

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J81D19000000009

U.O. ARCHITETTURA AMBIENTE E TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO - "AEROPORTO ORIO AL SERIO"

LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO - ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

STUDIO ACUSTICO

Relazione Generale

SCALA:

--

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

NM27 01 D 22 RG IM0004 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A. Veloccia	maggio 2020	A. Corvaja	maggio 2020	I. Legramandi	maggio 2020	D. Ludovici maggio 2020



File: NM2701D22RGIM004001A.dwg

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	3
	2.1 Legge Quadro 447/95	3
	2.2 D.P.R. 459/98	5
	2.3 DPR 142/04	6
	2.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)	8
3	CONCORSUALITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO	10
4	LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCORSUALITÀ	11
5	LIMITI ACUSTICI E AREE DI ESPANSIONE	13
6	LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI	14
7	GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	15
	7.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate	15
	7.2 Dati di input del modello	16
	7.2.1 Modello di esercizio	17
	7.2.2 Emissioni dei rotabili	18
	7.3 Taratura del modello di simulazione	19
8	CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE	21
9	METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO	22
	9.1 Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario	22
	9.2 Le Barriere Antirumore: requisiti acustici delle barriere antirumore, tipologie di barriere antirumore utilizzate in relazione a materiali e colori.	24
	9.3 Descrizione delle barriere antirumore	25
	9.4 Gli interventi sugli edifici	28
10	LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI POST MITIGAZIONE	30

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

1 PREMESSA

Il presente rapporto contiene i risultati dello studio di impatto acustico relativo all'intervento di realizzazione del nuovo collegamento ferroviario Stazione di Bergamo Aeroporto "Orio al Serio" che rientra fra gli interventi inseriti nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia, nonché nell'Intesa sulle strategie e sulle modalità per lo sviluppo del SFR passeggeri e degli standard qualitativi per l'interscambio modale" sottoscritta tra RFI e Regione Lombardia nel dicembre 2016.

Lo studio acustico si estende dalla stazione di Bergamo progressiva chilometrica di progetto Km 0+000 alla progressiva di progetto Km 5+293 circa nella nuova stazione di Bergamo Aeroporto "Orio al Serio".

Nelle planimetrie è stata rappresentata la nuova configurazione definitiva del tracciato ferroviario e dei layout delle fermate/stazioni.

L'iter metodologico seguito -nel rispetto del Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili cod. RFIDTCSIAMMAIFS001B del 21.12.2018- può essere schematizzato secondo le fasi di lavoro di seguito riportate:

- Individuazione dei valori limite di immissione secondo il DPR 459/98 (decreto sul rumore ferroviario), il DMA 29/11/2000 (piani di contenimento e di risanamento acustico) e DPR 142/04 (decreto sul rumore stradale), per tener conto dell'eventuale concorsualità del rumore prodotto dalle infrastrutture stradali presenti all'interno dell'ambito di studio.
- Caratterizzazione ante operam. In questa fase dello studio è stato analizzato il territorio allo stato attuale (situazione ante operam) identificando gli ingombri e le volumetrie di tutti i fabbricati presenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (300 m per lato).
- Livelli acustici post operam. Con l'ausilio del modello di simulazione SoundPLAN si è proceduto alla valutazione dei livelli acustici con la realizzazione del progetto in esame. Gli algoritmi di calcolo scelti per valutare la propagazione dell'onda sonora emessa dall'infrastruttura ferroviaria fanno riferimento al metodo Schall 03, DIN 18005. I risultati del modello di simulazione sono stati quindi messi a confronto con i limiti acustici della linea e con quelli eventualmente ridotti per la presenza infrastrutture concorrenti così come previsto da recenti provvedimenti normativi, costituiti in particolare dal D.M. 29 novembre 2000 che prevede la valutazione degli effetti di concorsualità in applicazione del DPR 30 marzo 2004, n° 142, che definisce i limiti e l'ampiezza delle fasce stradali, interagendo dunque con l'ambito ferroviario.
- Metodi per il contenimento dell'inquinamento acustico. In questa parte dello studio sono state descritte le tipologie di intervento da adottare indicandone i requisiti acustici minimi.
- Individuazione degli interventi di mitigazione. L'obiettivo è stato quello di abbattere l'impatto acustico mediante l'inserimento di barriere antirumore. Sono state a tale scopo previste barriere di altezza compresa tra 4,00m e 6,50m sul piano del ferro.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Legge Quadro 447/95

In data 26/10/1995, viene pubblicata la Legge 26 ottobre 1995 n° 447 «*Legge quadro sull'inquinamento acustico*».

Detto strumento normativo, che sostituisce il D.P.C.M. 1 marzo 1991, affronta il tema dell'inquinamento acustico del territorio, ricomprendendo al suo interno le definizioni fondamentali e definendo competenze ed adempimenti necessari alla tutela dell'ambiente dal rumore.

La Legge Quadro indica le metodiche da adottare per il contenimento della problematica (piani e disposizioni in materia d'impatto acustico), e fornisce all'art. 2 comma 1 una definizione del fenomeno, dell'ambito di applicazione della normativa e delle sorgenti.

In particolare la Legge Quadro fa riferimento agli **ambienti abitativi**, definiti come: «*ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L. 15/08/91, n.277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive*».

Nella definizione riportata risultano quindi comprese le residenze e comunque tutti quegli ambienti ove risiedono comunità e destinati alle diverse attività umane, ai quali non viene in genere ristretto il concetto di ambiente abitativo.

Sempre all'interno dell'art. 2 comma 1. la Legge Quadro fornisce la definizione di sorgente di rumore suddividendole tra *sorgenti fisse* e *sorgenti mobili*.

In particolare vengono inserite tra le **sorgenti fisse** anche le infrastrutture stradali e ferroviarie:

«... le installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore, **le infrastrutture stradali, ferroviarie**, commerciali; ...; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.»

La Legge Quadro ribadisce la necessità che i comuni predispongano una **zonizzazione acustica comunale**. Le aree previste per la zonizzazione del territorio sono sei e sono così caratterizzate:

I - AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per l'utilizzazione, quali aree ospedaliere, scolastiche, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse naturalistico, ricreativo, culturale, archeologico, parchi naturali e urbani;

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

II - AREE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, limitata presenza di attività commerciali, totale assenza di attività industriali ed artigianali;

III - AREE DI TIPO MISTO

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici;

IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA

Rientrano in questa classe:

- a) le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenze di attività artigianali, con dotazione di impianti di servizi a ciclo continuo;
- b) *le aree in prossimità* di strade di grande comunicazione, *di linee ferroviarie*, di aeroporti e porti;
- c) le aree con limitata presenza di piccole industrie;

V - AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;

VI - AREE ESCLUSIVAMENTE INDUSTRIALI

Rientrano in questa classe le aree interessate da industrie a ciclo continuo prive di insediamenti abitativi.

Un aspetto innovativo della Legge Quadro è invece l'introduzione, accanto al criterio valore limite assoluto di immissione nell'ambiente e del criterio differenziale previsti dall'ex D.P.C.M., di altri metodi di valutazione dello stato e dell'inquinamento acustico ambientale, che di seguito vengono elencati:

- criterio del valore limite massimo di emissione;
- criterio dei valori di attenzione;
- criterio del valore di qualità.

Si rileva pertanto che la Legge analizza sotto diversi aspetti la problematica acustica imponendo, accanto ai limiti di tutela per i ricettori, dei limiti sulle emissioni delle specifiche sorgenti e degli obiettivi di qualità da perseguire nel tempo.

Per l'individuazione dei limiti di applicabilità e delle soglie numeriche relative a ciascun criterio di valutazione, la Legge 447/95 demanda al D.P.C.M. del 14/11/1997 «*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*».

Da tale D.P.C.M. resta, però, ancora una volta esclusa la regolamentazione delle infrastrutture di trasporto.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

2.3 DPR 142/04

In data 1 Giugno 2004 viene pubblicato il DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 30 marzo 2004, n. 142, - "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".

Il decreto per le infrastrutture stradali, così come previsto dal suddetto art. 5 del D.P.C.M. 14/11/1997, fissa le fasce di pertinenza a partire dal confine dell'infrastruttura (art. 3 comma 3) ed i limiti di immissione che dovranno essere rispettati.

Il DPR interessa come campo di applicazione le seguenti infrastrutture stradali così come definite dall'Art. 2 del Codice della Strada (D.L.vo n. 285 del 30/04/1992) e secondo le Norme CNR 1980 e direttive PUT per i sottotipi individuati ai fini acustici.

Sono in particolare indicate le seguenti classi di strade:

A - Autostrade

B - Strade extraurbane principali

C - Strade extraurbane secondarie suddivise in

Ca - a carreggiate separate e tipo IV CNR

Cb - tutte le altre strade extraurbane secondarie

D - Strade urbane di scorrimento

Da - a carreggiate separate e interquartiere

Db - tutte le altre strade urbane di scorrimento

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali

In particolare per le infrastrutture appartenenti alle categorie A, B, Ca è individuata una fascia di rispetto: di ampiezza complessivamente pari a 250 m misurata a partire dall'infrastruttura stradale per ciascun lato dell'infrastruttura.

Tale fascia per le infrastrutture esistenti è a sua volta suddivisa in:

Fascia "A" pari a 100 m dalla sede stradale;

Fascia "B" pari ad ulteriori 150 m più lontana dalla sede.

Per le altre tipologie di strada la fascia si riduce come segue:

tipo Cb fascia unica pari a 150 m

tipo Da e Db fascia unica pari a 100 m

tipo E ed F fascia unica pari a 30 m

Per quanto concerne i limiti gli stessi sono stabiliti in maniera diversa in funzione del tipo di infrastruttura e a seconda che si tratti di infrastruttura di nuova realizzazione o di infrastruttura esistente e di sue varianti. Nella tabella seguente vengono riportati i limiti per le infrastrutture esistenti e in relazione alle diverse fasce di pertinenza.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

TIPO (secondo C.d.S)	SOTTOTIPO AI FINI ACUSTICI (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	AMPIEZZA FASCIA	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		ALTRI RICETTORI	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
A – autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (carreggiate a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (carreggiate a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai comuni e conformi alla zonizzazione acustica			
F – locale		30				

* Per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 1 - Limiti acustici per le strade esistenti e assimilabili

Per quanto concerne il rispetto dei limiti, il DPR 142 stabilisce che lo stesso sia verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica, devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

Ove non sia tecnicamente conseguibile il rispetto dei limiti con gli interventi sull'infrastruttura, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui recettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A) - Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 40 dB(A) - Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- 45 dB(A) - Leq diurno per le scuole.

Tali valori sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

2.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)

In data 6 Dicembre 2000, viene pubblicato il Decreto del Ministero dell'Ambiente n.141 del 29 Novembre 2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".

Detto strumento normativo, stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione degli interventi antirumore, definendo, oltre agli obblighi del gestore, i criteri di priorità degli interventi, riportando inoltre in Allegato (Allegato 2) i criteri di progettazione degli interventi stessi (Allegato 3 – Tabella 1), l'indice dei costi di intervento e i criteri di valutazione delle percentuali dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in uno stesso punto.

In particolare all'art. 4 "Obiettivi dell'attività di risanamento", il Decreto stabilisce che le attività di risanamento debbano conseguire il rispetto dei valori limite del rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto così come stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art. 11 della Legge Quadro.

Nel caso di sovrapposizione di più fasce di pertinenza, il rumore immesso non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Per quanto concerne le priorità di intervento, nell'Allegato 1 viene riportato la seguente relazione per il calcolo dell'indice di priorità P,

$$P = \sum R_i (L_i - L_i^*) \quad (I).$$

nella quale:

R_i è il numero di abitanti nella zona i-esima,

$(L_i - L_i^*)$ è la più elevata delle differenze tra i valori di esposizione previsti e i limiti imposti dalla normativa vigente all'interno di una singola zona;

Relativamente alle infrastrutture concorrenti, il Decreto stabilisce che l'attività di risanamento sia effettuata secondo un criterio di valutazione riportato nell'allegato 4 oppure attraverso un accordo fra i medesimi soggetti, le regioni e le province autonome, i comuni e le province territorialmente competenti.

Il criterio indicato dal decreto nell'Allegato 4 viene introduce il concetto di "Livello di soglia", espresso mediante la relazione

$$L_s = L_{zona} - 10 \cdot \log_{10} N \quad (II)$$

e definito come "il livello cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente, avente rumore egualmente ponderato".

Nella relazione (II) il termine N rappresenta il numero delle sorgenti interessate al risanamento, e L_{zona} è il limite assoluto di immissione. Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore di 10 dB(A) rispetto al valore della sorgente avente

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A	FOGLIO 9 di 31

massima immissione ed inferiore al livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente stessa può essere trascurato.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

3 CONCORSALEITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO

La verifica di concorsualità, come indicata dall'Allegato 4 del DM 29/11/2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto", richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrico e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concorsualità è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concorsuale.

La sorgente concorsuale non è sicuramente significativa e può essere trascurata, se la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dBA. Tale approccio può essere applicato a ricettori presenti sia all'interno sia all'esterno della fascia dell'infrastruttura principale.

Nell'area di progetto le sorgenti infrastrutturali che possono essere ritenute concorsuali sono le seguenti:

- SS 342 (Ambito Comune di Orio al Serio, Bergamo)
- SS 470 (Strada Statale della Valle Brembana, ambito Comune di Bergamo)
- SS 671 (Ambito Aeroporto Orio al Serio e Campagnola)
- SS 591 (Ambito Comune di Bergamo)
- A4 Autostrada (Ambito Aeroporto Orio al Serio)

Le fasce di pertinenza delle infrastrutture considerate sono riportate nelle Planimetrie di localizzazione degli interventi di mitigazione acustica (elaborati NM2701D22P6IM0004005A÷NM2701D22P6IM0004008A).

- Le SS470 e SS342 nell'ambito della stazione di Bergamo radice est, viene considerata ai fini acustici "Ca" strade a carreggiate separate con fascia di pertinenza acustica A di ampiezza pari a 100 metri dalla sede stradale e fascia B pari ad ulteriori 150 metri più lontana dalla sede.
- L'A4 "Serenissima" è classificata come strada di categoria "A – Autostrada" – strade esistenti (DPR 142/04), con fascia di pertinenza acustica A di ampiezza pari a 100 metri dalla sede stradale e fascia B pari ad ulteriori 150 metri più lontana dalla sede.
- Le SS671 e SS591 vengono considerate di categoria "B – extraurbana principale" – strade esistenti (DPR 142/04) con fascia di pertinenza acustica A di ampiezza pari a 100 metri dalla sede stradale e fascia B pari ad ulteriori 150 metri più lontana dalla sede.

In riferimento a tali sorgenti, si è adottato il principio di concorsualità, così come definito nel DM 29/11/2000, e riportato in dettaglio nel paragrafo successivo.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

4 LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCORSUALITÀ

Per individuare i limiti che ciascun ricettore deve rispettare si considera quanto indicato nel Decreto Attuativo per la regolamentazione dei limiti d'immissione delle infrastrutture ferroviarie del 18/11/98 n° 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447, e nel DMA 29/11/2000.

Come evidenziato nei riferimenti normativi, i limiti di riferimento variano in funzione del tipo di ricettore cui si fa riferimento e del numero di sorgenti presenti sul territorio che possono definirsi concorsuali con quella oggetto di analisi.

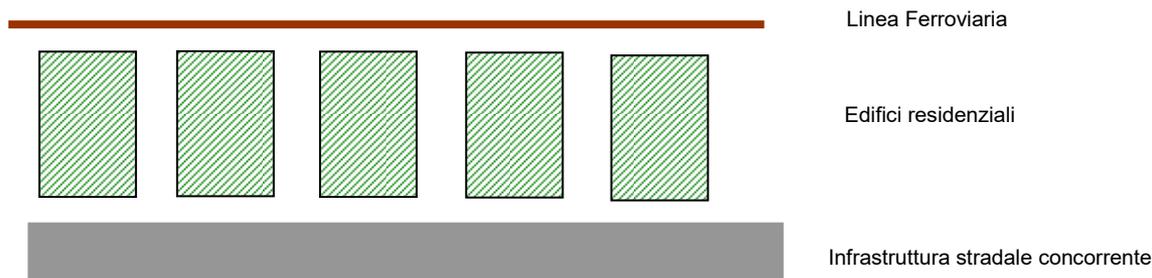
Per il tipo di ricettori, alcuni di essi assumono i limiti sia nel periodo diurno, sia nel periodo notturno, mentre altri nel solo periodo diurno: ciò perché il limite di riferimento è relativo al periodo in cui effettivamente l'edificio in questione è utilizzato in maniera continuativa.

Tipo di ricettore	Fascia A (0-100 m)		Fascia B (100-250 m)	
	Periodo diurno dB(A)	Periodo notturno dB(A)	Periodo diurno dB(A)	Periodo notturno dB(A)
Residenziale	70,0	60,0	65,0	55,0
Produttivo	70,0	-	65,0	-
Terziario	70,0	-	65,0	-
Ospedale/Casa di Cura	50,0	40,0	50,0	40,0
Scuola	50,0	-	50,0	-
Altro (utilizzo saltuario)	-	-	-	-

Tabella 2 - Limiti acustici in assenza di sorgenti concorsuali

Si fa presente che a prescindere dall'appartenenza geometrica ad una determinata fascia di pertinenza acustica, di fatto per il ricettore non assumono rilevanza le infrastrutture potenzialmente concorrenti che non insistono sullo stesso fronte rispetto all'infrastruttura principale oggetto di analisi.

Infatti ove la linea ferroviaria e l'infrastruttura stradale concorrente insistono su fronti opposti di nuclei di residenziali consolidati la presenza stessa dell'edificato costituisce uno ostacolo alla propagazione dell'uno o dell'altro contributo acustico e pertanto non vi è concorsualità effettiva.



 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

Nel complessivo dei ricettori compresi nel corridoio di studio acustico, si riscontrano casi di fabbricati esposti al rumore di una o due sorgenti. Nel primo caso e cioè nel caso di ricettori esposti al solo rumore della linea ferroviaria in questione, si applicano i valori limite sintetizzati nella Tabella A prima riportata. Mentre nel caso di concorsualità fra due o più infrastrutture, similmente a come si sta operando in altre regioni, i valori limite di riferimento sono stati calcolati imponendo che la somma dei contributi *egualmente ponderati* non superasse il valore della sorgente avente massima immissione.

Nell'area oggetto di studio le infrastrutture potenzialmente concorrenti presentano limiti differenziati in funzione della tipologia di infrastruttura. A tal proposito, qualora alcuni ricettori ricadano in fasce di pertinenza acustica con limiti diversi, si è utilizzata una formulazione più generale di quella riportata nell'Allegato 4 del DM 29/11/2000, che risulta valida anche nel caso di valori limite diversi (e che coincide con quella originale nel caso di valori limite uguali):

$$\max(L_1, L_2, \dots, L_N) = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i - \Delta}{10}} \right)$$

con: L_1, L_2, \dots, L_N i singoli valori limite delle N infrastrutture coinvolte

Δ = riduzione egualmente ponderata dei singoli valori limite

Nella seguente tabella si riportano le possibili combinazioni di concorsualità indicando con la lettera "A" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni, con la lettera "B" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite e 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni.

Tabella B – Valori di soglia in presenza di sorgenti concorsuali

Fasce di pertinenza		Valori di soglia dell'infrastruttura ferroviaria	
Linea ferroviaria	Infrastruttura Stradale	Diurno dBA	Notturmo dBA
A	A	67.0	57.0
A	B	68.8	58.8
B	B	62.0	52.0
B	A	63.8	53.8

I limiti riportati in tabella si riferiscono a edifici residenziali; in caso di edifici adibiti ad attività commerciali o uffici saranno considerati unicamente i valori diurni, in quanto relativi al periodo di riferimento in cui è prevista la permanenza di persone.

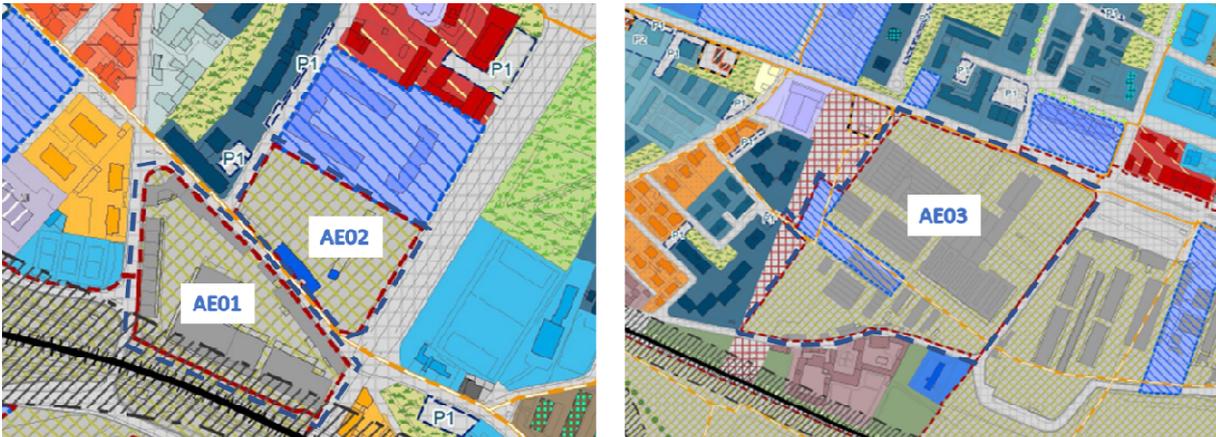
	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

5 LIMITI ACUSTICI E AREE DI ESPANSIONE

Ai sensi del DPR 459/98, mediante l'analisi dei piani regolatori è stata eseguita una verifica delle aree di espansione (definite come ricettore nell'art.1, co.1, lett.e), che ricadono all'interno della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura in progetto e alle quali vanno applicati i limiti dettati da dette fasce, eventualmente decurtati del contributo di concorsualità.

Nello specifico, dall'analisi sono state individuate le seguenti aree (stralci dei PRG comunali):

Comune di Bergamo	
Area espansione/trasformazione	Funzioni ammesse
AE02	Residenza sociale (RS) e residenza temporanea (RS.3)
AE03	Residenza libera/convenzionata (RL) e residenza temporanea (RS.3)
AE04	Residenza libera/convenzionata (RL), residenza sociale (RS) e residenza temporanea (RS.3)



CITTA' IN TRASFORMAZIONE

IMPRESARIA LINGUAM INTEGRATA S.P.A. INTERESSATA DA PIANI E/O PROGETTI IN ATTO (PER I QUALI LA PORTA DOMANDA AI SINGOLI PROCEDIMENTI ATTUATIVI IN CORSO, DEGLI AMBITI DI TRASFORMAZIONE PREVISTI DAL PGT, INDIVIDUATI E DEFINITI NEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI E RELAZIONALI NEL DOCUMENTO DI PIANO (DOP), DEI PROGETTI DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DI PARTI DI CITA' O EDIFICI STORICI E DELL'INTERVENTO DI NUOVA EDIFICAZIONE A VOLUMETRIA DEFINITA (VE) DEL PIANO DELLE REGOLE.

PIANI E PROGETTI IN ATTO		NUOVE EDIFICAZIONI E NUOVI SERVIZI	
	IU5 INTERVENTI IN CORSO DI ATTUAZIONE		Ne INTERVENTI DI NUOVA EDIFICAZIONE A VOLUMETRIA DEFINITA
PIANI E PROGETTI PREVISTI DAL PGT			
	AT AMBITI DI TRASFORMAZIONE	Ns	NUOVI SERVIZI

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

6 LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI

Per l'articolo 4 e 5 del DPR 459/98 i ricettori che ricadono al di fuori della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura devono rispettare i limiti della tabella C del DPCM 14/11/97, ossia i limiti imposti dalle zonizzazioni acustiche comunali attraversate dalla linea ferroviaria. In ottemperanza a quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95, i comuni interessati sono provvisti di Piano di zonizzazione acustica.

Le classi e le aree di zonizzazione acustica sono graficamente riportate nelle planimetrie di censimento ricettori dello studio acustico.

Nella tabella seguente si riporta lo stato di redazione e approvazione dei suddetti piani:

COMUNE	APPROVAZIONE
Bergamo	D.C.C. n. 183 del 15/12/14
Azzano San Paolo	D.C.C. n. 37 del 26/10/11
Orio Al Serio	D.C.C. n. 9 del 09/04/01

Per quanto concerne la classificazione, in relazione alla varietà uso del suolo presente vi è una diversificazione delle aree e quindi dei limiti acustici previsti. Dall'analisi dei piani in questione emerge che il territorio interessato dalla linea di progetto, oltre la fascia di pertinenza acustica ferroviaria è per lo più classificato nei suddetti piani come zone di classe III - aree di tipo misto i cui limiti acustici sono pari a 60 dB(A) di giorno e a 50 dB(A) di notte e classe IV – intensa attività umana i cui limiti acustici sono pari a 65 dB(A) di giorno e a 55 dB(A) di notte.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

7 GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

7.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate

L'impatto prodotto dalle infrastrutture ferroviarie può essere valutato con l'ausilio di appositi modelli matematici di simulazione.

Un modello si basa sulla schematizzazione del fenomeno attraverso una serie di ipotesi semplificative che riconducono qualsiasi caso complesso alla somma di casi semplici e noti.

Per la previsione dell'impatto acustico della linea in analisi e per il dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPLAN.

Tale modello è sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH sulla base di norme e standard definiti dalle ISO da altri standards utilizzati localmente come le Shall 03 e DIN 18005 emanate della Germania Federale, le ÖAL 30 Austriache e le Nordic Kilde 130.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per "raggi". Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi.

Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricevitore viene associata una porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto della parte intercettata. Pertanto sorgenti lineari come strade e ferrovie vengono discretizzate in tanti singoli punti sorgente ciascuno dei quali fornisce un contributo. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricevitore.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono evidenziati nei diagrammi di output. In tali schematizzazioni la lunghezza del raggio è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione.

Quando un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple. A tal proposito l'operatore può stabilire il numero di riflessioni massimo che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto.

Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai *realistica e dettagliata*. Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici. Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

7.2 Dati di input del modello

L'applicazione del modello previsionale ha richiesto l'inserimento dei dati riguardanti i seguenti aspetti:

1. morfologia del territorio
2. geometria dell'infrastruttura
3. caratteristiche dell'esercizio ferroviario con la realizzazione degli interventi in progetto;
4. emissioni acustiche dei singoli convogli.

Si nota che i dati relativi ai punti 1 e 2 (morfologia del territorio e geometria dell'infrastruttura) sono stati derivati da cartografia vettoriale e dalle planimetrie, profili e sezioni di progetto. I dati territoriali sono stati verificati mediante l'analisi di foto aeree.

Lo standard di calcolo utilizzato è quello delle *Deutsche Bundesbahn* sviluppato nelle norme *Shall 03*. I parametri di calcolo adottati sono i seguenti:

Ordine di riflessione	2	Ponderazione	dB(A)
Max raggio di ricerca [m]	5000	Imposta bonus ferrovia di 5 dB	<input type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Ric. [m]	200	Considera le superfici stradali come aree "hard" (G=0)	<input checked="" type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Srg. [m]	50		
Tolleranza consentita (dB)	0,1		
Tolleranza consentita valida per..	risultato complessivo		

Nei paragrafi seguenti si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

7.2.1 Modello di esercizio

Di seguito si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio ferroviario:

1. La tipologia di convogli in transito.
2. Il numero di transiti relativamente al periodo diurno e notturno per le diverse categorie di convogli.
3. lunghezza media di ciascuna tipologia di treno.

La tratta Bergamo – Aeroporto è progettata per una velocità di 60 km/h e dedicata solo ad un traffico passeggeri svolto da Materiale tipo Coradia ETR 245 (5 casse) avente una lunghezza di 82 metri.

Bergamo – Aeroporto: suddivisione dei transiti (compresi i servizi da Treviglio)

Relazione	Materiale rotabile	Totale servizi		
		Diurni (06-22)	Notturni (22-06)	Tot
Lecco – Bergamo (Aeroporto)	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	0	32
P.S.Pietro – Bergamo (Aeroporto)	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	8	40
Milano C.le – Verdello – Bergamo – Aeroporto	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	6	38
Milano Porta Garibaldi – Verdello – Bergamo – Aeroporto	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	4	36
		128	18	146

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

Nello scenario di studio acustico sono stati considerati nelle simulazioni anche i dati del traffico ferroviario a regime previsti con il raddoppio della tratta ferroviaria Bergamo – Montello e ricevuti con nota RFI.DCE.DAO.PFS/A0011/P/2018/0000357 del 14.02.2018:

Tratta Bergamo – Montello:

RELAZIONE	VEICOLI	Treni al giorno feriale medio complessivi nelle due direzioni			Velocità (Km/h)
		Ore 6-22	Ore 22-6	Totale	
Bergamo – Montello / Brescia	Materiale tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	64	8	72	145
Milano – Porta Garibaldi – Carnate – Bergamo – Montello	Materiale tipo TSR (5 pezzi)	64	8	72	145
Treni di Lunga Percorrenza	ETR 1000	2	2	4	145
* La linea per l'aeroporto di Orio al Serio, in uscita dalla stazione di Bergamo, è indipendente e separata dalla linea per Montello, cui si riferiscono le presenti indicazioni.					

7.2.2 Emissioni dei rotabili

Nel modello di simulazione SoundPLAN sono stati utilizzati i valori di emissione treno contenuti nella "Banca dati delle emissioni della Tabella 2" contenuta nel Documento "Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000 – Relazione Tecnica", redatto da RFI. Il modello di simulazione 3D è stato quindi oggetto di taratura come illustrato nel paragrafo successivo.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

7.3 Taratura del modello di simulazione

Per quanto riguarda le misure in campo, non essendo stata la tratta Bergamo – Aeroporto ancora realizzata sono state prese a riferimento per analogia della tipologia dei transiti e del territorio le recenti misure eseguite sulla tratta Ponte San Pietro - Bergamo – Montello; per i dettagli circa dette misure in campo si rimanda all'apposito "Report Misure di Rumore" (ALLEGATO 1 alla presente Relazione), nel quale sono riportati anche tutte le grandezze acustiche acquisite per ciascun transitato avvenuto nell'arco delle 24 ore della misura.

Tale campagna ha permesso:

- La caratterizzazione acustica delle diverse tipologie di materiale rotabile ad oggi in esercizio sulla linea ferroviaria attigua a quella di progetto (che dovrà essere realizzata), con l'individuazione di un "Punto di Riferimento" PR posto in prossimità del binario di corsa
- La taratura del modello di simulazione acustica, con l'individuazione di due "Punti Significativi" PS posti in corrispondenza di altrettanti ricettori, a distanze crescenti dall'infrastruttura ferroviaria.

I dati così rilevati sono stati rielaborati per ottenere i seguenti dati associati ad ogni singolo transitato:

- Data e ora di passaggio;
- Categoria commerciale;
- Origine e Destinazione del viaggio;
- Ora di inizio e fine evento sonoro;
- Durata in secondi dell'evento sonoro;
- Lunghezza del convoglio;
- Velocità di transitato;
- Composizione (numero di locomotori e di vagoni o carri);
- Grandezze acustiche:
 - Lmax
 - Leq sulla durata dell'evento
 - SEL

Successivamente, tali informazioni sono state normalizzate e mediate per ottenere – per ciascuna tipologia di convoglio ferroviario transitato – le seguenti informazioni:

- Numero di transiti nel periodo diurno e nel periodo notturno;
- Velocità media di transitato;
- SEL medio.

A partire dai dati così elaborati è stato anche possibile ricavare il valore del Livello Equivalente diurno e notturno sia nel PR che nei PS.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

Prendendo a riferimento nel modello di simulazione i valori di emissione così come rilevati sperimentalmente, ed il Modello di Esercizio (numero di transiti avvenuti nelle 24 ore di misura) associato alla linea ferroviaria esistente, sono stati calcolati i Livelli Equivalenti diurni e notturni in corrispondenza dei punti di misura e controllo PR e PS, ricavando i seguenti valori:

Sezione di Misura	punti di misura e controllo	Valori simulati in sito analogo		Valori misurati		Scarti simulati-misurati	
		Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n
SEZIONE 01	PR1	62,7	54	62,2	53,3	0,5	0,7
	PS1	57,1	48,2	56,7	47,9	0,4	0,3
	PS2	51,5	42,7	49,4	41,2	1,1	1,5
	media degli scarti sui punti PS						0,6

In corrispondenza dei punti di controllo posizionati nei pressi dei ricettori acustici (PS), si osserva una buona corrispondenza dei valori simulati rispetto a quelli misurati (con medie degli scarti leggermente superiori a +1 dBA, indice di una diffusa e contenuta sovrastima, che consente di poter operare di fatto in condizioni cautelative).

Per il Punto di Riferimento PR, sia nel periodo di riferimento diurno che nel periodo di riferimento notturno si ha una lieve sovrastima, condizione anch'essa cautelativa.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

8 CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE

L'applicazione del modello di simulazione sopra descritto ha permesso di stimare i livelli sonori con la realizzazione delle opere in progetto.

Da un primo esame si nota che i superamenti maggiori si verificano nel periodo notturno in virtù dei limiti più bassi.

Le valutazioni previsionali evidenziano l'impatto da rumore di origine ferroviaria con superamenti dei limiti acustici principalmente nel periodo notturno, nell'area è pertanto necessario prevedere idonei interventi di mitigazione che dovranno essere dimensionati in relazione al periodo più critico e cioè rispetto al periodo notturno.

E' possibile valutare il clima acustico ante mitigazione dall'elaborato "Studio Acustico: Livelli in facciata ante e post mitigazione" cod. NM2701D22TTIM0004001A.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

9 METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO

9.1 Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario

Finanziato dall'Unione Europea con il Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) del periodo 2007-2013, il progetto **mitiga.rumore "Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario"** che prevedeva l'applicazione di un sistema di smorzatori di vibrazioni lungo la rotaia ed un sistema lubrificante del bordo della rotaia nei tratti curvilinei lungo la linea ferroviaria ai fini della mitigazione del rumore ferroviario, è stato sperimentato dalla Provincia di Bolzano in collaborazione con Rete Ferroviaria Italiana (RFI).

RFI ha permesso alla Provincia il montaggio in via sperimentale di questi due sistemi sulla linea del Brennero in due località distinte:

- in un tratto rettilineo tra i comuni di Bronzolo e di Ora sono installati due tipi diversi di smorzatori di vibrazioni rispettivamente della Schrey & Veit Srl ([Link esterno](#)) di Sprendlingen (DE) e della TATA ([Link esterno](#)) commercializzati da UUDEN BV ([Link esterno](#)) di Arnhem (NL).



Ammortizzatori Schrey & Veit (Foto: Schrey & Veit, 2012)



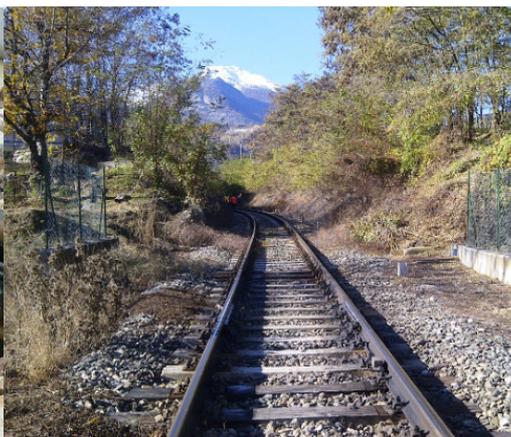
Ammortizzatori Van Uuden (Foto: Van Uuden, 2012)

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

- in un tratto in curva nel territorio comunale di Laion, adiacente all'abitato di Chiusa è installato un impianto di lubrificazione delle rotaie della P.A.L. Italia (Link esterno) di Novate Milanese (IT), lubrificanti della ditta Lincoln.



Lubrificatore P.A.L. Italia (Foto: P.A.L. Italia; 2012)



Impianto lubrificazione P.A.L. Italia (Foto: P.A.L. Italia; 2012)

I risultati del Progetto "mitiga.rumore":

I lubrificatori installati nell'ambito del centro abitato di Chiusa, hanno contribuito ad attenuare il rumore di circa 1,5 dB. Oltre alla riduzione del rumore, con l'impiego dei lubrificatori si spera di limitare la formazione del corrugamento per logorio della superficie delle rotaie.

I due tipi di ammortizzatori sono stati invece testati tra i Comuni di Bronzolo e di Ora su un tratto di binario rettilineo di 300m circa, che fosse il più omogeneo possibile e che non presentasse irregolarità. Nel dettaglio, la riduzione media del livello sonoro per i treni merci è stata leggermente inferiore ad 1 dB mentre quella per i treni passeggeri supera 1 dB.

La riduzione del rumore ottenuta con i due sistemi è mediamente di 1 dB, e come riportato nelle conclusioni da parte della Provincia di Bolzano, nonostante il risultato positivo, la lieve riduzione del rumore ottenuta dalla sperimentazione non è chiaramente percepibile all'orecchio umano.

Viene ritenuto pertanto che entrambi i sistemi non costituiscano uno strumento di risanamento efficace per il nostro territorio e che non siano adeguati alla struttura dei binari utilizzati oltre che non sempre realizzabili.

La documentazione completa del Progetto "mitiga.rumore" è consultabile sul sito internet della Provincia di Bolzano al seguente indirizzo web:

<http://ambiente.provincia.bz.it/rumore/interventi-mitigazione-rumore-ferroviario.asp>

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

9.2 Le Barriere Antirumore: requisiti acustici delle barriere antirumore, tipologie di barriere antirumore utilizzate in relazione a materiali e colori.

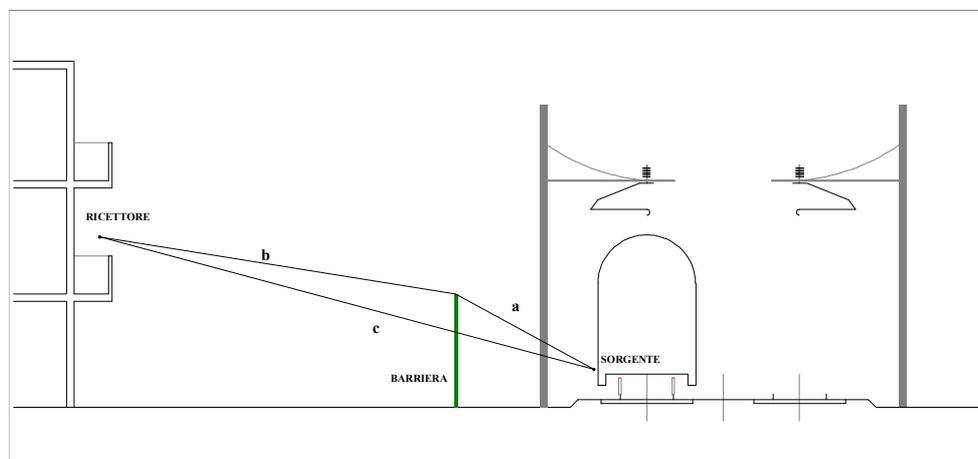
La scelta della tipologia di barriera antirumore è stata effettuata tenendo conto di tutti i criteri tecnici e progettuali atti a garantire l'efficacia globale dell'intervento. L'effetto di una barriera è condizionato dalla minimizzazione dell'energia acustica che, come noto, schematicamente si propaga attraverso:

1. l'onda diretta, che, se la barriera non è sufficientemente dimensionata, giunge in corrispondenza del ricettore senza essere condizionata da ostacoli;
2. l'onda che giunge al ricettore dopo essere stata diffratta dal bordo superiore della barriera;
3. l'onda diffratta dal bordo superiore della barriera, riflessa dal suolo e quindi diretta verso il ricettore;
4. l'onda che si riflette tra la barriera e le pareti laterali dei vagoni;
5. l'onda che giunge al ricettore per trasmissione attraverso i pannelli che compongono la barriera;
6. l'onda riflessa sulla sede ferroviaria, diffratta dal bordo superiore della barriera e quindi diretta verso il ricettore.
7. l'onda assorbita.

Per quanto riguarda i punti 1, 2, 3, e 6 risulta di importanza fondamentale il dimensionamento delle barriere in altezza lunghezza e posizione.

Relativamente ai punti 4, 5, e 7 invece sono maggiormente influenti le caratteristiche acustiche dei materiali impiegati e le soluzioni costruttive adottate in particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti della barriera. L'abbattimento prodotto da una barriera si basa comunque principalmente sulle dimensioni geometriche. L'efficienza di una barriera è infatti strettamente legata alla differenza tra il cammino diffratto sul top dell'elemento e il cammino diretto (δ):

$\delta = a+b-c =$ differenza tra cammino diretto e cammino diffratto (vedi figura)



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

In particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti della barriera, attenendosi alle seguenti norme di carattere generale:

Il fonoisolamento deve essere di entità tale da garantire che la quotaparte di rumore che passa attraverso la barriera sia di almeno 15 dB inferiore alla quota di rumore che viene diffratta verso i ricettori dalla sommità della schermatura.

Il fonoassorbimento è l'attitudine dei materiali ad assorbire l'energia sonora su di essi incidente, trasformandola in altra forma di energia, non inquinante (calore, vibrazioni, etc). L'adozione di materiali fonoassorbenti è utile per:

- evitare una riduzione dell'efficacia schermante totale;
- evitare un aumento della rumorosità per gli occupanti dei convogli (effetto tunnel).

L'impiego di materiali fonoassorbenti è pertanto consigliabile nel caso ferroviario al fine di evitare una perdita di efficacia per le riflessioni multiple che si generano tra le pareti dei vagoni e la barriera stessa.

Per quanto concerne le proprietà fonoassorbenti, si suggerisce l'utilizzo di materiali con prestazioni acustiche particolarmente elevate e cioè almeno rispondenti ai coefficienti α relativi alla Classe *Ia* del Disciplinare Tecnico per le Barriere Antirumore delle Ferrovie dello Stato. Detti coefficienti sono riportati nella tabella seguente.

Freq.	α
125	0,30
250	0,60
500	0,80
1000	0,85
2000	0,85
4000	0,70

9.3 Descrizione delle barriere antirumore

La soluzione adottata deriva dai tipologici standard HS che RFI ha appositamente sviluppato, in considerazione dei ridotti spazi a disposizione è stato infatti necessario optare per una soluzione verticale che comunque richiamasse come variante il tipologico standard.

Le barriere previste sono costituite da pannelli fonoassorbenti in acciaio inox e/o pannelli trasparenti in vetro stratificato colorato.

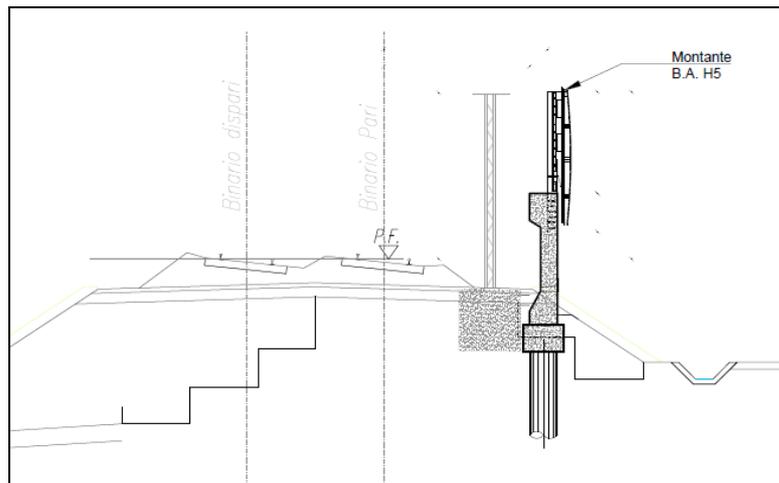
In presenza di muri, la barriera è collocata in posizione verticale sulla sommità dell'opera, per ovvi motivi logistici, consentendo altresì di poter ottenere il massimo rendimento acustico anche dello stesso muro.

Nei casi in cui non siano presenti muri, la pannellatura metallica fonoassorbente è posizionata (in posizione verticale) sullo specifico basamento in cls.

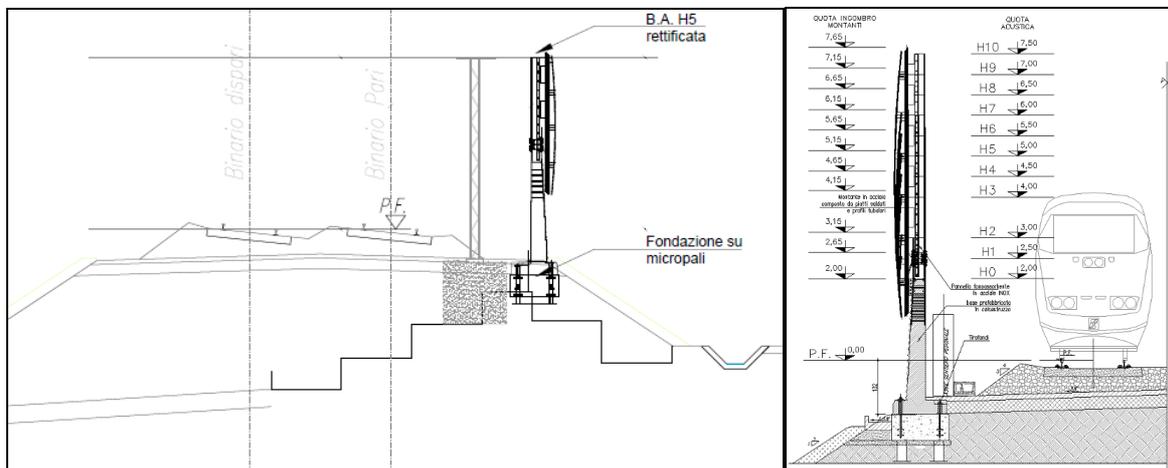
	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

Di seguito si riportano gli schemi esemplificativi delle soluzioni adottate e sopra descritte.

Barriera acustica su muro



Barriera acustica su basamento in cls



Il posizionamento dei pannelli fonoassorbenti lungo ogni tratto di intervento rispetta per quanto possibile le due misure seguenti:

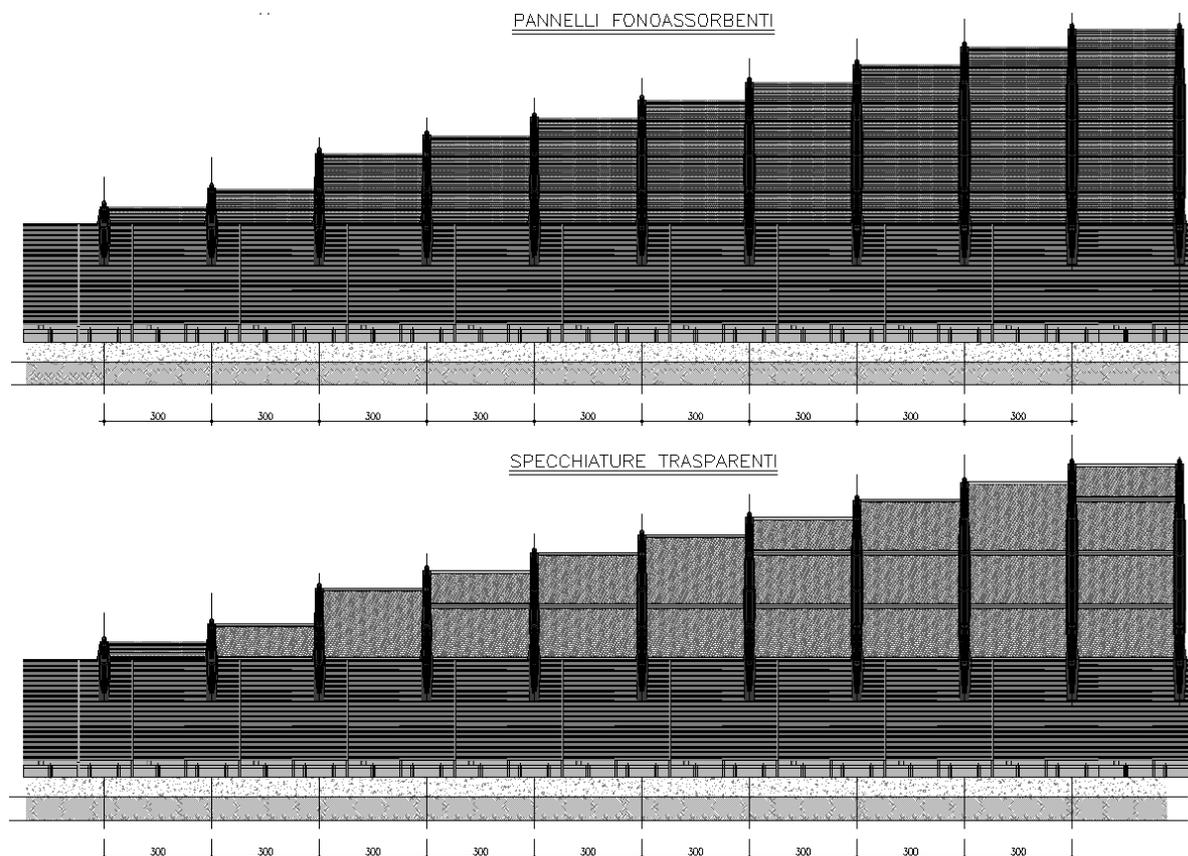
- altimetricamente: +2.00 m sul P.F.
- planimetricamente: distanza minima del montante dall'asse del binario più vicino pari a 3,70m circa, che in presenza dei muri di recinzione/protezione passa fino a 4,50m circa; inoltre tale distanza può essere modificata in presenza di situazioni particolari, come ad esempio i marciapiedi di fermata o di stazione oppure i camminamenti FFP (*Fighting Fire Point*) posti agli imbocchi delle gallerie. In tali eventuali ambiti il

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

posizionamento delle barriere antirumore viene adeguato anche nei file di simulazione acustica.

Per quanto riguarda gli ambiti di fermata o di stazione, nei file di simulazione sono stati inseriti anche i muri e le pensiline previste nei relativi elaborati di dettaglio, cui si rimanda per i particolari.

La pannellatura leggera da realizzarsi sopra la parte in cls, così come previsto dal tipologico appositamente studiato da RFI, sarà costituita da pannelli fonoassorbenti in acciaio inox e/o pannelli trasparenti in vetro stratificato colorato (vedi figura).



In corrispondenza delle opere d'arte è stata studiata una soluzione interamente in acciaio che richiama coerenza e continuità formale con la barriera sopra riportata.

Particolare cura è stata posta nella scelta delle colorazioni. La scelta è ricaduta su colorazioni in affinità cromatica con il contesto edilizio e territoriale.

In considerazione della lunghezza e dell'altezza degli interventi, l'indirizzo progettuale è stato infatti quello di sottolineare l'opera senza porsi in conflitto con l'ambiente circostante.

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

9.4 Gli interventi sugli edifici

Per ricondurre -ove necessario- all'interno degli ambienti abitativi i livelli acustici entro specifici valori è possibile intervenire direttamente sugli edifici esposti.

Nel caso di interventi sull'edificio per garantire un miglior livello di comfort, si prospettano quindi le possibilità di seguito elencate in ordine crescente di efficacia:

a) *Sostituzione dei vetri con mantenimento degli infissi esistenti*

Questa soluzione può essere utilizzata nel caso in cui si vuole ottenere un isolamento interno ad un edificio fra 28 e 33 dB rispetto al rumore in facciata e gli infissi esistenti siano di buona qualità e tenuta.

b) *Sostituzione delle finestre*

Questa soluzione può essere adottata quando si desidera avere un isolamento fra 33 e 39 dB. A seconda delle prestazioni richieste è possibile:

1. installare la nuova finestra con conservazione del vecchio telaio, interponendo idonee guarnizioni, quando si vuole ottenere un isolamento fino ad un massimo di 35 dB;
2. installare una nuova finestra di elevate prestazioni acustiche con sostituzione del vecchio telaio, quando si vuole ottenere un isolamento di 36-39 dB.

Per ottenere isolamenti superiori a 37 dB è necessario in ogni caso prendere particolari precauzioni riguardo ai giunti di facciata (nel caso di pannelli prefabbricati di grosse dimensioni), alle prese d'aria (aspiratori, ecc.), ai cassonetti per gli avvolgibili, ecc.

c) *Realizzazione di doppie finestre*

Questa soluzione è impiegata nei casi in cui è necessario ottenere un isolamento di facciata compreso tra 39 e 45 dB. Generalmente l'intervento viene attuato non modificando le finestre esistenti, ed aggiungendo sul lato esterno degli infissi antirumore scorrevoli (in alluminio o PVC).

Con riferimento alla Norma UNI 8204 si sono stabilite tre classi R1, R2 e R3 per classificare i serramenti esterni a seconda del diverso grado di isolamento acustico RW da questi offerto.

La classe R1 include la soluzione in grado di garantire un RW compreso tra 20 e 27 dB(A); la classe R2 le soluzioni che garantiscono un RW compreso tra 27 e 35 dB(A); la classe R3 tutte quelle soluzioni che offrono un RW superiore a 35 dB(A). I serramenti esterni che offrono un potere fonoisolante minore di 20 dB(A) non sono presi in considerazione.

In tabella sono riportate per ciascuna di queste classi alcune informazioni generiche delle soluzioni tecniche possibili in grado di garantire un fonoisolamento rientrante nell'intervallo caratteristico della classe.

Per ciascuna classe si è ritenuto opportuno offrire almeno due soluzioni tipo al fine di porre il decisore, in presenza di vincoli di natura tecnica, economica e sociale, nella condizione di operare delle scelte tra più alternative.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

CLASSE R1 - $20 \leq RW \leq 27$ dB(A)

- Vetro semplice con lastra di medio spessore (4÷6 mm), e guarnizioni addizionali. Doppio vetro con lastre di limitato spessore (3 mm), e distanza tra queste di almeno 40 mm.

CLASSE R2 - $27 \leq RW \leq 35$ dB(A)

- Vetro semplice con lastra di elevato spessore (8÷10 mm) e guarnizioni addizionali. Vetro stratificato antirumore con lastra di medio/elevato spessore (6÷8 mm) e guarnizioni addizionali.
- Doppio vetro con lastre di medio spessore (4÷6 mm) guarnizioni addizionali e distanza tra queste di almeno 40 mm.
- Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) senza guarnizioni addizionali.

CLASSE R3 - $RW > 35$ dB(A)

- Vetro stratificato antirumore di elevato spessore (10÷12 mm) e guarnizioni addizionali. Vetro camera con lastre di medio spessore (4÷6 mm), camera d'aria con gas fonoisolante e guarnizioni addizionali.
 - Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) e distanza tra le lastre di almeno 100 mm.
-

L'adozione di infissi antirumore può avere conseguenze in particolare sulla trasmissione di calore e sulla aerazione dei locali.

Gli aspetti che più frequentemente vengono infatti considerati come negativi, sono quelli relativi alla ventilazione ed al surriscaldamento dei locali nel periodo estivo. Ne consegue che gli infissi antifonici dovranno essere dotati anche di aeratori che potranno essere a ventilazione forzata o naturale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

10 LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI *POST MITIGAZIONE*

Il dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica è stato finalizzato all'abbattimento dai livelli acustici prodotti dall'infrastruttura ferroviaria.

La scelta progettuale è stata quella di privilegiare l'intervento sull'infrastruttura stessa.

Con l'ausilio del modello di simulazione *Soundplan* descritto nei paragrafi precedenti è stata effettuata la verifica e l'ottimizzazione delle opere di mitigazione.

Complessivamente è stata prevista la messa in opera di 1.183 metri di barriere antirumore, con l'utilizzo di moduli da +4,00m su p.f. +6,50m su p.f. per un totale di 4.167 metri quadri circa.

Gli interventi sono rappresentati graficamente nelle *Planimetrie di individuazione degli interventi di mitigazione acustica* (Doc NM2701D22P6IM0004005 ÷ NM2701D22P6IM0004008) ed indicate con dimensione e tipologia nella tabella seguente.

Si evidenzia che l'altezza dei manufatti è considerata sempre rispetto alla quota del piano del ferro eccetto dove eventualmente diversamente specificato:

Codice	Tipo BA	Altezza da Piano Ferro (m)	Km inizio	Km fine	Lunghezza [m]
<i>BA Lato Dispari - Tratta Bergamo_Aeroporto "Orio al Serio"</i>					
BA 04	Verticale	5,00	0+385	0+584	199
BA 05	Verticale	5,00	0+608	0+882	274
Totale barriere lato binario dispari (metri)					473

Codice	Tipo BA	Altezza da Piano Ferro (m)	Km inizio	Km fine	Lunghezza [m]
<i>BA Lato Pari - Tratta Bergamo_Aeroporto "Orio al Serio"</i>					
BA 01	Verticale	4,00	00+248	00+365	118
BA 02	Verticale	5,00	00+387	00+570	183
BA 03	Verticale	6,50	00+590	00+999	409
Totale barriere lato binario pari (metri)					710

Per la realizzazione delle Barriere Antirumore previste in corrispondenza dei muri di recinzione o muri di sostegno, i montanti e la pannellatura verranno posati sulla testa

	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BERGAMO - BRESCIA NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO AEROPORTO "ORIO AL SERIO" STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NM27	LOTTO 01	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV A

dell'opera nei tratti coincidenti, con una elevazione in altezza tale da rispettare la quota acustica indicata in tabella riferita sempre al piano ferro.

Le barriere antirumore lungo linea sono state dimensionate sulla base degli output di simulazione acustica ante mitigazione tramite il software SoundPLAN descritto nei paragrafi precedenti, individuando le porzioni di territorio con presenza di ricettori residenziali e contestuale superamento dei limiti normativi.

Come si evince dall'elaborato "Studio Acustico: Livelli in facciata ante e post mitigazione" cod. NM2701D22TTIM0004001A, a fronte del dimensionamento proposto degli interventi di mitigazione acustica lungo linea è possibile ridurre la propagazione dei livelli sonori prodotti con la realizzazione del progetto in esame, migliorando considerevolmente il clima acustico generale favorendo così il rispetto dei limiti dei livelli in facciata previsti dalla normativa per tutti i ricettori esaminati.

Successivamente alla completa messa in opera delle barriere di mitigazione acustica lungo linea potrà esser verificato il clima acustico, tramite opportune campagne di monitoraggio.