

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIREZIONE TECNICA

## S.O. AMBIENTE

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DI 2° FASE

## RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA

## LOTTO 2

## STUDIO ACUSTICO

### Relazione Generale

SCALA

-

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

RR0P 02 R 22 RG IM0004 001 D

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Lombardo 	Marzo 2023	A. Corvaja 	Marzo 2023	T. Paoletti 	Marzo 2023	C. Ercolani Agosto 2023
B	Emissione esecutiva	A. Lombardo 	Maggio 2023	A. Corvaja 	Maggio 2023	T. Paoletti 	Maggio 2023	 ITALFERR S.p.A. Dott.ssa Carolina Ercolani Ordine Agrotecnici e Agronomici Laureati di Roma, Rieti e Viterbo 6/4/25
C	VT e VT 1° livello	A. Lombardo 	Luglio 2023	A. Corvaja 	Luglio 2023	T. Paoletti 	Luglio 2023	
D	Prescrizioni CSLPP	A. Lombardo 	Agosto 2023	A. Corvaja 	Agosto 2023	T. Paoletti 	Agosto 2023	

File: RR0P02R22RGIM0004001D.docx

n. Elab.

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>4</b>
2.1	Legge Quadro 447/95 e ss.mm.ii.....	4
2.2	D.P.R. 459/98.....	6
2.3	D.P.R. 142/04.....	7
2.4	Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000).....	9
<b>3</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DEI LIMITI ACUSTICI .....</b>	<b>11</b>
3.1	Ricettori all'interno delle fasce di pertinenza acustica ferroviaria .....	11
3.2	Concorsualità delle sorgenti di rumore presenti sul territorio .....	11
3.3	Aree di espansione urbanistica.....	15
3.4	Aree naturalistiche e protette .....	15
3.5	Ricettori posti al di fuori della fascia di pertinenza acustica ferroviaria .....	15
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM.....</b>	<b>17</b>
4.1	Descrizione del territorio e censimento dei ricettori .....	17
4.2	Verifica dei livelli acustici Ante Operam .....	19
<b>5</b>	<b>LA MODELLAZIONE ACUSTICA PREVISIONALE .....</b>	<b>21</b>
5.1	Illustrazione delle tecniche previsionali adottate.....	21
5.2	Dati di input del modello.....	22
5.3	Modello di esercizio .....	22
5.4	Caratterizzazione acustica della sorgente e taratura del modello di simulazione .....	23
5.5	Emissione dei rotabili .....	26
<b>6</b>	<b>IL RUMORE INDOTTO DALL'OPERA IN PROGETTO.....</b>	<b>26</b>
6.1	Livelli acustici Ante Mitigazione .....	26
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>28</b>

## 1 PREMESSA

Il presente documento contiene i risultati dello studio acustico relativo al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica di raddoppio della tratta Decimomannu-Villamassargia Lotto 2 che consiste nel raddoppio della linea ferroviaria tra le località di Villaspeciosa-Uta e Siliqua (stazione esclusa).

L'iter metodologico seguito nel rispetto del *Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili* (cod: RFI DTC SI AM MA IFS 001 E) del 31.12.2022 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 della concorsualità del rumore prodotto dalle infrastrutture stradali presenti all'interno dell'ambito di studio. Al di fuori della fascia di pertinenza acustica ferroviaria si analizzano i limiti dettati dalla Classificazione Acustica dei Comuni di Villaspeciosa.
- 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 con particolare riguardo alla destinazione d'uso, all'altezza e allo stato di conservazione dei ricettori potenzialmente impattati e ricadenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (250 m per lato); è stata altresì effettuata una verifica di clima acustico all'interno delle aree di espansione urbanistica così come individuate dai piani urbanistici comunali. Tali analisi sono state estese fino a 300 m per lato, per tener conto dei primi fronti edificati presenti al di fuori della fascia di pertinenza ferroviaria.  
La caratterizzazione ante operam si completa con una campagna fonometrica eseguita in situ con la finalità di analizzare il rumore allo stato attuale nei suoi diversi contributi (ferroviario, residuo, etc.) e di caratterizzare la sorgente acustica ferroviaria.
- Livelli acustici previsionali. Con l'ausilio del modello di simulazione SoundPLAN si è proceduto alla valutazione dei livelli acustici sia per lo scenario transitorio con il modello di esercizio previsto all'attivazione della linea sia per lo scenario a regime con il relativo numero di transiti. 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, eventualmente ridotti per la presenza infrastrutture concorrenti sulla base della metodologia assunta secondo il quadro normativo di riferimento e il criterio ambientale più cautelativo.
- Individuazione degli interventi di mitigazione. In quest' ultima fase si individuano gli interventi di mitigazione necessari ad abbattere le eccedenze acustiche registrate rispetto ai limiti normativi mediante l'inserimento di barriere antirumore. Dallo studio acustico non si evince la necessità di prevedere barriere antirumore dal momento che non si rilevano eccedenze di rumore presso i ricettori ricadenti nell'area di studio.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Angelo Lombardo e verificato dall' Ing. Alfredo Corvaja, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica N.7280 (già iscritto nell'elenco dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale della Regione Lazio n.606).

Gli elaborati correlati, elencati nella seguente tabella, sono stati redatti dallo stesso ad eccezione del report misure fonometriche in campo eseguite da Tecnico Competente in Acustica Ambientale ai sensi della L.447/95 e D.Lgs. 42/17.

Tabella 1-1 - Elenco Elaborati

Titolo	Scala	Codice elaborato
Relazione Acustica Generale	-	RR0P02R22RGIM0004001D
Livelli Acustici in facciata Ante e Post Mitigazione	-	RR0P02R22TTIM0004001B
Corografia generale ed individuazione delle fasce di pertinenza acustica	1 : 10.000	RR0P02R22SHIM0004001B
Planimetria localizzazione dei ricettori censiti e punti di misura (1/4)	1 : 2.000	RR0P02R22C4IM0004001A
Planimetria localizzazione dei ricettori censiti e punti di misura (2/4)	1 : 2.000	RR0P02R22P6IM0004001B
Planimetria localizzazione dei ricettori censiti e punti di misura (3/4)	1 : 2.000	RR0P02R22P6IM0004002B
Planimetria localizzazione dei ricettori censiti e punti di misura (4/4)	1 : 2.000	RR0P02R22P6IM0004003B
Planimetria localizzazione dei ricettori censiti e punti di misura (1/4)	1 : 2.000	RR0P02R22P6IM0004004B
Mappe acustiche diurne stato attuale (1/2)	1 : 5.000	RR0P02R22N5IM0004001B
Mappe acustiche diurne stato attuale (2/2)	1 : 5.000	RR0P02R22N5IM0004002B
Mappe acustiche diurne stato di progetto (1/2)	1 : 5.000	RR0P02R22N5IM0004003B
Mappe acustiche diurne stato di progetto (2/2)	1 : 5.000	RR0P02R22N5IM0004004B
Report Indagini Acustiche	-	RR0P02R22RHIM0004001A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 Legge Quadro 447/95 e ss.mm.ii.

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 DPCM 01 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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	<b>COMMESSA</b> RR0P	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> R 22 IM	<b>DOCUMENTO</b> RG 0004 001	<b>REV.</b> C	<b>FOGLIO</b> 5 di 28

*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;

### **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;

	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 6 di 28

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 DPCM, 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 del valore 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 DPCM del 14/11/1997 «*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*». Da tale DPCM resta, però, ancora una volta esclusa la regolamentazione delle infrastrutture di trasporto.

### 2.2 D.P.R. 459/98

Per quanto concerne la disciplina del rumore ferroviario, il DPCM del 14/11/97, coerentemente con quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95, rimanda pertanto al DPR n. 459 del 18/11/98.

Di seguito, si sintetizzano i contenuti salienti del regolamento.

*Per le Infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h*, a partire dalla mezzera dei binari esterni e per ciascun lato, deve essere considerata una fascia di pertinenza dell'infrastruttura di ampiezza pari a 250 m, suddivisa a sua volta in due fasce: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di m 150, denominata fascia B.

All'interno di tali fasce i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura ferroviaria sono i seguenti:

1. Per scuole, ospedali, case di cura, e case di riposo il limite è di 50 dBA nel periodo diurno e di 40 dBA nel periodo notturno. Per le scuole vale solo il limite diurno;

2. Per i ricettori posti all'interno della fascia A di pertinenza ferroviaria, il limite è di 70 dBA nel periodo diurno e di 60 dBA nel periodo notturno;
3. Per i ricettori posti all'interno della fascia B di pertinenza ferroviaria, il limite è di 65 dBA nel periodo diurno e di 55 dBA nel periodo notturno;

Oltre la fascia di pertinenza, valgono i limiti previsti dai piani di zonizzazione acustica comunali

Il rispetto dei limiti massimi di immissione, entro o al di fuori della fascia di pertinenza, devono essere verificati con misure sugli interi periodi di riferimento diurno (h. 6÷22) e notturno (h. 22÷6), in facciata degli edifici e ad 1 m dalla stessa, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Inoltre, qualora, in base a considerazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, il raggiungimento dei predetti limiti non sia conseguibile con interventi sull'infrastruttura, si deve procedere con interventi diretti sui ricettori.

In questo caso, all'interno dei fabbricati, dovranno essere ottenuti i seguenti livelli sonori interni:

1. 35 dBA di Leq nel periodo notturno per ospedali, case di cura, e case di riposo;
2. 40 dBA di Leq nel periodo notturno per tutti gli altri ricettori;
3. 45 dBA di Leq nel periodo diurno per le scuole.

I valori sopra indicati dovranno essere misurati al centro della stanza a finestre chiuse a 1,5 m di altezza sul pavimento.

### **2.3 D.P.R. 142/04**

In data 01 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 DPCM 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 142/04 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 sottocategorie ai sensi del D.M. 5.11.02 per le strade di nuova realizzazione e secondo le norme CNR 1980 e direttive PUT per le strade esistenti e assimilabili)
- D - Strade urbane di scorrimento (suddivise in sottocategorie secondo le norme CNR 1980 e direttive PUT per le strade esistenti e assimilabili)
- E - Strade urbane di quartiere
- F - Strade locali

Il Decreto individua, diversamente per le strade di nuova realizzazione o per le strade esistenti e assimilabili, l'ampiezza delle fasce di pertinenza ed i relativi limiti associati per ogni sottotipo di infrastruttura stradale, come riportato nelle tabelle seguenti:

Tabella 2-1 - Infrastrutture stradali di nuova realizzazione

TIPI DI STRADA (secondo codice della strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo DM 5.11.01 – Norme funz. e geom. per la costruzione delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dBA	Notturmo dBA	Diurno dBA	Notturmo dBA
A – autostrada		250	50	40	65	55
B – extraurbana principale		250	50	40	65	55
C – extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D – urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella c allegata al DPCM in data 14.11.1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come previsto dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F – locale		30				

\* per le scuole vale solo il limite diurno

Tabella 2-2 - Infrastrutture stradali esistenti e assimilabili (ampliamento in sede, affiancamenti e varianti)

TIPI DI STRADA (secondo codice della strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dBA	Notturmo dBA	Diurno dBA	Notturmo dBA
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	Ca	100 (fascia A)	50	40	70	60

secondaria	(strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane a scorrimento)	100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM in data 14.11.1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come previsto dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			

\* per le scuole vale solo il limite diurno

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:

1. 35 dBA - Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
2. 40 dBA - Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
3. 45 dBA - Leq diurno per le scuole.

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

## 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".

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	<b>COMMESSA</b> RR0P	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> R 22 IM	<b>DOCUMENTO</b> RG 0004 001	<b>REV.</b> C	<b>FOGLIO</b> 10 di 28

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 dBA rispetto al valore della sorgente avente 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 11 di 28

### 3 INDIVIDUAZIONE DEI LIMITI ACUSTICI

#### 3.1 Ricettori all'interno delle fasce di pertinenza acustica ferroviaria

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.

Tabella 3-1 - Valori limite di riferimento all'interno delle fasce di pertinenza acustica ferroviaria

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

#### 3.2 Concorsualità 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", illustrata precedentemente, 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 aree di sovrapposizione tra le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali. Tale verifica è quindi esclusivamente limitata all'interno delle fasce di pertinenza acustica ferroviarie, ovvero all'interno dei 250 m (fascia B) dall'asse del binario più esterno.

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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 12 di 28

Nell'area di studio specifica per il progetto in esame l'unica infrastruttura stradale concorsuale è la strada SP900 classificata secondo il DPR 142/2004 come strada esistente di categoria Cb: fascia A 0-100m – fascia B 100-150m.

Le fasce di pertinenza considerate per tali infrastrutture sono riportate nella Corografia Generale (elaborati RR0P02R22C4IM0004001A) e nella Planimetria di censimento dei ricettori (elaborati RR0P02R22P6IM0004001B÷4B).

Si fa presente che a prescindere dall'appartenenza geometrica ad una determinata fascia di pertinenza acustica, di fatto per il ricettore non dovrebbero assumere 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 costituirebbe un ostacolo alla propagazione dell'uno o dell'altro contributo acustico e pertanto non vi dovrebbe essere concorsualità effettiva.

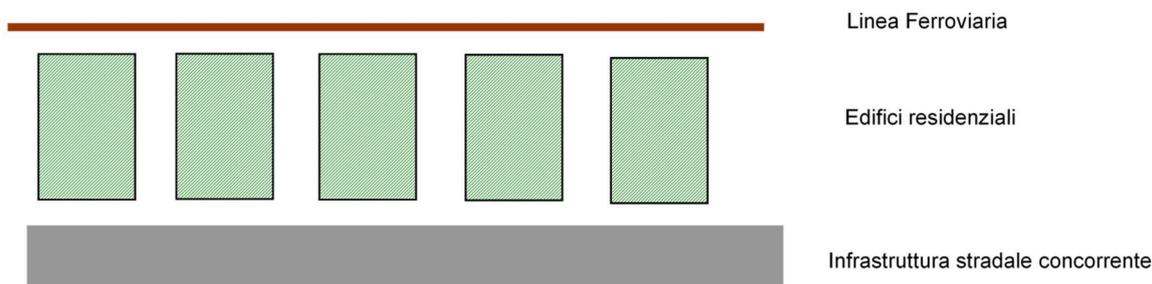


Figura 3-1 – Ricettore posto fra strada e ferrovia

Nel complessivo dei ricettori censiti all'interno delle fasce di pertinenza acustica ferroviaria, si riscontrano casi di fabbricati esposti al rumore di una o più 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 prima riportata.

In presenza invece di concorsualità con le altre infrastrutture di trasporto precedentemente individuate all'interno dell'ambito di studio, per la definizione dei limiti acustici da assegnare alle singole sorgenti si applica la metodologia indicata dal Manuale di Progettazione RFI (cod: RFI DTC SI AM MA IFS 001 E).

In coerenza con il Manuale di cui sopra, a seconda dei casi, si fa riferimento al limite più stringente calcolato considerando due differenti formulazioni, ovvero:

- nel caso di infrastrutture concorsuali con gli stessi limiti di immissione si applica la formula riportata nell'allegato 4 punto 3 del DM 29/11/2000:

$$L_s = L_{zona} - 10 \cdot \log_{10} N$$

con il termine N che rappresenta il numero delle sorgenti interessate.

- nel caso di infrastrutture con limiti di immissione differenti si applica una formulazione più generale che prevede di applicare un pari decremento  $\Delta$  ai valori limite singoli in modo che la somma dei contributi equamente ponderati non superasse il valore della sorgente avente massima immissione:

$$L_{zona} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i - \Delta}{10}} \right)$$

$$L_{soglia,i} = L_i - \Delta$$

Nella tabella seguente si riportano i valori limite di riferimento derivanti dall' approccio sopra descritto per le possibili combinazioni di concorsualità fino a n.4 sorgenti, indicando con la lettera "A" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 70 dBA diurni e 60 dBA notturni, con la lettera "B" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite e 65 dBA diurni e 55 dBA notturni.

Tabella 3-2 - Valori soglia di riferimento in presenza di sorgenti concorsuali

Fasce di pertinenza				Valori soglia di riferimento	
Linea ferroviaria	Infrastruttura 1	Infrastruttura 2	Infrastruttura 3	Diurno	Notturmo
				dBA	dBA
A	A	-	-	67,0 <sup>(1)</sup>	57,0 <sup>(1)</sup>
A	B	-	-	67,0 <sup>(1)</sup>	57,0 <sup>(1)</sup>
B	A	-	-	63,8 <sup>(2)</sup>	53,8 <sup>(2)</sup>
B	B	-	-	62,0 <sup>(1)</sup>	52,0 <sup>(1)</sup>
A	A	A	-	65,2 <sup>(1)</sup>	55,2 <sup>(1)</sup>
A	A	B	-	65,2 <sup>(1)</sup>	55,2 <sup>(1)</sup>
A	B	B	-	65,2 <sup>(1)</sup>	55,2 <sup>(1)</sup>
B	A	A	-	61,4 <sup>(2)</sup>	51,4 <sup>(2)</sup>
B	A	B	-	62,9 <sup>(2)</sup>	52,9 <sup>(2)</sup>
B	B	B	-	60,2 <sup>(1)</sup>	50,2 <sup>(1)</sup>
A	A	A	A	64,0 <sup>(1)</sup>	54,0 <sup>(1)</sup>
A	A	A	B	64,0 <sup>(1)</sup>	54,0 <sup>(1)</sup>
A	A	B	B	64,0 <sup>(1)</sup>	54,0 <sup>(1)</sup>
A	B	B	B	64,0 <sup>(1)</sup>	54,0 <sup>(1)</sup>
B	A	A	A	59,8 <sup>(2)</sup>	49,8 <sup>(2)</sup>
B	A	A	B	60,8 <sup>(2)</sup>	50,8 <sup>(2)</sup>
B	A	B	B	62,1 <sup>(2)</sup>	52,1 <sup>(2)</sup>
B	B	B	B	59,0 <sup>(1)</sup>	49,0 <sup>(1)</sup>

Note:  
<sup>(1)</sup> da formulazione DM 29/11/2000  
<sup>(2)</sup> formulazione generale

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.

La riduzione del limite acustico in caso di concorsualità si applica anche al caso degli edifici sensibili utilizzando le stesse metodologie e applicando il medesimo principio cautelativo di assunzione del valore limite di riferimento più restrittivo. Nel caso di edifici scolastici e/o universitari si fa riferimento esclusivamente al periodo diurno, nel caso invece di edifici ospedalieri e/o case di riposo o di cura si fa riferimento ad entrambi i periodi temporali.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 15 di 28

Tabella 3-3 - Valori di soglia in presenza di sorgenti concorsuali per ricettori sensibili

Tipologia ricettore sensibile	Numero di sorgenti sonore concorsuali oltre la ferrovia	Valori di soglia dell'infrastruttura ferroviaria	
		Diurno dBA	Notturmo dBA
Scuole, Asili, Università	0	50	-
	1	47	-
	2	45,2	-
Ospedali, Case di Riposo, Case di Cura	0	50	40
	1	47	37
	2	45,2	35,2

### 3.3 Aree di espansione urbanistica

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

Nello specifico, però, da tale analisi non sono state individuate aree di espansione.

### 3.4 Aree naturalistiche e protette

Per parchi e le aree naturalistiche e protette, ci si attiene a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili: deve essere garantito il rispetto dei limiti previsti dalle norme nel solo periodo diurno, in analogia a quanto viene richiesto per le scuole, in corrispondenza di punti significativi (zone maggiormente esposte e caratterizzate dalla presenza non saltuaria delle persone) da individuare all'interno di tali aree.

Nello specifico, però, da tale analisi non sono state individuate aree naturalistiche e protette.

### 3.5 Ricettori posti al di fuori della fascia di pertinenza acustica ferroviaria

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 e dalla normativa regionale tutti i Comuni rientranti nell'ambito di studio sono dotati di classificazione acustica del territorio (PCCA).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	<b>COMMESSA</b> RR0P	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> R 22 IM	<b>DOCUMENTO</b> RG 0004 001	<b>REV.</b> C	<b>FOGLIO</b> 16 di 28

Di seguito si riporta lo stato di approvazione dei suddetti piani, aggiornato a febbraio 2023.

*Tabella 3-4 - Stato di approvazione delle zonizzazioni acustiche dei Comuni interessati dall'ambito di studio*

Comune	Estremi di approvazione
Villaspeciosa	Delibera della Giunta Consiglio Regionale n. 62/9 del 14/11/2008

La zonizzazione acustica del territorio secondo la classificazione individuata dal Comune territorialmente competente secondo i criteri nazionali e regionali è riportata nella *Planimetria localizzazione dei ricettori censiti* (elaborato cod. RR0P02R22P6IM0004001B÷4B) limitatamente all'area dell'ambito di studio esterna alle fasce di pertinenza acustica, ovvero per il territorio compreso tra i 250 e i 300 m per lato dal binario più esterno.

Ai sensi della normativa nazionale e regionale il territorio è classificato secondo 6 classi acustiche i cui limiti di immissione sono definiti dalla Tabella C dell'Allegato A del DPCM 14/11/1997 e di seguito riportati. Qualora il Piano Comunale di Classificazione Acustica definisca una zona differente da quelle indicate dal suddetto DPCM si fa riferimento a quanto indicato nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano stesso o al DPCM 1.3.1991 che individua limiti acustici per tutto il territorio nazionale.

*Tabella 3-5 - Limiti assoluti di immissione delle diverse classi acustiche nell'ambito della zonizzazione acustica del territorio esterno alle fasce di pertinenza ferroviaria secondo gli strumenti di normazione dei Comuni*

Piano Comunale di Classificazione Acustica (DPCM 14/11/97)		
Classe	Limiti assoluti di immissione Leq	
	Periodo diurno dBA	Periodo notturno dBA
Classe I	50	40
Classe II	55	45
Classe III	60	50
Classe IV	65	55
Classe V	70	60
Classe VI	70	70
Territorio non classificato (DPCM 1.3.1991)	70	60

Per i ricettori al di fuori delle fasce di pertinenza acustica ferroviaria sono stati considerati i suddetti valori a seconda della classe acustica attribuita al territorio. Per i ricettori a destinazione residenziale sono stati considerati sia i limiti diurni che notturni. Per gli edifici commerciali, servizi e religiosi sono stati considerati invece i soli valori diurni. Per i ricettori sensibili (scuole ed ospedali o case di cura) sono stati altresì considerati i valori previsti dal DPR 459/98 per la categoria sensibile, ovvero 50 dBA nel periodo diurno e 40 dBA in quello notturno a prescindere dalla classificazione acustica del territorio.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 17 di 28

## 4 CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM

### 4.1 Descrizione del territorio e censimento dei ricettori

L'ambito di studio interessa l'area contermina l'attuale linea ferroviaria esistente a singolo binario che attraversa il territorio di Villaspeciosa. Il progetto prevede la realizzazione del nuovo doppio binario ampliando il sedime della Linea Storica e si sviluppa per una lunghezza totale di circa 5,5 km circa. Il Lotto 2 si chiude prima della stazione di Siliqua, a circa 4,3 km, ove il tracciato prevede il collegamento con la Linea Storica mediante uno scambio che consente il passaggio dal nuovo doppio binario al singolo binario esistente. I binari si sviluppano interamente a cielo aperto, in un territorio pianeggiante caratterizzato dalla presenza prevalente di terreni agricoli e stabilimenti industriali nella parte iniziale del lotto, che sono individuabili negli elaborati di progetto e nelle planimetrie dello studio acustico (cod. elaborati RR0P02R22P6IM0004001B÷4B).



Figura 4-1 – Raddoppio Decimomannu-Villamassargia - Suddivisione in tratte

Nell'ambito delle analisi di caratterizzazione dello stato attuale è stato effettuato un dettagliato censimento dei ricettori. Questo ha riguardato complessivamente una fascia di 300 m per lato a partire dal binario esterno in modo da considerare sia la fascia di pertinenza acustica ai sensi del DPR 459/98 (0-250 m) sia i fronti edificati prossimi alla stessa (250-300 m) e quindi gli effetti concorsuali con i limiti acustici territoriali del PCCA comunale.

È stata effettuata, in particolare, una verifica della destinazione d'uso ed altezza di tutti i ricettori. I risultati di tale verifica sono stati riportati, sulla cartografia numerica in scala 1:2000 (cod. elaborati RR0P02R22P6IM0004001B÷4B). In tali planimetrie sono state evidenziate per ciascun ricettore le informazioni di seguito descritte:

#### Tipologia dei ricettori

- Residenziale;

- Asili, scuole, università;
- Ospedali;
- Industriale, artigianale;
- Commerciale, servizi;
- Monumentale, religioso;
- Ruederi, dismessi, box, stalle e depositi;
- Pertinenza FS;
- Aree di espansione residenziale;
- Espropri/demolizioni.

Altezza dei ricettori: indicata come numero di piani fuori terra.

Sono state altresì indicate le facciate cieche (assenza di infissi) dei ricettori.

L'attività di verifica ante operam è stata quindi completata con la redazione di schede di dettaglio in cui sono state riportate per ciascun fabbricato le informazioni riguardanti la localizzazione, lo stato e la consistenza e la relativa documentazione fotografica. Le schede sono riportate nel documento E0101R22SHIM0004001A.

Di seguito viene fornita una descrizione delle informazioni contenute nelle schede:

#### A. *Dati generali*

Codice ricettore individuato da un numero di quattro cifre XZZZ dove:

- X è un numero che indica la posizione del ricettore rispetto al binario
  - 1 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)
  - 2 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)
  - 3 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)
  - 4 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)
  - 5 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)
  - 6 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)
- ZZZ è il numero progressivo del ricettore

#### B. *Dati localizzativi*

- Comune
- Progressiva ferroviaria
- Distanza dalla linea ferroviaria in progetto valutata rispetto all'asse di tracciamento
- Tipologia linea

#### C. *Dati caratteristici dell'edificio esaminato*

- Numero dei piani
- Orientamento rispetto al binario
- Destinazione d'uso del ricettore

	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
<b>STUDIO ACUSTICO</b> Relazione generale	<b>COMMESSA</b> RR0P	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> R 22 IM	<b>DOCUMENTO</b> RG 0004 001	<b>REV.</b> C	<b>FOGLIO</b> 19 di 28

*D. Caratterizzazione degli infissi*

- Numero infissi fronte parallelo e/o obliqui

*E. Altre sorgenti di rumore*

*F. Note*

## 4.2 Verifica dei livelli acustici Ante Operam

Al fine di caratterizzare il clima acustico prima della realizzazione del progetto in esame, sono state incluse nella campagna di rilievi fonometrici delle misure supplementari, atte a fornire una rappresentazione del clima acustico ante operam del territorio. L'ubicazione di tali punti di misura è riportata nelle *Planimetria localizzazione dei ricettori censiti* (elaborato cod. RR0P02R22P6IM0004001B+4B) ed è stata scelta in modo da individuare zone omogenee dal punto di vista acustico e rappresentative delle classi acustiche di appartenenza.

La campagna di misura eseguita a Marzo 2023 e consta di una sezione di misura per la caratterizzazione della sorgente ferroviaria (1 PR e 1 PS per suddetta sezione). Di seguito si riportano gli stralci planimetrici per l'ubicazione e foto dei punti di misura e tabella riepilogativa dei valori emersi dai rilievi fonometrici. I dati completi sono riportati nell'elaborato RR0P02R22RHIM0004001A.

**Postazioni di misura PR – caratterizzazione emissiva ferroviaria**

*PR01 - stralcio planimetrico*

*PR01 - foto*
**Postazioni di misura PS – caratterizzazione rumore ferroviario sui ricettori**

*PS01 - stralcio planimetrico*

*PS01 - foto*
*Figura 4-2 – Punti di misura PR e PS*
*Tabella 4-1 – Caratterizzazione del rumore e punti di misura*

Punti di misura	Dist.[m]	Altezza sul p.c. [m]	LAeq,A [dBA]	LAeq,TR [dBA]	Periodo di riferimento
PR01	7,5	1,2 (p.f.)	67,0	56,7	Diurno
			42,8	40,9	Notturmo
PS01	20	4	59,8	45,7	Diurno
			42,4	29,0	Notturmo

Il clima acustico dello stato attuale, prima della realizzazione degli interventi di progetto, è stato altresì studiato tramite il modello di simulazione SoundPlan, descritto nel paragrafo successivo. Nella fattispecie è stata prodotta la mappa acustica a 4 m dal suolo per i due periodi di riferimento (diurno e notturno) nella conformazione attuale di infrastruttura e di traffico, negli elaborati *Mappe Acustiche Stato Attuale* (cod. elaborati RR0P02R22N5IM0004001B÷2B).

Il modello di esercizio attuale utilizzato deriva da estrazione da PIC ed è illustrato in Tabella 5-1.

	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	<b>COMMESSA</b> RR0P	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> R 22 IM	<b>DOCUMENTO</b> RG 0004 001	<b>REV.</b> C	<b>FOGLIO</b> 21 di 28

## 5 LA MODELLAZIONE ACUSTICA PREVISIONALE

### 5.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate

L'impatto acustico 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 dalla Germania Federale, le ÖAL 30 Austriache e le Nordic Kilde 130. Grazie alla sua versatilità e ampiezza del campo applicativo, è all'attualità il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia è in uso a centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni, Società e studi di consulenza.

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 ricettore 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 ricettore. 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.

## 5.2 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 appositamente prodotta per il progetto e dalle planimetrie, profili e sezioni di progetto.

## 5.3 Modello di esercizio

Le analisi acustiche sono state sviluppate considerando due differenti scenari di studio: attuale e progetto.

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.

Il modello di esercizio è riassunto nelle tabelle seguenti.

*Tabella 5-1 – Modello di esercizio attuale*

Linea Ferroviaria	Cat.	Materiale rotabile	Lunghezza	N treni		Rango	Velocità [km/h]	N Treni TOT
				Diurno (6-22)	Notturmo (22-6)			
Attuale	REG	ALe 506/426	-	40	1	B	130	40

*Tabella 5-2 – Modello di esercizio allo scenario di progetto*

Linea Ferroviaria	Cat.	Materiale rotabile	Lunghezza	N treni		Rango	Velocità [km/h]	N Treni TOT
				Diurno (6-22)	Notturmo (22-6)			
Decimomannu Villamassargia	REG-MET	-	-	128	0	B	160	128

	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 23 di 28

Nello Scenario di Progetto, in cui i tempi di percorrenza sono stati ridotti alla luce della velocizzazione garantita dal nuovo assetto infrastrutturale, è stata considerata l'impostazione dei servizi regionali rappresentata in Figura 5-1. Si precisa che il servizio tra il capoluogo di Regione e Carbonia ed Iglesias è stato specializzato in due categorie:

- servizi Regionali, aventi ciascuno frequenza oraria;
- servizi Regionali Veloci, anche questi caratterizzati da una frequenza oraria che, limitando le soste commerciali ad Elmas Aeroporto, Decimomannu e Villamassargia-Domusnovas, sono più veloci dei servizi Regionali e consentono di sfruttare al meglio l'intervento di raddoppio per le componenti di domanda più consistenti, quali appunto gli spostamenti tra Cagliari e Carbonia/Iglesias.

Si sottolinea che questa variazione non produce modifiche al numero di treni-km.

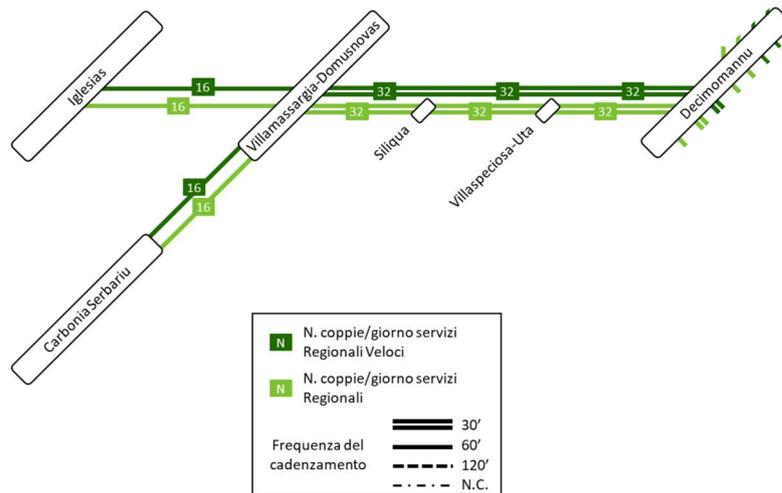


Figura 5-1 – Scenario dei servizi nello Scenario di progetto

## 5.4 Caratterizzazione acustica della sorgente e taratura del modello di simulazione

Le emissioni sonore da associare ad ogni tipologia di convoglio ferroviario previsto nel Modello di Esercizio di progetto sono state ricavate da una campagna di rilievi fonometrici appositamente eseguita nell'ambito della Linea attuale.

Tale campagna ha permesso:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 24 di 28

- La caratterizzazione acustica delle diverse tipologie di materiale rotabile ad oggi in esercizio sull'attuale linea ferroviaria, con l'individuazione di un "Punti di Riferimento" PR01, posto in prossimità del binario di corsa.
- La taratura del modello di simulazione acustica, con l'individuazione, di un "Punto Significativo" (PS01) posto in corrispondenza di un ricettore in prossimità dell'infrastruttura ferroviaria.

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

- 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 transito;
- 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 transito;
- SEL medio.

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

Si riportano nella tabella seguente i dati relativi alle emissioni dei convogli effettivamente transitanti sulla Linea esistente. Viene rappresentato altresì un confronto tra dette emissioni e quelle della banca dati delle emissioni dei singoli transiti, riportate nel documento "*Stima dei livelli sonori ai sensi del DM Ambiente 29/11/00 – Rapporto delle misure – Volume 1 – Emissioni dei treni*", redatto da RFI, ed utilizzate per le simulazioni acustiche Ante e Post Mitigazioni.

In particolare, si è fatto riferimento ai dati contenuti nell'Annesso 5: sommario SEL @ 25 m normalizzati a 100 km/h, che di seguito vengono riportati:

## Sommario SEL @ 25 m normalizzati a 100 Km/h

	dBA	63 Hz	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8K
Valore medio <b>ALn 668</b>	<b>89,9</b>	<b>57,9</b>	<b>64,1</b>	<b>73,4</b>	<b>84,7</b>	<b>85,8</b>	<b>81,8</b>	<b>77,7</b>	<b>66,2</b>
Deviazione standard	2,2	3,9	2,9	2,6	3,0	2,5	2,3	2,4	3,4
Valore medio <b>DIR / IR</b>	<b>94,3</b>	<b>61,1</b>	<b>67,2</b>	<b>78,8</b>	<b>84,4</b>	<b>88,4</b>	<b>90,7</b>	<b>84,5</b>	<b>74,1</b>
Deviazione standard	4,7	3,7	4,3	5,6	5,7	5,3	4,6	4,5	4,4
Valore medio <b>E / EN</b>	<b>96,7</b>	<b>62,7</b>	<b>73,9</b>	<b>85,7</b>	<b>90,6</b>	<b>90,9</b>	<b>90,8</b>	<b>87,8</b>	<b>76,2</b>
Deviazione standard	3,2	0,5	2,5	2,8	3,3	3,2	3,0	3,9	4,3
Valore medio <b>ETR 450-460-480</b>	<b>88,9</b>	<b>55,5</b>	<b>60,5</b>	<b>68,3</b>	<b>72,9</b>	<b>77,7</b>	<b>86,9</b>	<b>81,9</b>	<b>69,5</b>
Deviazione standard	3,8	3,4	3,6	4,9	5,0	4,5	3,9	4,0	3,9
Valore medio <b>ETR 500</b>	<b>90,6</b>	<b>57,0</b>	<b>61,8</b>	<b>71,7</b>	<b>76,8</b>	<b>81,8</b>	<b>88,5</b>	<b>81,8</b>	<b>69,8</b>
Deviazione standard	3,0	2,7	3,2	4,1	3,6	3,2	3,2	3,3	2,9
Valore medio <b>IC</b>	<b>94,9</b>	<b>60,5</b>	<b>65,8</b>	<b>75,7</b>	<b>81,0</b>	<b>87,7</b>	<b>92,5</b>	<b>85,6</b>	<b>74,1</b>
Deviazione standard	4,8	3,3	4,1	5,9	6,0	5,3	4,7	4,7	4,7
Valore medio <b>REG</b>	<b>92,3</b>	<b>60,9</b>	<b>67,6</b>	<b>77,9</b>	<b>83,6</b>	<b>86,3</b>	<b>87,9</b>	<b>83,3</b>	<b>73,5</b>
Deviazione standard	4,7	4,7	4,6	5,7	5,7	5,0	4,6	4,7	5,0
Valore medio <b>REG-MET</b>	<b>86,9</b>	<b>53,9</b>	<b>63,2</b>	<b>74,1</b>	<b>79,3</b>	<b>81,9</b>	<b>81,0</b>	<b>77,9</b>	<b>69,3</b>
Deviazione standard	4,1	3,6	3,8	4,4	4,9	4,7	3,7	3,6	3,5
Valore medio <b>MERCI</b>	<b>102,5</b>	<b>65,3</b>	<b>77,1</b>	<b>87,7</b>	<b>95,5</b>	<b>97,7</b>	<b>96,3</b>	<b>91,9</b>	<b>79,8</b>
Deviazione standard	6,2	5,6	6,8	7,5	6,9	6,9	5,3	5,6	6,0

Tabella 5-3 – Emissioni treni: confronto tra i valori di emissione derivanti dalle indagini eseguite e quelli della banca dati RFI utilizzati nelle analisi previsionali

	n° treni D	n° treni N	SEL (medio) @25m e 100 km/h [dBA]	SEL PRA-RFI @25m e 100 km/h [dBA]	Differenza dB PRA RFI - misurati
ALn	80	6	89,1	89,9	+0,9

Da un primo confronto (a parità di condizioni al contorno: distanza 25 m dall'asse del binario, velocità di transito 100 km/h) risulta una buona corrispondenza di valori di emissione.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa in cui si evidenziano i risultati dell'operazione di taratura del software con i dati rilevati durante le misure fonometriche:

Tabella 5-4 – Taratura del modello di simulazione: confronto dei valori acustici misurati con quelli simulati nei punti di indagine PR e PS

Sezione di Misura	Punti di misura e controllo	Valori misurati		Valori simulati		Differenza dB simulati-misurati	
		Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n
<b>SEZIONE 01</b>	PR01	56,7	40,9	57,1	41,6	+0,6	+0,7
	PS01	45,7	29,0	45,9	29,9	+0,2	-0,9

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b>					
	LOTTO 2					
STUDIO ACUSTICO Relazione generale	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R 22 IM	DOCUMENTO RG 0004 001	REV. C	FOGLIO 26 di 28

	<i>media degli scarti sui punti PR e PS</i>	<b>+0.4</b>	<b>+0.8</b>
--	---	-------------	-------------

In corrispondenza dei punti di controllo posizionati in corrispondenza dei punti di misura e controllo, si osserva una buona corrispondenza dei valori simulati rispetto a quelli misurati (con medie degli scarti inferiori a 1,0 dB. La leggera sovrastima dei valori simulati (<0,5 dB) è a favore di una condizione più cautelativa per il progetto.

## 5.5 Emissione dei rotabili

La simulazione acustica è stata effettuata mediante il software SoundPLAN descritto nel paragrafo precedente. La modellazione tridimensionale di base del territorio utilizzata nella simulazione è stata sviluppata a partire dalla cartografia 3D in formato vettoriale. Le simulazioni sono state svolte implementando i traffici ed i relativi livelli sonori indotti dai transiti sulle opere ferroviarie, utilizzando come dati di input per le emissioni i seguenti valori, già adottati da RFI per i piani di bonifica acustica su tutto il territorio nazionale.

Tabella 5-5 – Valori di emissione dei rotabili considerate nelle analisi previsionali

Categoria	Valori RFI	
	SEL @25m, 100 km/h	Leq @25m, 100 km/h
ALn	89,9	42,3
REG MET	86,9	39,3

## 6 IL RUMORE INDOTTO DALL'OPERA IN PROGETTO

### 6.1 Livelli acustici Ante Mitigazione

L'applicazione del modello di simulazione in precedenza descritto ha permesso di stimare i livelli sonori nella condizione di esercizio della linea ferroviaria oggetto di studio.

Le analisi sono state quindi differenziate in considerazione dello scenario transitorio e a regime secondo il modello di esercizio che lo caratterizza.

Per una visualizzazione cromatica dei livelli sonori lungo tutto il tracciato, sono state prodotte le *Mappe Acustiche* (cod. elaborati RR0P02R22N5IM0004001B+4B), relative ad un'altezza da piano campagna pari a 4 metri.

I livelli acustici di dettaglio calcolati in corrispondenza delle facciate maggiormente esposte sono riportati nell'elaborato *Livelli Acustici in facciata Ante e Post Mitigazione* (cod. elaborato RR0P02R22TTIM0004001B). All'interno di tale documento è possibile consultare i livelli sonori presso ogni piano di ciascun edificio indagato.

All'interno di tale documento è possibile consultare i livelli sonori presso ogni piano di ciascun edificio indagato: sono inoltre evidenziati tutti i ricettori per cui i livelli acustici in facciata simulati eccedono i limiti normativi previsti.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dal modello previsionale emerge come per lo scenario di progetto non persistono condizioni di superamento dei limiti normativi per il solo periodo di esercizio, ovvero il periodo diurno. Pertanto, non sarà necessari prevedere l'installazione di barriere antirumore.

I livelli acustici di dettaglio calcolati in corrispondenza delle facciate maggiormente esposte sono riportati nell'elaborato *Livelli Acustici in facciata Ante e Post Mitigazione* (cod. elaborato RR0P02R22TTIM0004001B). All'interno di tale documento è possibile consultare i livelli sonori presso ogni piano di ciascun edificio indagato.

## 7 CONCLUSIONI

Il progetto acustico è stato finalizzato alla verifica ed eventuale riduzione dei livelli acustici indotti dal traffico ferroviario per quei ricettori per i quali, dai risultati delle analisi previsionali, è stato riscontrato un superamento dei limiti di immissione e quindi al dimensionamento degli interventi di protezione acustica.

I risultati dello studio acustico hanno evidenziato che lo scenario di progetto non determina condizioni di superamento dei limiti normativi per il periodo di esercizio, ovvero il solo periodo diurno. Pertanto, non sarà necessario prevedere l'installazione di interventi di mitigazione, nella fattispecie, di barriere antirumore.