercato di stabilire degli obiettivi minimi di riduzione che possano essere conseguiti anche compatibilmente con le previsioni degli strumenti di pianificazione.

Nel caso specifico dell'aeroporto "Valerio Catullo", l'obiettivo perseguibile dovrebbe essere quello di ridurre il rumore nella zona A, ovvero la fascia individuata dalle curve isofoniche tra 65 e 60 dB, tenendo conto che il rumore prodotto dall'infrastruttura aeroportuale andrà ad incrementare quello già presente nell'area a causa dell'autostrada e del traffico locale. Per ridurre il rumore al di sotto dei 60 dB(A), dunque sarebbe opportuna una riduzione **ottimale di 10 dB(A) e minima di 5 dB(A)**.

In sintesi, la proposta di massima presentata, da sviluppare successivamente tramite opportuni approfondimenti tecnico-progettuali, consiste nella realizzazione di rilevati in terra con vegetazione arborea, arbustiva ed erbacea, di ampiezza ed altezza variabile in funzione dell'area individuata e della disponibilità di spazio.

Per le barriere antirumore il profilo della vegetazione dovrà avere un andamento crescente dal margine verso l'interno e, dove possibile, la fascia centrale, costituita di vegetazione sempreverde, deve essere piantata su un terrapieno di 2-3 mt. in modo tale da offrire un maggiore schermo al disturbo causato dal rumore. Di seguito vengono presentate le caratteristiche tecniche della soluzione prospettata, anche alla luce dei risultati del modello matematico utilizzato.

8.1 Soluzioni operative proposte: rilevato con vegetazione arboreo-arbustiva e muro vegetato

Nella proposta di mitigazione, si fa riferimento alle tipologie di schermatura esaminate, caratterizzate da una struttura in rilevato con pendenze differenti sui versanti. L'ipotesi di progetto prevede che la parte a maggiore pendenza sia rivolta verso la sorgente del rumore, per aumentare il cono d'ombra acustico.

Alla tipologia fondamentale di barriera costituita da rilevato con vegetazione arbustiva ed arborea si aggiungono due soluzioni accessorie, ovvero la realizzazione di fasce boscate e l'inserimento di muri vegetati. Quest'ultima soluzione è stata inserita in quanto particolarmente conveniente nel caso in cui gli spazi a disposizione siano esigui.

Per quanto riguarda il rilevato con vegetazione, differenti combinazioni di altezza ed ampiezza alla base sono state ipotizzate, al fine di prevedere un ottimale inserimento nei differenti contesti individuati.

L'ipotesi di prosecuzione delle barriere tramite una fascia boscata andrà prevista nelle aree a maggiore disponibilità di spazio ed in prossimità di zone meno sensibili, al fine di dare una continuità spaziale all'intervento e di contribuire alla creazione di connessioni ecologiche.

Le diverse tipologie da utilizzare sono :

- A) terrapieno di altezza 2,5-3 metri con ampiezza di base pari fino a 5-10 metri: soluzione da inserire nelle aree con minore disponibilità di spazio;
- B) rilevato in terra con altezza fino a 5-6 m e ampiezza alla base di 25-30 m: soluzione da preferire nelle aree con maggiore disponibilità di spazio, eventualmente prevedendo un raccordo con aree naturalistiche limitrofe;
- C) fascia boscata, con vegetazione arborea ed arbustiva naturaliforme in ampi spazi;
- D) muro vegetato: soluzione da inserire nell'eventualità di spazi molto esigui, in cui sia richiesta una alta efficacia nell'assorbimento del rumore.

Il rilevato in terra dovrebbe essere realizzato utilizzando materiale di riporto, ricavato in loco durante i lavori di costruzione all'interno del sedime aeroportuale.

La matrice superficiale da riportare sopra il rilevato a costituire lo spessore di terreno vegetale più idoneo, va arricchita (ruolo ammendante e correttivo) da sabbie e ghiaie vulcaniche, caratterizzate da alta capacità di scambio cationico e sufficiente ritenzione idrica, in modo tale da assicurare una elevata capacità di infiltrazione associata a microporosità, tali da massimizzare la quantità di acqua disponibile.

8.2 Specie vegetali da utilizzare

Per quanto concerne le caratteristiche fondamentali delle specie vegetali da utilizzare, dovrà essere privilegiata la scelta di specie autoctone, resistenti, a ridotto fabbisogno idrico e nutrizionale, in maniera tale da facilitarne la gestione una volta effettuato l'impianto.

Alla luce di quanto illustrato in precedenza, in merito alla necessità di evitare che le specie vegetali attraggano l'avifauna, potenziale pericolo per la navigazione, si sconsiglia fortemente l'utilizzo di specie che producono fiori e/o frutti capaci di attrarre volatili. Specie maggiormente ornamentali, quindi con fiori/frutti/fogliame più vistosi, potrebbero essere utilizzate nelle tipologie caratterizzate da maggiore ampiezza, nelle zone più marginali sul lato opposto a quello rivolto direttamente verso la sorgente di rumore. Tale soluzione permetterebbe di creare delle zone verdi apprezzate anche dal punto di vista estetico-paesaggistico, collegate eventualmente con il contesto del verde urbano.

Si indica di seguito una lista di specie arboree ed arbustive idonee ad essere utilizzate nelle strutture di mitigazione previste:

1. Specie arboree

- *Acer platanoides*; *Acer pseudoplatanus* (acero di monte e sicomoro)
- *Fraxinus excelsior* (frassino comune);
- *Quercus pubescens* (roverella, sempreverde)
- *Salix alba* (salice bianco)
- *Tilia cordata* (tiglio nostrale)

2. Specie di II grandezza

- *Acer campestre* (acero comune)
- *Alnus incana* (ontano grigio)
- *Carpinus betulus* (carpino bianco, con fogliame permanente anche da secco durante l'inverno)
- *Cercis siliquastrum* (albero di Giuda)
- *Laburnum anagyroides* (maggiociondolo)
- *Ostrya carpinifolia* (carpino nero)
- *Fraxinus ornus* (orniello)
- *Quercus ilex* (leccio, sempreverde)
- *Salix spp.* (salici)
- *Ulmus campestris* (olmo)

3. Arbusti caducifolia e sempreverdi

- *Calycanthus praecox* (calicanto)
- *Corylus avellana* (nocciolo)
- *Caryopteris x clandonensis* (carioptero)
- *Viburnum tinus* (laurotino, sempreverde)
- *Photinia fraseri* (fotinia, sempreverde)
- *Juniperus communis* (ginepro, sempreverde)
- *Phyllirea latifolia* (fillirea, sempreverde)
- *Laurus nobilis* (alloro, sempreverde)
- *Rhamnus alaternus* (alterno, sempreverde),
- *Spartium junceum* (ginestra),
- *Rosmarinus officinalis* (rosmarino, sempreverde)
- *Nerium oleander* (oleandro, sempreverde).

Molti degli arbusti indicati sono caratteristici della macchia mediterranea e vengono ritenuti particolarmente idonei in quanto specie resistenti a condizioni ambientali avverse ed estreme (siccatà, elevate temperature, mancanza di cure colturali, forte vento, terreni poveri ecc). Essi possono essere posizionati nelle zone rivolte a sud, quindi piú soleggiate, per garantirne un migliore sviluppo.

Si indica assolutamente di realizzare **tappeti erbosi** per la copertura del terrapieno, su tutta la superficie e in modo particolare sui versanti maggiormente pendenti. Un buon miscuglio da utilizzare, con le associazioni delle piú opportune cultivar, è costituito da:

- *Festuca ovina*;
- *Festuca rubra commutata*;
- *Poa pratensis*.

Un esempio indicativo della configurazione della barriera, con posizionamento delle specie, è illustrato nella figura 8.1, prendendo come riferimento la soluzione di maggiore ampiezza. In questo caso, le pendenze dei versanti del rilevato in terra, come evidenziato in precedenza, sono diverse sui due lati, mantenendo una maggiore pendenza sul lato rivolto direttamente verso la sorgente del rumore.

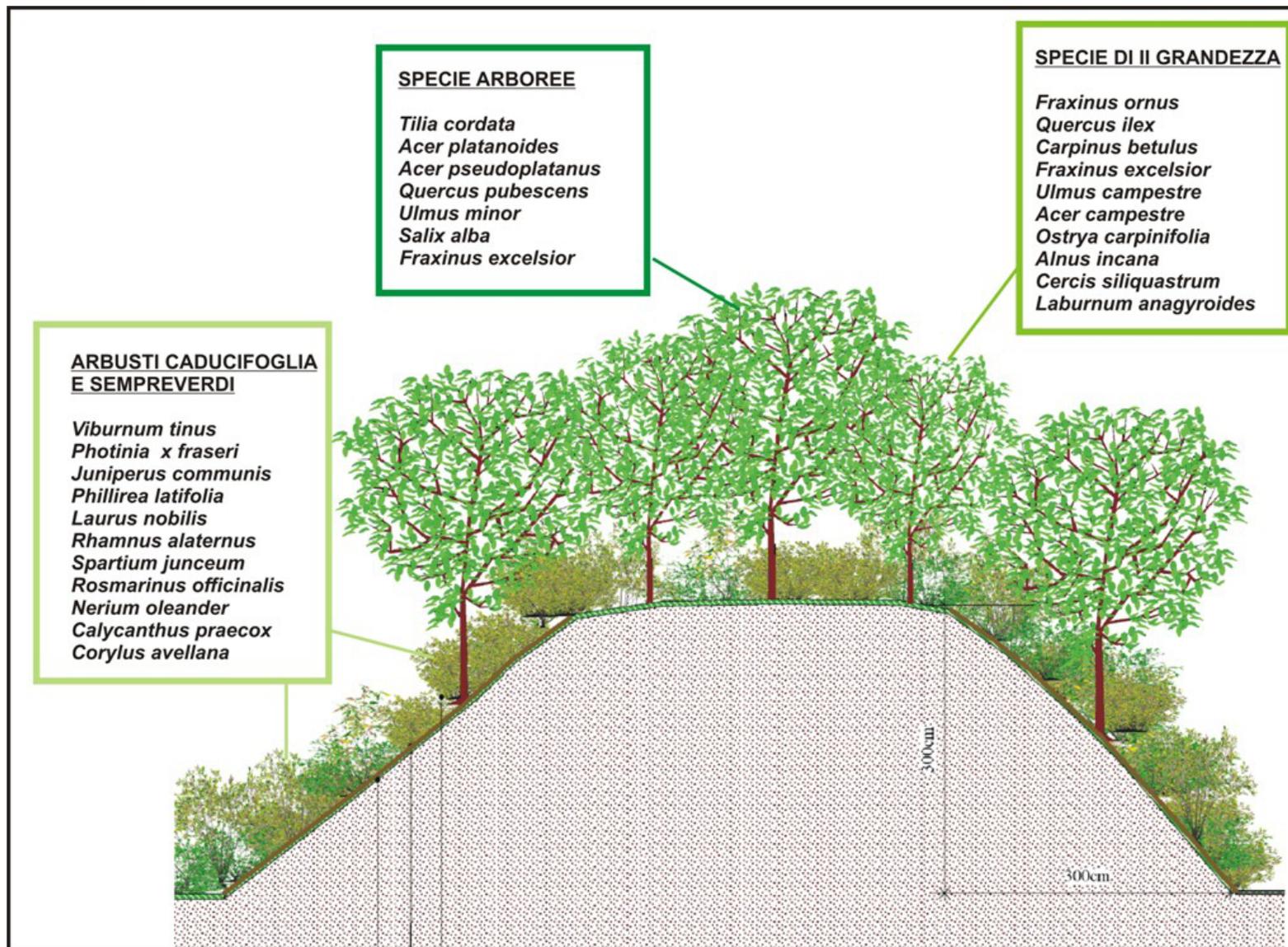


Figura 8.1 Esempio di configurazione del rilevato con specie arboree ed arbustive - soluzione di tipo B

8.3 Posizionamento delle barriere

Le ipotesi di posizionamento delle barriere che vengono di seguito illustrate (figura 8.2 e figura 8.3) tengono conto della duplice finalità di limitare la propagazione del rumore verso la zona più sensibile posta a nord-ovest (abitato di Caselle) ed inoltre di creare una barriera il più possibile efficace e continua nell'area di movimentazione degli aeromobili e di possibile espansione dell'infrastruttura aeroportuale.

Per la barriera di tipo **B**) viene ipotizzata un'ampiezza minima alla base di circa 30 metri, mentre per la barriera di tipo **A**) l'ampiezza minima è di circa 6 m, in analogia alle soluzioni testate tramite modello matematico. Anche per quanto riguarda le fasce boscate, da inserire come aree di connessione e di riqualificazione ambientale, l'ampiezza minima è anche in questo caso di 30 metri. Infine, a seconda delle esigenze di abbattimento del rumore e di disponibilità di spazio, può essere previsto l'inserimento di schermi vegetati (soluzione di tipo **D**), la cui ampiezza alla base presenta valori compresi tra 160 e 220 cm.

Si ricorda che nell'ubicazione delle barriere, dovranno essere prese in considerazione le seguenti limitazioni:

1. Ostacoli all'atterraggio, che avviene nel 100% dei casi sulla pista 04 come da procedura autorizzata;
2. Ostacoli, nelle direzioni diverse da quelle di decollo e atterraggio:
 - fino ad una distanza di 300 metri dal perimetro aeroportuale non possono essere costruiti ostacoli che, rispetto al corrispondente tratto del perimetro dell'aeroporto, **superino l'altezza di un metro ogni sette metri di distanza dal perimetro stesso**
 - dalla distanza di 300 metri fino a 3000 metri possono essere edificate opere e costruzioni la cui altezza massima non superi i 45 metri rispetto al livello medio della pista di volo (che in base alle caratteristiche fisiche della pista rese note dall'ENAV in data 06/02/2007 risulta di 69,8 metri s.l.m.)

8.4 Articolazione territoriale della proposta di mitigazione

La soluzione proposta prevede una serie di interventi che si susseguono con vuoti e pieni, rilevati con vegetazione e fasce boscate, variabili in relazione allo spazio disponibile ed alla sensibilità delle aree verso la città.

La configurazione paesaggistica complessiva è quella di una sorta di grande struttura lineare con vegetazione perenne. Tale struttura si pone in relazione sia con gli elementi della rete ecologica presenti sul territorio ed individuati dalle tavole di PAT (corsi d'acqua, siepi, alberate, piantate), sia con le ipotesi progettuali di riqualificazione territoriale all'uopo indicati tra le ipotesi progettuali (Tav. 4 PAT). In questo senso assume particolare rilievo la continuità realizzata, sul lato Est, tra la fascia di mitigazione prevista e l'area a verde privato posta immediatamente a ridosso del tracciato autostradale e, oltre questo, la connessione con la grande fascia degli "ambiti di riequilibrio dell'ecosistema" identificati lungo il perimetro orientale del territorio comunale.



Figura 8.2 Rilevato con vegetazione arbustiva ed arborea, soluzioni tipologia A e B

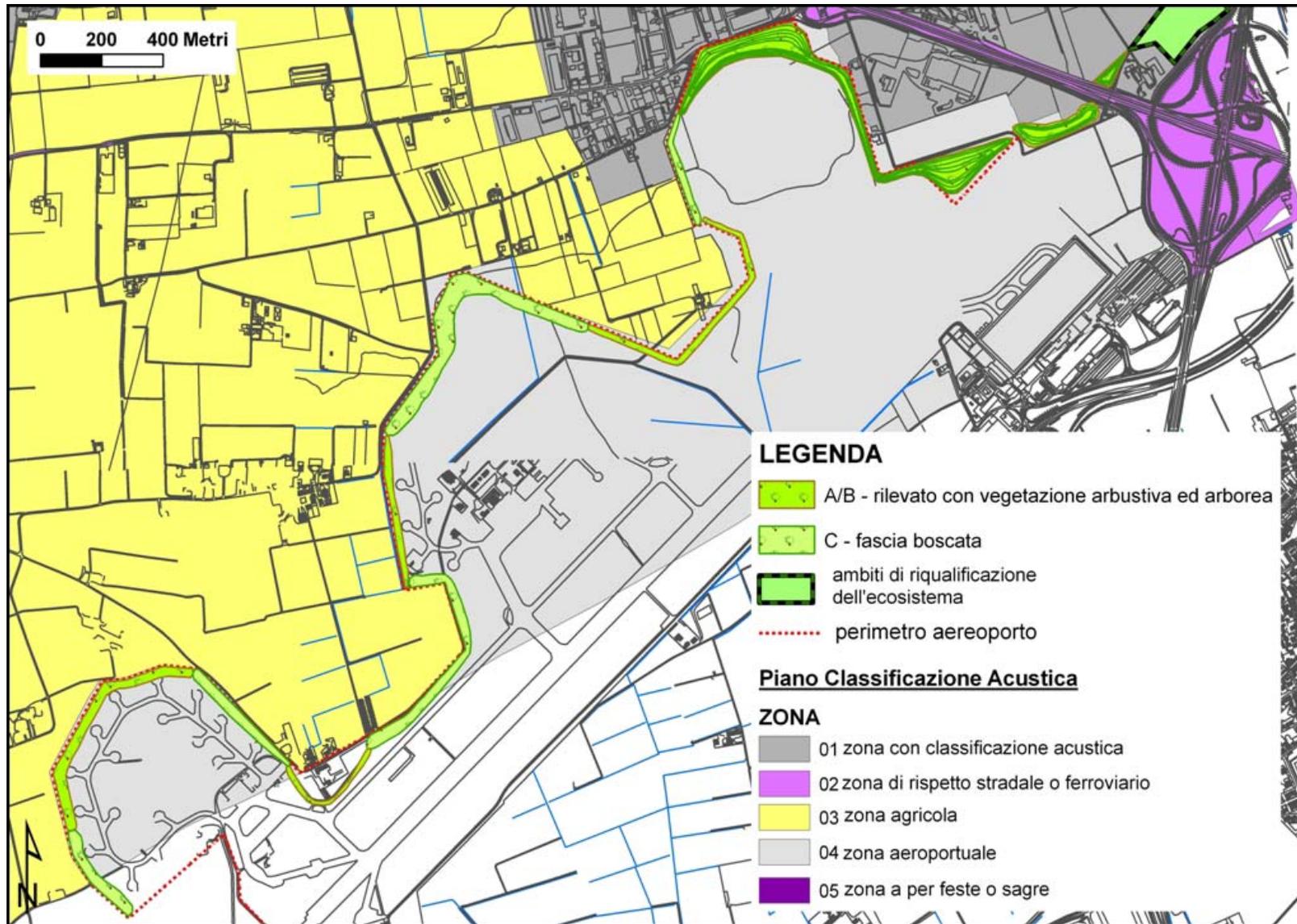


Figura 8.3 Ipotesi di prosecuzione delle barriere lungo il perimetro dell'aeroporto, tipologie A, B, C.

9. CONCLUSIONI

Il lavoro svolto ha la finalità di proporre soluzioni e spunti tecnico-progettuali legati alla riduzione dell'impatto derivante dalle attività presenti e future dell'aeroporto "Valerio Catullo" e dalla realizzazione di altre infrastrutture lineari, nel comune di Sommacampagna. I temi dovranno essere ripresi all'interno della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) dello strumento urbanistico (il Piano di Assetto del Territorio, PAT) che delinea le scelte di medio periodo per il territorio comunale.

Dopo aver esaminato in dettaglio le caratteristiche degli impatti dovuti alla presenza nel territorio di una infrastruttura aeroportuale ed in particolare quelli connessi ad un eventuale ampliamento e modernizzazione dell'aeroporto "Catullo", sono stati presi in esame gli specifici effetti sulle aree limitrofe alla struttura.

La componente ambientale maggiormente interessata da effetti negativi nel caso della presenza sul territorio di aeroporti è quella del **rumore** ed una efficace pianificazione deve prevedere una adeguata "separazione" tra le sorgenti del rumore e le aree più sensibili del territorio, quali centri abitati, scuole, ospedali, etc. Nel caso in cui non vi siano spazi sufficienti per ottenere un grado ottimale di separazione e/o lontananza tra sorgente e le aree sensibili adiacenti, è necessario ricercare, per la riduzione dell'impatto, soluzioni tecnico-operative.

Tra le diverse modalità di intervento atte alla funzione mitigatrice del rumore, sono state individuate quelle che, a parere degli scriventi, assolvono contemporaneamente alle funzioni di riduzione effettiva della quota di rumore sopra soglia e di corretto inserimento paesaggistico.

Così, dopo avere analizzato anche con l'ausilio di opportuni, raffinati modelli ingegneristico-matematici, le fonti del rumore e le caratteristiche specifiche, sono state elaborate alcune proposte tecnico-progettuali.

Tra queste sono state individuate come maggiormente efficaci, oltre che rispondenti all'altro requisito necessario, ovvero il corretto inserimento paesaggistico, le soluzioni che combinano i rilevati in terra (ruolo di riduzione "fisico" del rumore e più limitato effetto di inserimento paesaggistico) con la vegetazione arboreo-arbustiva (ruolo di inserimento paesaggistico e di, pur limitata, limitazione del rumore).

Tali strutture sono state descritte sia nelle diverse tipologie e dimensioni, sia relativamente al corredo floristico e vegetazionale da utilizzare.

E' stata inoltre proposta una localizzazione delle strutture, in relazione allo spazio a disposizione, agli effetti voluti, alla presenza di aree sensibili (residenziali, produttive o di ambito aperto, non edificato).

E' evidente che il lavoro svolto, avendo avuto le finalità indicate - legate alla VAS e probabilmente alle NTA del PAT-, non assume definizioni precise e definitive, che dovranno necessariamente essere legate a progettazioni specifiche in termini di

- costruzione: altezze, dimensioni e tipologie dei rilevati; corredo floristico e vegetazionale

- collegamenti con le aree limitrofe: a creare connessione ecologiche e rapporti con altre misure di mitigazione e di perequazione
- gestione: alcune porzioni potranno essere legate ad una leggera fruizione pubblica; potranno essere presi in considerazione anche utilizzi a fini energetici con l'utilizzo della biomassa prodotta (si possono avere qualche decina di ettari di superficie a bosco).

Particolare attenzione, infine, dovrà essere rivolta alla fase di monitoraggio, richiamandosi anche ad esperienze recentemente sviluppate in merito alle reti di monitoraggio del rumore aeroportuale dai vicini aeroporti di Bergamo Orio al Serio, Milano Malpensa e Linate, in collaborazione con l'Arpa Lombardia e il Laboratorio di Acustica Ambientale dell'Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio. La predisposizione di una rete di controllo e monitoraggio dovrà essere tradotta in un indicatore specifico all'interno della VAS, al fine di valutare e quantificare l'effettiva riduzione del rumore a seguito dell'adozione delle misure di mitigazione.

Quinto Vicentino, 22 settembre 2008

dr. Roberto de Marchi

BIBLIOGRAFIA

Curcuruto S., De Leo A., De Taddeo D., Giuliani F., Guccione M., 1997. Le barriere verdi per la riduzione dell'inquinamento acustico nel rispetto dell'ambiente, ANPA, Dipartimento Stato dell'Ambiente, Prevenzione, Risanamento e Sistemi Informativi. RTI 2/97-AMB-ACUS.

Aeroporti di Roma SpA - Direzione Infrastrutture Aeroportuali e Patrimonio Immobiliare, 2004. Rapporto Ambientale 2004.

Anderson, L.M., B.E. Mulligan, and L.S. Goodman, 1984. Effects of vegetation on human response to sound, *J. Arboriculture* 10(2), 45-49.

Anderson, L.M., B.E. Mulligan, L.S. Goodman, and H.Z. Regen, 1983. Effects of sound on preferences for outdoor settings. *Environment and Behaviour* 15(5):539-566.

Cook, D.I. and D.F. VanHaverbeke, 1977. Suburban noise control with plant materials and solid barriers, *Res. Bul EM 100*, Rocky Mt. Forest and Range Exp. Sta., and Univ. Nebraska, Lincoln, 74pp.

Coppi Massimo – Accordo Programmatico relativo al controllo dell'inquinamento acustico negli intorni aeroportuali.

European Commission – Directorate-General for Energy and Transport Directorate F – Air Transport, 2007. *Study of Aircraft Noise Exposure at and around Community Airports: Evaluation of the Effect of Measures to Reduce Noise – Final Report*.

Gessi Luca, 2001. "L' inquinamento acustico aeroportuale: impatto fisico ed ambientale e strategie risolutive in ambito nazionale ed internazionale. Il caso di Bologna". Tesi di Laurea, Università di Roma "La Sapienza", Facoltà di Lettere, Corso di Laurea in Lettere, Cattedra di Geografia; relatore Prof. Cosimo Palagiano, correlatore Prof. Sabino

SITI INTERNET CONSULTATI

<http://mapserver.comune.prato.it/ru/home/guide/verde/>

Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti – Edizione 2 – Emendamento 4 del 30 gennaio 2008. Scaricabile dal sito internet dell'ENAC al link:

<http://www.enac-italia.it/documents/indiceRegolamenti.htm>

<http://www.uwm.edu/Dept/CUTS//noise/noiseb.htm>

ALLEGATO

RISULTATI DELLE ELABORAZIONI TRAMITE MODELLO MATEMATICO