

**S.S. 45bis - Gardesana Occidentale**

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. MI92

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**PROGETTISTA:**

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè  
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

**IL GEOLOGO**

*Dott. Geol. Serena Majetta  
Ordine Geol. di Roma n. 928*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

*Dott. Ing. Laura Troiani  
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

**COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. Ing. Giancarlo Luongo*

PROTOCOLLO

DATA

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

**ANALISI AMBIENTALE**

Rumore - Studio acustico

**CODICE PROGETTO**

PROGETTO                      LIV. PROG.

**D P M I 0 0 9 2      D      1 8**

**NOME FILE**

T00IA35AMBRE01\_A.pdf

**CODICE ELAB.**

**T 0 0 I A 3 5 A M B R E 0 1**

REVISIONE

SCALA

**A**

-

D

C

B

A

EMISSIONE

Mar 2020

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Il presente documento è stato redatto dal tecnico competente in acustica Ing. Claudio Giannobile di cui si riportano di seguito i dati identificativi.

<p><b>Tecnico Competente</b></p>	<p></p> <p>ENTECA n°7391 - ex art.21, commi 2 e 4 Dlgs. 42/2017 (Regione Lazio – DG 04838 del 16.12.2013)</p>
----------------------------------	---

## INDICE

1	SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA	4
1.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	4
1.2	METODOLOGIA DI LAVORO UTILIZZATA	4
1.3	IL MODELLO DI SIMULAZIONE SOUNDPLAN	5
2	QUADRO CONOSCITIVO	7
2.1	CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO	7
2.2	RICETTORI	9
2.3	INDAGINI FONOMETRICHE	10
3	ANALISI DELLO SCENARIO DI PROGETTO	12
3.1	SCENARIO ANTE OPERAM	12
3.1.1	DATI DI INPUT	12
3.1.2	OUTPUT DEL MODELLO	13
3.2	SCENARIO POST OPERAM	16
3.2.1	DATI DI INPUT	16
3.2.2	OUTPUT DEL MODELLO	17
4	ANALISI DELLO SCENARIO "OPZIONE ZERO"	19
4.1	LA METODOLOGIA ASSUNTA	19
4.2	DATI DI INPUT	19
4.3	OUTPUT DEL MODELLO	19
5	ANALISI DELLO SCENARIO CORSO D'OPERA	21
5.1	DEFINIZIONE DELLO SCENARIO OPERATIVO	21
5.2	SCENARIO DI CORSO D'OPERA	22
5.2.1	DATI DI INPUT	22
5.2.2	DATI DI OUTPUT	24
5.3	SCENARIO DI CORSO D'OPERA POST MITIGAZIONE	26
5.3.1	DATI DI INPUT	26
5.3.2	DATI DI OUTPUT	26
6	RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	28
6.1	RUMORE STRADALE	28
6.2	RUMORE DI CANTIERE	29
7	APPENDICE	35
7.1	ANTE OPERAM – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI	35
7.2	POST OPERAM – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI	37
7.3	OPZIONE ZERO – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI	39
7.4	CORSO D'OPERA – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI	41
7.4.1	ANTE MITIGAZIONE	41
7.4.2	POST MITIGAZIONE	44

## 1 SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA

### 1.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Lo studio acustico si pone come obiettivo quello di definire e valutare i livelli di immissione acustici indotti sia dalla fase di esercizio dell'asse stradale della variante in galleria alla S.S. 45 bis nel comune di Gargnano, che dalle attività di cantiere connesse alla realizzazione delle opere di progetto.

In ragione di dette finalità, le azioni di progetto che concorrono all'alterazione del clima acustico sono:

- traffico veicolare, lungo l'asse stradale rappresentato dalla S.S.45 bis;
- mezzi di cantiere, connessi alla realizzazione delle diverse opere progettuali;
- traffici di cantiere relativi alla movimentazione degli inerti da scavo.

### 1.2 METODOLOGIA DI LAVORO UTILIZZATA

Lo studio acustico, finalizzato alla valutazione dei livelli di immissione indotti dal traffico veicolare lungo l'infrastruttura viaria, è esteso a tutti i ricettori compresi nell'area di studio definita secondo quanto prescritto dal quadro normativo di riferimento.

In virtù degli obiettivi che lo studio acustico si pone, questo è articolato in tre macro-sezioni.

La prima sezione è dedicata alla verifica del clima acustico indotto dal traffico veicolare, e quindi relativa alla fase di esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto. In questo caso si fa riferimento alle disposizioni definite dal DPR 142/2004, a norma dell'art.11 della Legge 26/10/1995 n.447, sia per la definizione dell'ambito di studio sia per i relativi limiti acustici da assumere nelle diverse fasce di pertinenza acustica.

All'interno di tale ambito di studio sono state analizzate le condizioni di esercizio secondo lo scenario attuale in assenza dell'opera (scenario Ante Operam), ovvero relativo alle attuali infrastrutture viarie che attraversano l'area di studio assunta, e nelle condizioni di esercizio future (scenario Post Operam) avendo assunto quale orizzonte di studio l'anno 2031.

La metodologia di lavoro assunta prevede una analisi conoscitiva preliminare dell'ambito di studio mediante classificazione e caratterizzazione acustica del territorio sulla base dei riferimenti normativi e delle indagini fonometriche eseguite, ed individuazione e censimento dei ricettori ricadenti all'interno dell'area di studio.

Successivamente mediante specifico software di modellazione acustica previsionale (Soundplan 8.1) sono stati sviluppati gli scenari di simulazione ante e post operam riferiti alle condizioni di esercizio dell'asse stradale secondo l'attuale configurazione infrastrutturale e prevista di progetto determinando per ciascuno sia la mappatura acustica calcolata a 4 m dal piano campagna rispetto al descrittore  $Leq(A)$  diurno e notturno sia i valori in facciata per ciascun edificio.

Dal confronto con i limiti normativi si evincono le eventuali zone che richiedono specifici interventi di mitigazione acustica e le eventuali soluzioni progettuali necessarie per il contenimento del rumore indotto.

La seconda sezione dello studio acustico è finalizzata invece alla valutazione delle condizioni di non intervento, ovvero allo scenario "Opzione Zero", caratterizzato da un modello di esercizio secondo una configurazione

infrastrutturale invariata e da un flusso di traffico incrementato secondo l'evoluzione prevista al 2031. Anche in questo caso le analisi previsionali intendono individuare le condizioni di esposizione al rumore stradale del territorio e dei ricettori all'interno dell'ambito di studio attraverso la determinazione della mappatura acustica al suolo e dei valori puntuali in facciata.

La terza ed ultima sezione è finalizzata alla verifica del rumore indotto dalle attività di cantiere connesse alla realizzazione dell'asse stradale di progetto. In tale fase di lavoro è stata sviluppata un'analisi qualitativa e quantitativa dei potenziali impatti acustici indotti dalle attività di cantiere necessarie alla realizzazione delle opere previste dal progetto. L'analisi degli impatti acustici in fase di corso d'opera è stata effettuata attraverso la metodologia del "Worst Case Scenario", ovvero individuando uno scenario operativo rappresentativo delle condizioni peggiori determinato al variare dell'operatività delle diverse sorgenti presenti all'interno dell'area di studio in funzione della tipologia di lavorazioni da eseguire. Anche in questo caso per la verifica delle interferenze sul clima acustico è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPlan 8.1.

Alle sorgenti di cantiere proprie delle relative aree operative sono stati considerati anche i traffici indotti connessi al trasporto dei materiali.

### 1.3 IL MODELLO DI SIMULAZIONE SOUNDPLAN

Il modello di calcolo utilizzato è SoundPlan versione 8.1: un software previsionale per effettuare simulazioni acustiche in grado di rappresentare al meglio le reali condizioni ambientali che caratterizzano il territorio studiato. Questo modello di simulazione è uno tra gli strumenti più completi oggi presenti sul mercato per la valutazione della propagazione del rumore prodotto da sorgenti di ogni tipo: da quelle infrastrutturali, quali ad esempio strade, ferrovie o aeroporti, a quelle fisse, quali ad esempio strutture industriali, impianti energetici, etc.

SoundPlan è uno strumento previsionale ad "ampio spettro", progettato per modellizzare la propagazione acustica in ambiente esterno prendendo in considerazione tutti i fattori interessati al fenomeno, come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, le barriere antirumore, il tipo di terreno e gli effetti meteorologici.

Tra i diversi standard di propagazione acustica per le strade, ferrovie o infrastrutture industriali, disponibili all'interno del software, è presente inoltre l'NMPB Routes 1996 riconosciuto dal Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n.194 «Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale» per il calcolo del livello acustico limitatamente alle infrastrutture viarie, e la sua versione aggiornata quale NMPB Routes 2008, utilizzata nel caso in specifico in studio.

Una delle principali innovazioni di questo software si riscontra proprio nella precisione di dettaglio con cui viene rappresentata la reale orografia del territorio.

L'area di studio viene caratterizzata orograficamente mediante l'utilizzo di file georeferenziati con la creazione di un DGM (Digital Ground Model) ottenuto attraverso algoritmo TIN (Triangular Irregular Network), che è ritenuto il più attendibile per la realizzazione di modelli digitali del terreno partendo da mappe vector. Questo sistema sfrutta alcune potenzialità del DEM (Digital Elevation Model) come la possibilità di mediare le distanze tra le isoipse, ma introduce, in caso di soli punti quotati noti, la tecnica di triangolazione ad area minima, crea cioè una serie di triangoli tridimensionali i quali hanno come vertici i punti quotati noti e con la minor area possibile e attribuisce a queste aree triangolari valori di quota calcolati sulla differenza dX, dY e dZ, ovvero le pendenze dei versanti.

La realizzazione di un file di input può essere coadiuvata dall'innovativa capacità del software di generare delle visualizzazioni tridimensionali del sito, mediante un vero e proprio simulatore di volo in cui è possibile impostare il percorso e la quota del volo, variabili anche in itinere del sorvolo secondo necessità; tale strumento permette di osservare graficamente la totalità dei dati di input immessi, verificandone la correttezza direttamente muovendosi all'interno di scenari virtuali tridimensionali.

Durante lo svolgimento delle operazioni matematiche, questo software permette di effettuare calcoli complessi e di archiviare tutti i livelli parziali collegati con le diverse sorgenti, per qualsiasi numero di punti di ricezione al fine di individuare i singoli contributi acustici. Inoltre, i livelli acustici stimati sui punti della griglia (mappe acustiche) possono essere sommati, sottratti ed elaborati, con qualsiasi funzione definita dall'utente.

Il software permette, infine, di ottenere in formato tabellare qualunque valore acustico si voglia conoscere di un ricettore, per ognuna delle sue facciate, per ogni piano, restituendo anche l'orientamento delle facciate rispetto alla sorgente sonora, la differenza di quota sorgente-ricettore ed altre informazioni presenti nel modello: è, ad esempio, in grado di effettuare calcoli statistici relativi all'impatto sonoro a cui è soggetta la popolazione presente nell'area di studio, seguendo i dettati delle ultime normative europee.

In ogni caso, SoundPlan presenta un'ampia flessibilità di gestione, permettendo di risolvere i differenti casi che di volta in volta è possibile incontrare.

In particolare, si osserva la possibilità di definire il materiale della struttura acustica in modo che presenti completo assorbimento acustico senza riflessione, definendo un coefficiente di riflessione per ognuna delle facce della barriera, o introducendo un coefficiente di assorbimento acustico differente in funzione della frequenza dell'onda sonora prodotta dalla sorgente.

I dati di input del modello sono i seguenti.

- Cartografia 3D: un fattore di fondamentale importanza per poter sviluppare una corretta modellizzazione acustica è la realizzazione di una cartografia tridimensionale compatibile con le esigenze "acustiche" del modello previsionale adottato. Per una precisa descrizione del terreno da inserire all'interno del modello è necessario definire all'interno del software le isoipse, l'edificato e le infrastrutture di trasporto interessate;
- Sorgenti stradali: per ogni infrastruttura è necessario definire la conformazione geometrica, i dati relativi ai flussi e alle velocità di percorrenza in ciascun tratto, il tipo di asfalto e il senso di marcia;
- Edifici: per ciascun edificio è necessario definire posizione e altezza;
- Griglia di calcolo: occorre definire la griglia di calcolo in cui verranno effettuate le simulazioni;
- Tempi di riferimento: secondo quanto predisposto dalla legge n°447 26/10/1995 e s.m.i. gli scenari temporali di riferimento sono due: diurno (6.00-22:00) e notturno (22:00-6:00).

## 2 QUADRO CONOSCITIVO

### 2.1 CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO

L'asse stradale principale si sviluppa lungo il territorio del Comune di Gragnano, mentre i cantieri base CB\_01, CB\_02, le aree di stoccaggio AS\_01 e AS\_02 sono situate all'interno del Comune di Tignale. Tali Comuni hanno stabilito i limiti acustici territoriali secondo il DPCM 14.11.1997 attraverso il Piano Comunale di Classificazione Acustica in accordo a quanto previsto dalla normativa di riferimento regionale e nazionale.

Provincia	Comune	Estremi di approvazione zonizzazione acustica
Brescia	Gragnano	D.C.C. n.3 del 4 febbraio 2011
Brescia	Tignale	D.C.C. n.28 del 29 novembre 2012

Tabella 2-1 Estremi di approvazione del Piano di Classificazione Acustica dei Comuni di Gragnano e di Tignale

Il quadro di insieme dei suddetti Piani è riportato nell'elaborato grafico allegato "Carta dei ricettori, zonizzazione acustica comunale e punti di misura" (T00IA35AMBCT01A).

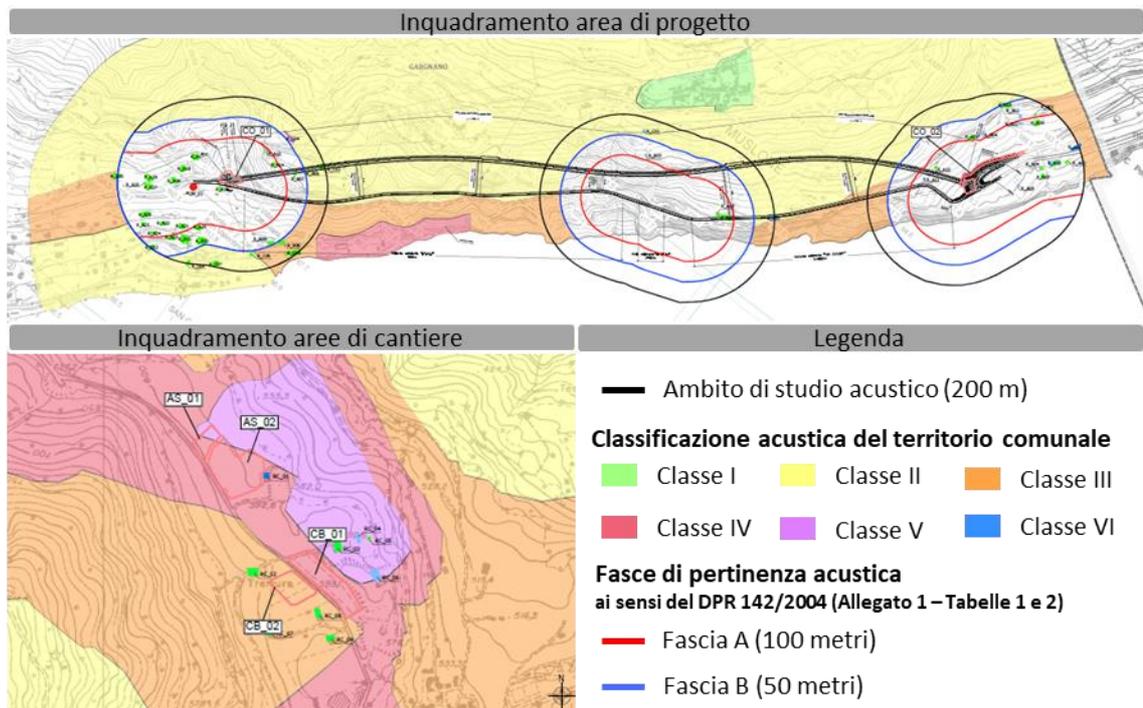


Figura 2-1: Planimetria zonizzazione acustica comunale e fasce di pertinenza acustica stradale ai sensi del DPR 142/2004 secondo l'attuale configurazione infrastrutturale e di progetto

Classi di destinazione d'uso del territorio	Valori limite di emissione- Leq in dB(A)		Valori limite di immissione- leq in dB(A)	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)	Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
 Classe I	45	35	50	40
 Classe II	50	40	55	45
 Classe III	55	45	60	50
 Classe IV	60	50	65	55
 Classe V	65	55	70	60
 Classe VI	65	65	70	70

Figura 2-2 Valori limite di emissione e immissione imposti dai P.C.C.A. Comunali

Per quanto riguarda il rumore di origine stradale, questo è regolamentato dal DPR 142/2004 in accordo a quanto previsto dalla Legge 447/95. Tale DPR stabilisce in funzione della tipologia e categoria di strada i relativi limiti acustici diurni e notturni e le fasce di pertinenza acustica. Nel caso in studio, l'opera in progetto ricade nel caso di strada assimilabile a esistente in quanto sia variante dell'attuale che di nuova realizzazione in affiancamento ad un'infrastruttura esistente, così come stabilito dal suddetto DPR all'art. 1 comma 1 lettera e): "1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto, si intende per: [...] e) affiancamento di infrastrutture stradali di nuova realizzazione a infrastrutture stradali esistenti: realizzazione di infrastrutture parallele a infrastrutture esistenti o confluenti, tra le quali non esistono aree intercluse non di pertinenza delle infrastrutture stradali stesse;". I limiti acustici sono pertanto individuati dal DPR stesso nell'ambito delle infrastrutture esistenti e indicati nella Tabella 2 dell'Allegato 1 previsto dall'articolo 3, comma 1 per la categoria di strada extraurbana secondaria ad unica carreggiata di tipo "Cb".

Nella Tabella 2-2 si riportano i valori acustici limite e le relative ampiezze delle fasce di pertinenza per il caso in esame.

Valori limite stabiliti per strade extraurbane esistenti

TIPO DI STRADA (secondo codice della strada)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
		Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
Cb – Extraurbana Secondaria	100 (fascia A)	50	40	70	60
	50 (fascia B)			65	55

Tabella 2-2: Valori limite stabiliti per strade di nuova realizzazione e strade esistenti o assimilabili a esistenti

Al di fuori di tali fasce di pertinenza, valgono i limiti acustici territoriali definiti dai Comuni interessati nell'ambito del proprio territorio (cfr. DPR 14.11.1997). A riguardo si è considerata una ulteriore fascia di 50 m oltre la fascia di pertinenza acustica stradale "B" all'interno della quale è stata considerata la vigente zonizzazione acustica del Comune di Gragnano.

All'interno dell'ambito di studio non sono presenti infrastrutture di trasporto concorsuali, pertanto non è stato reso



In riferimento alla destinazione d'uso, i ricettori sono classificati in residenziali, dismessi, sensibili, terziario e luoghi di culto. I ricettori così identificati sono stati codificati con la denominazione R\_A se ricadenti nella fascia dell'ambito di studio di ampiezza pari a 100 metri dal ciglio stradale, R\_B per i ricettori posti nella fascia tra i 100 e i 150 metri di distanza dal ciglio stradale ed infine R\_C per i ricettori posti nella fascia tra i 150 e i 200 metri. Nel complesso all'interno dell'ambito di studio sono stati individuati 50 ricettori di cui:

- 40 residenziali;
- 9 terziari;
- 1 luogo di culto/religioso;
- 1 edificio abbandonato
- 0 sensibili (scuole ed ospedali).

In funzione di quanto indicato dalla normativa di riferimento, si è fatto riferimento ai seguenti valori limite nel periodo diurno/notturno in funzione della destinazione d'uso del ricettore.

### 2.3 INDAGINI FONOMETRICHE

Per la caratterizzazione allo stato attuale è stata effettuata una campagna fonometrica mediante installazione di un fonometro di classe I lungo l'asse stradale ad una distanza di circa 2 metri dal ciglio. La metodica di monitoraggio utilizzata è coerente con quanto previsto dal DM 16.03.1998 per il rumore da traffico stradale, ovvero un campionamento in continuo del livello equivalente di pressione sonora ponderata A con una frequenza di campionamento pari a 100 ms per un periodo complessivo di 7 giorni (18 ottobre – 24 ottobre 2018). Dall'analisi in post elaborazione dei dati acustici rilevati sono stati determinati i  $Leq(A)$  nei tempi di riferimento TR diurno (6:00-22:00) e notturno (22:00-6:00) per ciascun giorno.

Durante l'intero periodo di misura sono state riscontrate condizioni meteo conformi alle prescrizioni normative.

Nell'elaborato grafico "Carta dei ricettori, zonizzazione acustica comunale e punti di misura" (T00IA35AMBCT01A) è indicato il punto di rilievo della suddetta campagna di indagine.

Per la postazione è stato calcolato, in fase di analisi dati, il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A e i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99 nei periodi di riferimento diurni (6.00 – 22.00) e notturni (22.00 – 6.00) come valori complessivi e come scomposizione oraria.

Nella seguente tabella è riportato l'ubicazione del punto di misura scelto per la campagna fonometrica.

### Localizzazione

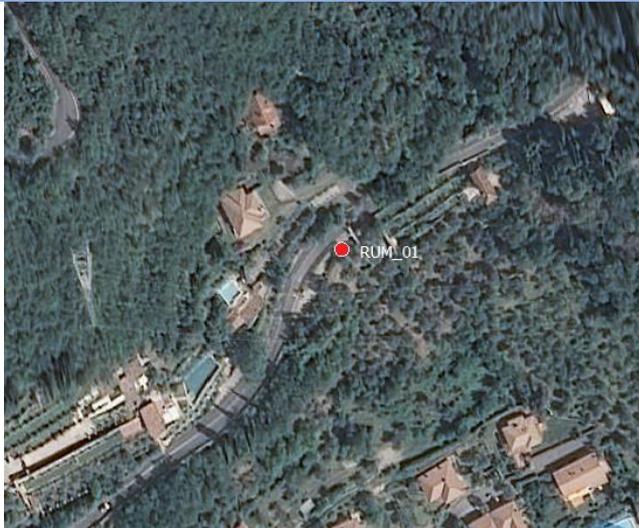
Coordinate GPS		
<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>	
45°42'9.93"N	10°40'50.28"E	
<b>Regione</b>	Lombardia	
<b>Provincia</b>	Brescia	
<b>Comune</b>	Gargnano	
<b>Località</b>	Muslone	
<b>Sorgente principale</b>	SS 45 bis	

Tabella 2-4 Localizzazione punto di misura RUM01

Le misure sono finalizzate sia alla caratterizzazione del rumore nell'area interessata al rumore stradale dall'attuale asse viario ovvero il rumore ambientale sia per la caratterizzazione del rumore stradale e quindi per la verifica dell'attendibilità della modellazione acustica, che verrà approfondita nei paragrafi successivi.

Di seguito è riportata una sintesi dei valori del Leq(A) divisi per periodo diurno e periodo notturno.

Punto di misura	Inizio	Fine	Leq(A) - diurno	Leq(A) - notturno
<b>RUM01</b>	18/10/2018	24/10/2018	64,8	55,8

Tabella 2-5 Risultati indagine fonometrica in Leq(A)

Per un maggior approfondimento si rimanda all'elaborato "Rapporto di misura rilievi acustici T00IA35AMBRE02A"

### 3 ANALISI DELLO SCENARIO DI PROGETTO

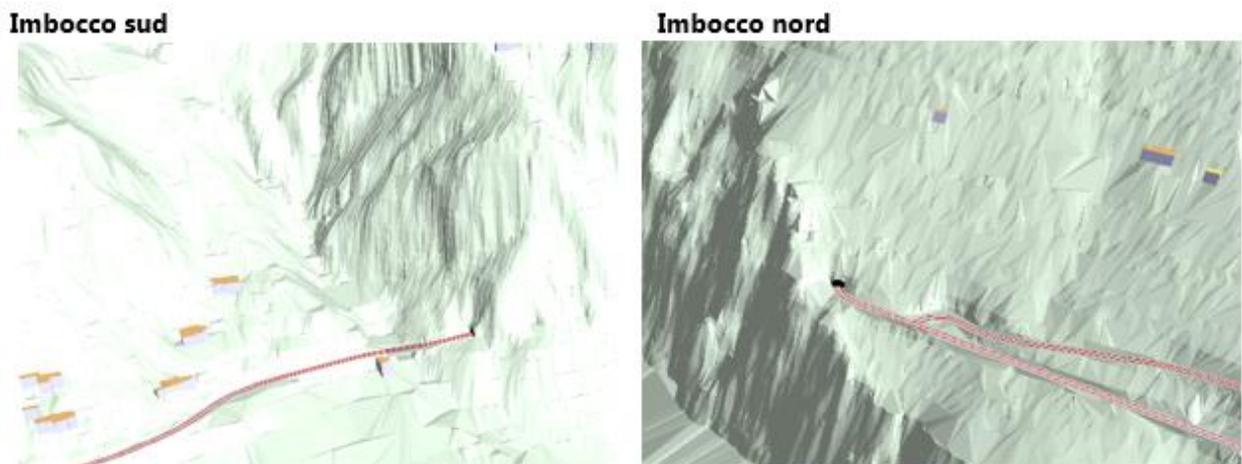
#### 3.1 SCENARIO ANTE OPERAM

##### 3.1.1 DATI DI INPUT

###### **Parametri territoriali**

Il primo step della modellazione acustica consiste nella ricostruzione all'interno del modello previsionale delle condizioni territoriali, ovvero l'orografia del territorio e gli elementi di antropizzazione del territorio ovvero edifici, strade, etc. che contribuiscono alla morfologia stessa dell'area di studio e quindi alla propagazione acustica del rumore stradale.

Attraverso i dati cartografici territoriali è stato costruito il DGM, ovvero una modellazione digitale del terreno mediante interpolazione dei dati orografici inseriti in termini di linee di elevazione, punti quota, infrastrutture esistenti ed edifici rilevati in fase di censimento.



*Figura 3-1 Modellazione tridimensionale in SoundPlan dello scenario Ante Operam, esempio di costruzione del DGM in prossimità dei due imbocchi alle gallerie*

###### **Sorgente stradale**

Nel caso in studio l'asse stradale SS45bis è la sorgente acustica viaria oggetto di studio. Oltre quindi ad inserire le caratteristiche geometriche della stessa secondo l'attuale configurazione per la costruzione del terreno, sono stati definiti i seguenti ulteriori parametri per poterne determinare il contributo emissivo acustico e quindi i livelli in Leq(A) indotti sul territorio e sui ricettori in funzione del modello di esercizio assunto.

In tal senso sono stati definiti i seguenti parametri:

###### **Sezione stradale**

La sezione attuale della SS45bis nel tratto in studio è caratterizzata da un'unica carreggiata con una corsia per senso di marcia. Nel modello quindi questa è stata costruita come strada ad unica carreggiata con doppia linea di emissione, una per corsia per senso di marcia.

### Flussi di traffico

Come noto la normativa in materia di inquinamento acustico individua due tempi di riferimento, rispetto ai quali occorre definire i flussi di traffico stradale in termini di valori giornalieri medi (TGM) distinti tra veicoli leggeri e pesanti e periodo diurno (6:00-22:00) e notturno (22:00-6:00).

Nella tabella seguente si riportano i dati di traffico considerati per la modellazione acustica Ante Operam.

SS45bis	TGM Diurno		TGM Notturno	
	V. Leggeri	V. Pesanti	V. Leggeri	V. Pesanti
<b>Intero tratto</b>	6.443	308	716	34

*Tabella 3-1 Dati di traffico implementati all'interno del modello di calcolo SoundPlan per lo scenario Ante Operam*

### Velocità di percorrenza

Rispetto a tale parametro è stata assunta una velocità media di percorrenza pari a 40 km/h sia per i veicoli leggeri che pesanti in entrambi i periodi temporali di riferimento con una condizione di flusso di traffico di tipo “fluidico”.

### Tipologia di asfalto

Come noto la tipologia di asfalto influenza l'emissione acustica della sorgente stradale. Nel caso specifico allo stato attuale è stato considerato un asfalto di tipo BBTM 0/6, ovvero in conglomerato bituminoso molto sottile, con una età del fondo stradale pari a 10 anni.

### 3.1.2 OUTPUT DEL MODELLO

Come detto nel capitolo introduttivo i risultati della modellazione acustica permettono di determinare le condizioni di esposizione al rumore stradale del territorio e dei ricettori contermini l'infrastruttura ricadenti all'interno dell'ambito di studio in termini sia di mappatura acustica al suolo che di valori puntuali rispetto al descrittore acustico Leq(A) nel periodo diurno e notturno.

Prima di determinare gli output del modello necessari per le successive analisi di interferenza occorre verificare l'attendibilità della modellazione acustica mediante il confronto tra i valori misurati in corrispondenza della postazione fonometrica con quelli calcolati dal modello replicando la stessa posizione del microfono.

### Verifica affidabilità modellazione acustica

La verifica di affidabilità della modellazione acustica intende determinare il grado di attendibilità del risultato della simulazione ottenuta mediante il confronto con il dato puntuale determinato in fase di post elaborazione dei dati fonometrici rilevati durante l'indagine effettuata.

L'indagine fonometrica consta di una misura settimanale, in questo caso per il confronto si è considerato il valore medio del Leq(A) diurno e notturno dei sette giorni di misura, ovvero non considerare la fluttuazione dei diversi periodi di funzione sia dei flussi di traffico che delle condizioni di propagazione. Il risultato ottenuto evidenziato in tabella seguente mostra come la modellazione acustica risulti attendibile e in grado di fornire un dato acustico calcolato in termini di mappatura acustica e livello puntuale in prossimità degli edifici sufficientemente valido per le analisi di interferenze. La variazione dell'ordine del  $\pm 1$  dB(A) riscontrata può essere imputabile alla variazione del flusso

veicolare nel periodo diurno/notturno durante il periodo di misura rispetto al dato TGM assunto nelle modellazioni acustiche. Inoltre, la sovrastima del modello nel periodo notturno introduce comunque un ulteriore fattore cautelativo nella modellazione previsionale essendo certamente tale periodo quello maggiormente critico in virtù dei limiti acustici inferiori previsti dalla normativa.

Punto	Leq(A) simulato		Leq(A) misurato		Differenza	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
RUM_01	64.0 dB(A)	57.0 dB(A)	64.8 dB(A)	55.8 dB(A)	-0.8 dB(A)	+1.2 dB(A)

*Tabella 3-2 Verifica di attendibilità della modellazione acustica: confronto valori acustici calcolati dal modello e rilevati dal fonometro durante la campagna fonometrica*

### **Mappatura acustica**

Il primo output della modellazione previsionale acustica è in termini di mappatura acustica al suolo, ovvero di curve di isolivello acustico in termini di Leq(A) calcolate ad una altezza dal piano campagna di 4 metri. Essendo l'area di indagine caratterizzata da una morfologia particolarmente complessa, il calcolo è stato impostato con una griglia di calcolo di 3 metri e un ordine di riflessioni pari a 3. Il metodo di calcolo del rumore stradale è quello francese NMPB Routes, quale riferimento nel contesto normativo nazionale, nella versione più aggiornata 2008.

La mappatura acustica riferita allo stato attuale, nei due periodi temporali di riferimento, è rappresentata in termini di curve di isolivello acustico in Leq(A) negli elaborati grafici allegati T00IA35AMBCT02A.

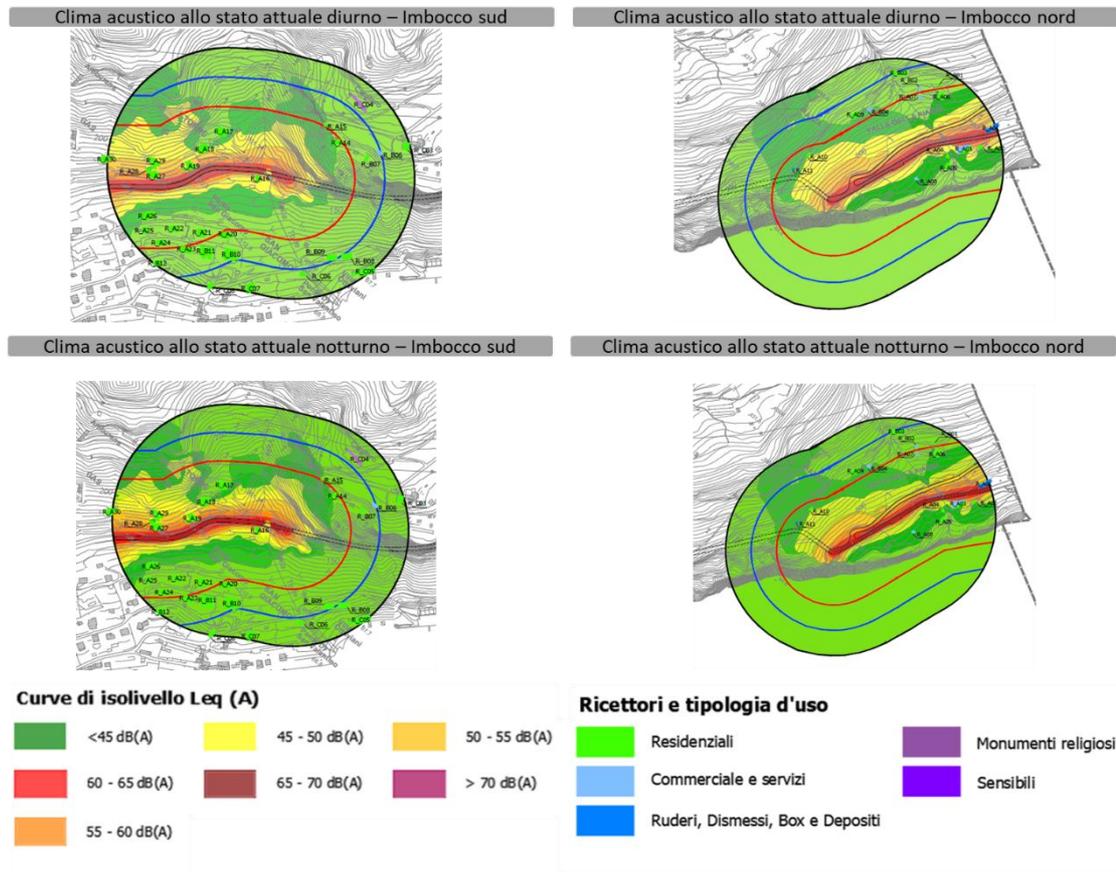


Figura 3-2: Scenario Ante Operam: mappatura acustica al suolo nel periodo diurno e notturno

### Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

Il secondo output dello studio acustico previsionale consiste nei valori puntuali di  $Leq(A)$  calcolati in prossimità di ciascun edificio all'interno dell'ambito di studio secondo la destinazione d'uso e, di conseguenza, del valore limite di riferimento (cfr. Tabella 2-3). Il calcolo è stato determinato considerando una distanza di 1 metro dalla facciata dell'edificio per ciascun piano dello stesso.

La tabella complessiva dei valori calcolati in facciata è riportata in appendice. Per ciascun edificio è indicata la destinazione d'uso, il relativo limite di immissione acustica e i valori calcolati in  $Leq(A)$  nel periodo diurno/notturno.

## 3.2 SCENARIO POST OPERAM

### 3.2.1 DATI DI INPUT

#### **Parametri territoriali**

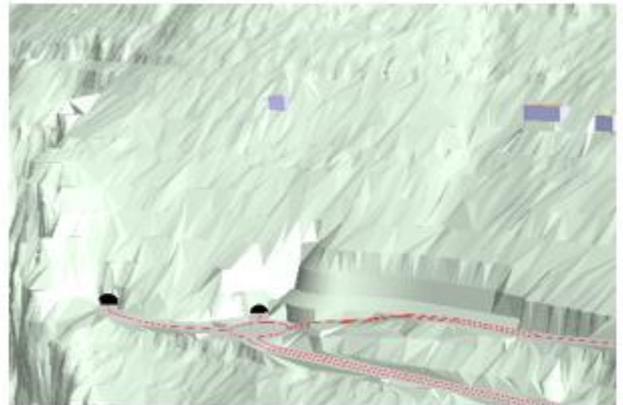
Rispetto all'insieme dei parametri territoriali, lo scenario post operam è caratterizzato dalla modifica della morfologia in prossimità degli imbocchi della galleria attuale data la realizzazione della seconda canna in affiancamento all'esistente e i tratti in cui confluiscono le due carreggiate.

La modellazione acustica è stata quindi implementata in funzione del layout di progetto modificando quindi l'orografia in funzione dei nuovi imbocchi e opere edili connesse nonché implementando la nuova viabilità sia a sud che a nord dove è prevista la realizzazione di una nuova rotonda in cui confluiscono le due carreggiate e la viabilità comunale.

**Imbocco sud**



**Imbocco nord**



*Tabella 3-3 Modellazione tridimensionale in SoundPlan dello scenario Post Operam, esempio di costruzione del DGM in prossimità dei due imbocchi alle gallerie*

#### **Sorgente stradale**

Il modello di esercizio di progetto risulta modificato rispetto allo stato attuale in virtù della realizzazione della nuova galleria in affiancamento all'esistente e al loro utilizzo in senso unico mediante separazione del traffico stradale nelle due direzioni. L'attuale galleria sarà utilizzata in senso unico per il traffico in direzione nord, quella di nuova realizzazione esclusivamente per il traffico in direzione sud. In prossimità degli imbocchi sud le due carreggiate confluiscono nell'attuale viabilità costituita da un'unica carreggiata, in corrispondenza invece degli imbocchi nord le due viabilità confluiscono in un'unica carreggiata mediante una rotonda data la presenza della viabilità comunale e quindi del nodo di interscambio di traffico.

Rispetto quindi a tale configurazione sono state apportate le seguenti modifiche:

#### **Sezione stradale**

Dato il nuovo assetto geometrico della SS54bis nel tratto in studio la sezione stradale cambia a seconda degli archi di riferimento. Nello specifico lungo i tratti a singola carreggiata con una corsia per senso di marcia le caratteristiche

inserite nel modello rimangono inalterate, ovvero come un'unica strada con doppia linea emissiva in corrispondenza di ciascuna corsia.

Per i tratti in prossimità degli imbocchi, ovvero laddove è prevista una singola carreggiata con una corsia per senso di marcia, la sorgente stradale è stata implementata nel modello come una singola linea emissiva posta al centro della corsia. Identica condizione per la rotonda in prossimità dell'imbocco nord.

#### Flussi di traffico

Analogamente allo stato attuale si è fatto riferimento ai flussi di traffico in termini di TGM distinti tra periodo diurno/notturno e veicoli leggeri/pesanti. Quale orizzonte temporale si è fatto riferimento all'anno 2031. Nella tabella seguente si riportano i dati di traffico implementati nel modello previsionale per ciascun arco stradale:

SS45bis	TGM Diurno		TGM Notturno	
	V. Leggeri	V. Pesanti	V. Leggeri	V. Pesanti
<b>Carreggiata doppio senso</b>	7.551	373	839	42
<b>Galleria attuale</b>	3.896	175	433	20
<b>Galleria di nuova realizzazione</b>	3.655	198	406	22

*Tabella 3-4 Dati di traffico implementati all'interno del modello di calcolo SoundPlan per lo scenario Post Operam*

#### Velocità di percorrenza

La velocità dei veicoli è stata modificata in virtù del nuovo assetto infrastrutturale che permette un miglioramento delle condizioni di percorrenza. Nello specifico è stata considerata una velocità media pari a 75 km/h per i veicoli leggeri e 50 km/h per quelli pesanti con, in entrambi i casi, una condizione di flusso di traffico di tipo "fluid".

#### Tipologia di asfalto

Non è stata apportata alcuna modifica alla tipologia di asfalto rispetto allo stato attuale.

### 3.2.2 OUTPUT DEL MODELLO

Anche in questo caso l'output del modello è sia in termini di curve di isolivello acustico in Leq(A) sia in termini di valori puntuali in corrispondenza dei diversi edifici presenti nell'ambito di studio.

#### Mappatura acustica

Le curve di rumore in Leq(A) sia per il periodo diurno che notturno sono state calcolate ad una altezza di 4 metri dal piano campagna con una griglia di calcolo impostata con passo pari a 3 metri e un ordine di riflessione di 3. Queste sono riportate negli elaborati grafici allegati T00IA35AMBCT03A.

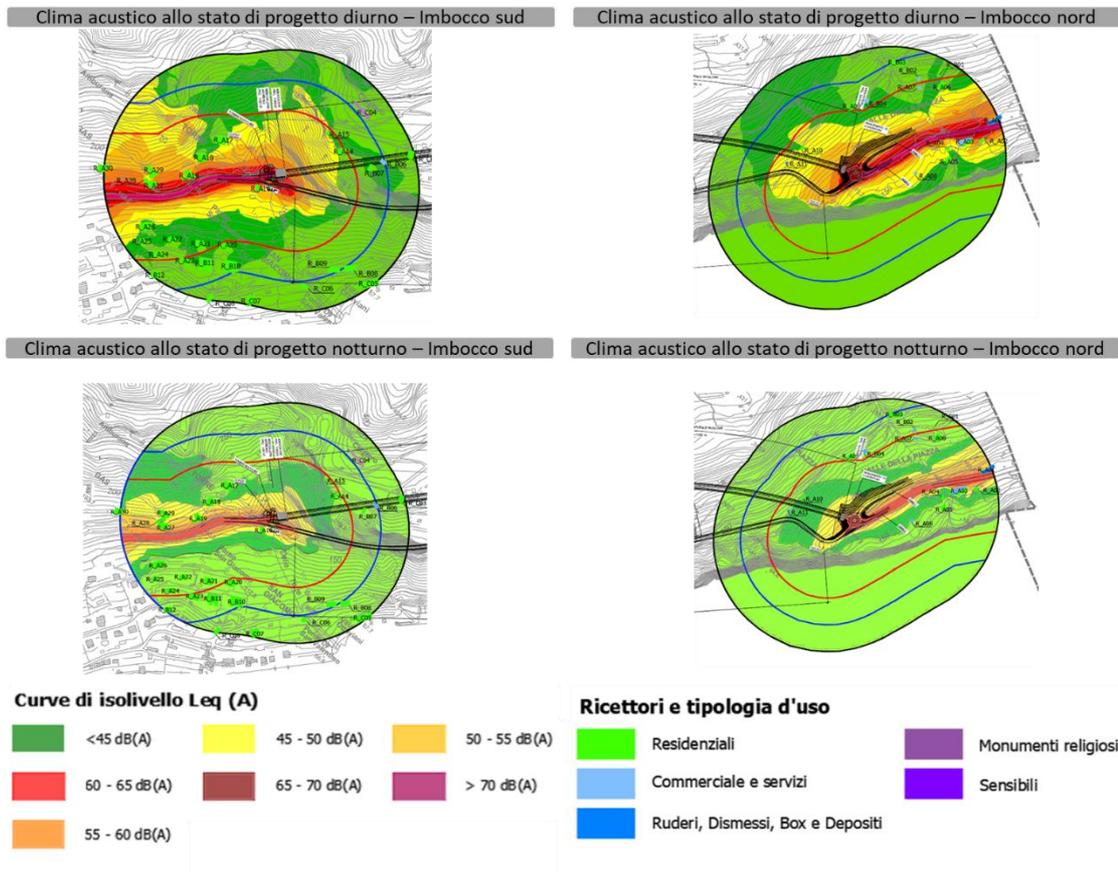


Figura 3-3: Scenario Post Operam: mappatura acustica al suolo nel periodo diurno e notturno

### Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

In corrispondenza dei ricettori individuati all'interno dell'ambito di studio sono stati determinati i livelli acustici puntuali in corrispondenza di ciascun piano e facciata esposta al rumore stradale. Questi sono stati calcolati ad una distanza di 1 metro dalla facciata considerando un ordine di riflessione pari a 3.

I risultati sono riportati in forma tabellare in appendice.

## 4 ANALISI DELLO SCENARIO “OPZIONE ZERO”

### 4.1 LA METODOLOGIA ASSUNTA

Per scenario “opzione zero” si intende la condizione previsionale al 2031 in assenza di realizzazione dell’opera in progetto, ovvero nel caso specifico quanto accadrebbe da un punto di vista acustico se lungo il tratto della SP54bis il traffico stradale continuerebbe ad utilizzare unicamente l’attuale galleria in maniera bidirezionale.

Sempre attraverso una analisi modellistica previsionale con il software Soundplan è stata determinata la rumorosità indotta dal traffico stradale lungo la SP54bis secondo i flussi di traffico previsti all’anno 2031. In tale sede infatti si intende mettere a confronto le risultanze dell’analisi delle interferenze acustiche secondo i due modelli di esercizio ovvero in presenza della nuova galleria in affiancamento all’esistente, e quindi un loro utilizzo in maniera monodirezionale, oppure il mantenimento dell’attuale infrastruttura con l’utilizzo della galleria nelle due direzioni. Tale analisi permette di verificare eventuali vantaggi e/o svantaggi che l’opera determinerebbe sulla rete stradale a servizio del territorio rispetto al tema dell’interferenza acustica. L’analisi previsionale si basa sulla stessa metodologia utilizzata per lo studio dello scenario di progetto.

### 4.2 DATI DI INPUT

Per quanto concerne i dati di input, essendo lo scenario denominato “opzione zero” riferito alla condizione previsionale 2031 in assenza di intervento, si è fatto riferimento al modello previsionale costruito per lo stato ante operam modificando i flussi di traffico secondo i volumi indicati al 2031. Rimangono invariate anche le condizioni e velocità di percorrenza, sezione stradale, etc.

SS45bis	TGM Diurno		TGM Notturno	
	V. Leggeri	V. Pesanti	V. Leggeri	V. Pesanti
<b>Intero tratto</b>	7.551	373	839	42

*Tabella 4-1 Dati di traffico implementati all’interno del modello di calcolo SoundPlan per lo scenario Opzione Zero*

### 4.3 OUTPUT DEL MODELLO

Gli output del modello previsionale sono sempre in termini di mappatura acustica al suolo calcolata a 4 metri al suolo e costituita dalle curve di rumore in Leq(A) nel periodo diurno e notturno e i valori puntuali determinati per ciascun edificio all’interno dell’ambito di studio ad una distanza di 1 metro dalla facciata per ciascun piano e facciata esposta al rumore stradale.

#### **Mappatura acustica**

I risultati in termini di mappatura acustica al suolo sono riportati negli elaborati grafici allegati T00IA35AMBCT04A.

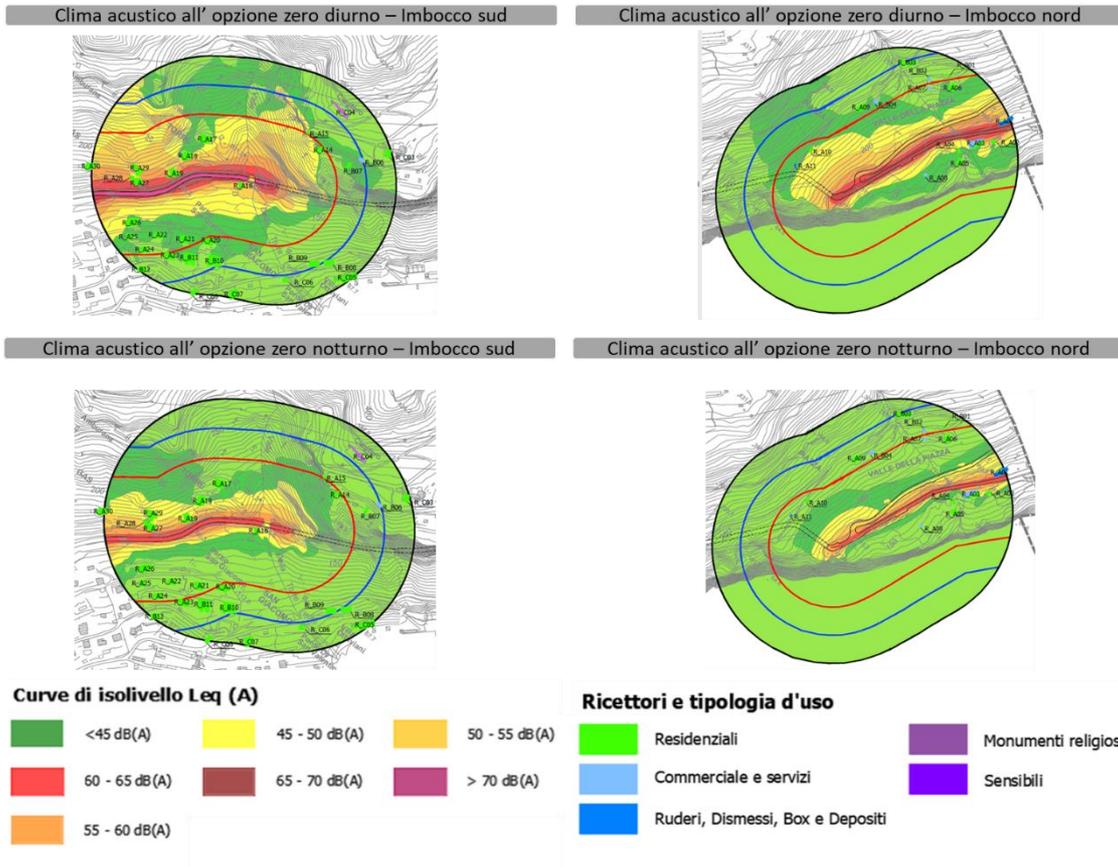


Figura 4-1: Scenario Opzione Zero: mappatura acustica al suolo nel periodo diurno e notturno

### Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

I risultati puntuali in prossimità degli edifici sono riportati altresì in forma tabellare in appendice.

## 5 ANALISI DELLO SCENARIO CORSO D'OPERA

### 5.1 DEFINIZIONE DELLO SCENARIO OPERATIVO

La metodologia assunta per l'analisi delle interferenze rispetto al clima acustico riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del "Worst Case Scenario". Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio al rumore indotto rispetto ai limiti acustici territoriali possano essere individuate le eventuali soluzioni di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti. L'analisi tiene conto dell'insieme delle diverse attività di cantiere in funzione della localizzazione delle diverse aree di lavoro e del trasporto dei materiali dall'area di stoccaggio.

In virtù della particolare configurazione operativa del cantiere nel caso specifico lo studio è stato differenziato per le diverse porzioni di territorio, nello specifico sono state considerate:

- Aree operative di lavoro, in prossimità dei due imbocchi alle gallerie, nelle quali si esplicano le attività di cantiere connesse alla realizzazione delle opere di progetto;
- Cantiere base, localizzato nel comune di Tignale lungo la SP3B, all'interno del quale è presente sia l'impianto di frantumazione che quello di betonaggio per i fabbisogni di cls.
- Aree di stoccaggio temporaneo dei materiali poste in adiacenza al cantiere base e posizionate lungo la SP3B.

Data quindi la differente localizzazione spaziale delle principali aree di lavoro, lo studio acustico previsionale prende in considerazione tre distinti scenari:

- Cantiere operativo imbocco sud, nel comune di Gargnano in prossimità dell'attuale imbocco sud della galleria d'Acli lungo la SS45bis;
- Cantiere operativo imbocco nord, nel comune di Gargnano in prossimità dell'attuale imbocco nord della galleria dei Ciclopi lungo la SS45bis;
- Cantiere base e aree di stoccaggio temporaneo, nel comune di Tignale nelle aree individuate lungo la SP3B.

Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta delle lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione. In tal senso gli scenari riferiti ai cantieri operativi in prossimità degli imbocchi alla galleria di progetto tiene conto di una modalità di scavo mediante esplosivo in quanto certamente caratterizzata da un livello emissivo maggiore seppur concentrata in pochi secondi e limitata ad una frequenza di uno/due eventi nell'intero periodo di attività del cantiere. Altresì lo scenario riferito al cantiere base tiene conto del funzionamento in continuo degli impianti di betonaggio e frantumazione, oltre che alle attività di stoccaggio inerti, che certamente costituiscono una condizione di maggior interferenza in virtù della loro operatività in continuo durante il periodo di attività diurna. Tutti gli scenari si limitano al solo periodo diurno, in quanto in tutti i casi non sono previste attività o lavorazioni nel periodo notturno.

In virtù di quanto detto gli scenari assunti nelle simulazioni acustiche previsionali sono:

Tipologia cantiere	Lavorazioni	Sorgenti acustiche
<b>Imbocco sud</b>	Scavo mediante esplosivo	Esplosivo
	Movimentazione e stoccaggio temporaneo materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Ventilazione galleria	Impianto ventilazione/aspirazione aria Gruppo elettrogeno
<b>Imbocco nord</b>	Scavo mediante esplosivo	Esplosivo
	Movimentazione e stoccaggio temporaneo materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Ventilazione galleria	Impianto ventilazione/aspirazione aria Gruppo elettrogeno
<b>Cantiere base e aree di stoccaggio temporaneo</b>	Frantumazione inerti da scavo	Impianto di frantumazione
	Produzione calcestruzzi	Impianto di betonaggio
	Movimentazione e stoccaggio materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Trasporto terre alle aree di stoccaggio	Traffico cantiere

Tabella 5-1 Caratterizzazione degli scenari oggetto di studio riferiti alla fase di Corso d'Opera individuati secondo la metodologia del "worst case scenario"

## 5.2 SCENARIO DI CORSO D'OPERA

### 5.2.1 DATI DI INPUT

#### Parametri territoriali

Analogamente alle modellazioni acustiche sviluppate per la fase di esercizio, anche in questo caso il primo step consiste nella ricostruzione della morfologia del territorio interessato dalle attività di cantiere. Attraverso i dati cartografici territoriali è stata modellata l'orografia dell'area di studio mediante interpolazione delle linee di elevazione, punti quota, infrastrutture, etc.

#### Modellazione acustica

Le sorgenti acustiche connesse ai macchinari operativi sono state considerate come puntiformi, poste ad un'altezza relativa sul terreno pari a 1,5 metri.

Per quanto concerne le aree di stoccaggio, sono state imputate come sorgenti areali, mentre l'impianto di frantumazione e l'impianto di betonaggio come sorgenti areali poste ad un'altezza pari a 4 metri.

Per ogni lavorazione precedentemente indicata è stato individuato il numero e la tipologia di macchinari presenti e le relative grandezze di riferimento per la loro caratterizzazione acustica, quali il livello di potenza sonora e lo spettro di emissione in bande di ottava. In

Mezzi di cantiere	Analisi spettrale [Hz]								dB(A)	Tot.	
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		N° mezzi	% effettiva di impiego
Ventolino	91,1	89,2	80,7	79,6	76,8	73,4	69,9	58,6	86,9	2	100
Gruppo elettrogeno	99,9	107,5	98,5	92,4	93,7	92	88,9	84,1	99,4	2	100

#### Cantiere base CB\_01

Mezzi di cantiere	Analisi spettrale [Hz]								dB(A)	Tot.	
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		N° mezzi	% effettiva di impiego
Impianto di frantumazione	107,6	123,6	114,9	113,8	112,4	110,3	105,4	98,8	117,6	1	80
Impianto di betonaggio	100,1	91,3	92,3	91,5	91,2	87	82,8	74,4	100,1	1	80

#### Area di stoccaggio

Mezzi di cantiere	Analisi spettrale [Hz]								dB(A)	Tot.	
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		N° mezzi	% effettiva di impiego
Pala gommata	112,5	103,2	100,0	100,5	98,3	95,3	90,5	85,0	103,1	1	50
Autocarro	99,2	107,6	98,9	94	96	98,1	97	95,5	92,8	1	50
Escavatore	99	111,2	117,1	110,6	107,1	104,3	102,2	100,3	96	1	50

Tabella 5-2 sono riportate le caratteristiche emissive associate ai mezzi d'opera presenti nelle aree di cantiere desunte dalla letteratura di settore.

#### Cantiere operativo CO\_01

Mezzi di cantiere	Analisi spettrale [Hz]								dB(A)	Tot.	
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		N° mezzi	% effettiva di impiego
Ventolino	91,1	89,2	80,7	79,6	76,8	73,4	69,9	58,6	86,9	2	50
Gruppo elettrogeno	99,9	107,5	98,5	92,4	93,7	92	88,9	84,1	99,4	1	50

#### Cantiere operativo CO\_02

Mezzi di cantiere	Analisi spettrale [Hz]								dB(A)	Tot.	
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		N° mezzi	% effettiva di impiego
Ventolino	91,1	89,2	80,7	79,6	76,8	73,4	69,9	58,6	86,9	2	100
Gruppo elettrogeno	99,9	107,5	98,5	92,4	93,7	92	88,9	84,1	99,4	2	100

#### Cantiere base CB\_01

Mezzi di cantiere	Analisi spettrale [Hz]								dB(A)	Tot.	
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		N° mezzi	% effettiva di impiego

Mezzi di cantiere	Area di stoccaggio								dB(A)	Tot. N° mezzi	% effettiva di impiego
	Analisi spettrale [Hz]										
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K			
Impianto di frantumazione	107,6	123,6	114,9	113,8	112,4	110,3	105,4	98,8	117,6	1	80
Impianto di betonaggio	100,1	91,3	92,3	91,5	91,2	87	82,8	74,4	100,1	1	80
Pala gommata	112,5	103,2	100,0	100,5	98,3	95,3	90,5	85,0	103,1	1	50
Autocarro	99,2	107,6	98,9	94	96	98,1	97	95,5	92,8	1	50
Escavatore	99	111,2	117,1	110,6	107,1	104,3	102,2	100,3	96	1	50

Tabella 5-2 Livello di potenza sonora e spettro emissivo calcolato per lo scenario di riferimento

Si evidenzia che per caratterizzare la sorgente acustica relativa alle attività di scavo tramite l'utilizzo di esplosivo si è fatto riferimento a dati sperimentali relativi ad una campagna fonometrica di un caso studio simile a quello in oggetto. La sorgente emissiva è stata quindi imputata con frequenza centrale a 500 Hz, di durata pari a 10s al fine con una frequenza pari ad una volata/giorno così come indicato nell'elaborato "Relazione di cantierizzazione - T00CA00CANRE01A".

Per quanto concerne le aree di stoccaggio situate nel comune di Tignale congiuntamente alle sorgenti emmissive esplicitate in Tabella 5-2 è stato considerato il traffico indotto dalle attività di movimentazione delle terre.

Nello specifico è stato considerato lo scenario più critico legato alla Fase 2 della realizzazione dell'opera in cui è previsto un traffico di cantiere pari a 66 mezzi/giorno e ad essi è stata correlata una velocità di 30 Km/h.

Per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività, nel solo periodo diurno e nell'arco temporale tra le 8:00 – 17:00, per un totale di 8 ore lavorative con un'ora di pausa.

## 5.2.2 DATI DI OUTPUT

### Mappatura acustica

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in Leq(A) in termini di mappature acustiche, calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo. La griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 10 metri, mentre l'ordine di riflessione è stato assunto pari a 3.

Le curve di isolivello acustico, relative al solo periodo diurno, sono rappresentate nella tavola "Mappe impatto acustico in corso d'opera (diurno)" (T00IA35AMBCT05A).

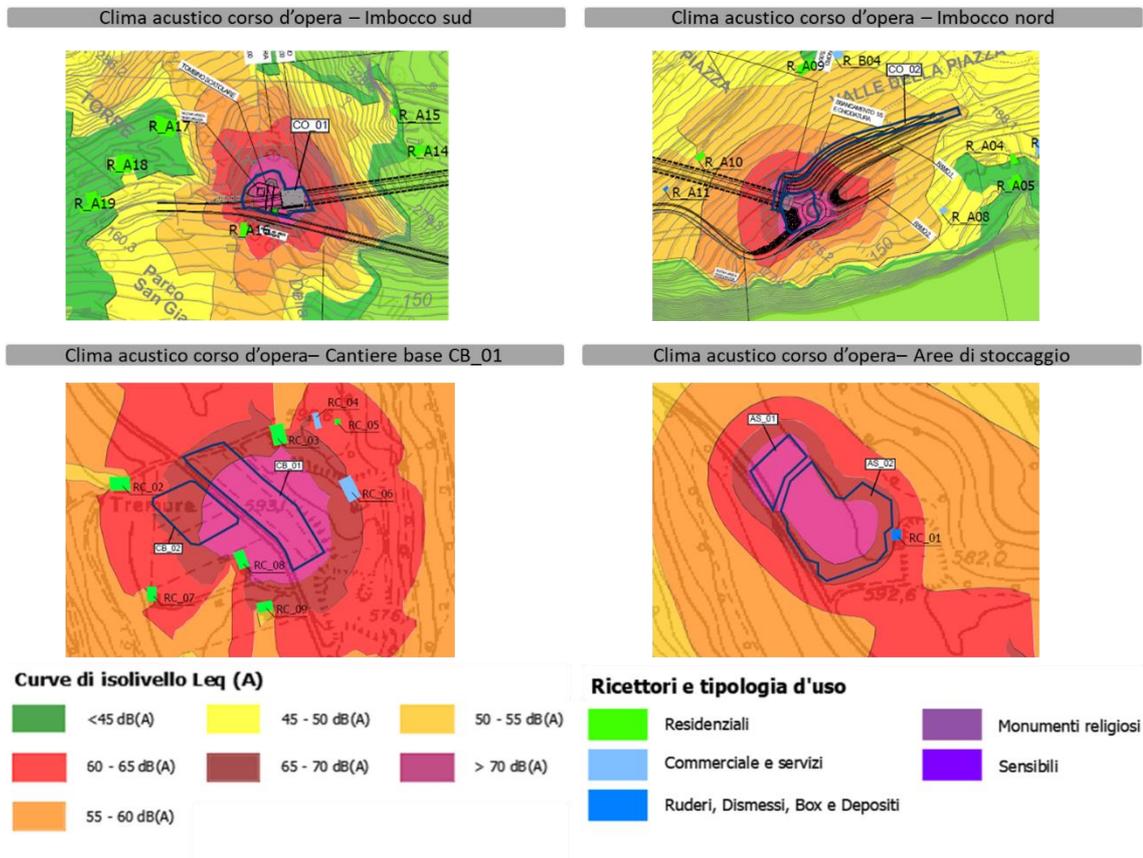


Figura 5-1: Scenario Corso d'Opera: mappatura acustica periodo diurno

### Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

L'output del modello consiste inoltre nei valori del Leq(A) calcolati ad 1 metro dalla facciata, per ciascun piano, per tutti gli edifici limitrofi alle aree di cantiere e limitatamente al primo fronte urbano.

Le tabelle contenenti i valori calcolati relativi al rumore prodotto dalle aree di cantiere e dai flussi di traffico generati da esso, ante e post mitigazione, sono riportati in appendice.

### 5.3 SCENARIO DI CORSO D'OPERA POST MITIGAZIONE

#### 5.3.1 DATI DI INPUT

Unico elemento di novità in tale scenario è la presenza del sistema di mitigazione previsto, ovvero una barriera acustica fonoassorbente quale recinzione dell'area di cantiere.

Per lo scenario di cantiere è previsto quale intervento di mitigazione acustica l'adozione di una recinzione di tipo pannello fonoassorbente installato su new jersey per una altezza complessiva di 3 metri e 4 metri.

All'interno del modello di simulazione pertanto è stata inserita tale barriera lungo l'intero perimetro sia del cantiere base CB\_01 che del cantiere operativo CO\_01.

Per la modellazione delle barriere acustiche è stato considerato un coefficiente di assorbimento acustico relativo a pannelli di medie prestazioni il cui spettro delle frequenze risulta il seguente:

Frequenza [Hz]	Coefficiente di assorbimento
125	0,30
160	0,45
200	0,60
250	0,60
315	0,70
400	0,75
500	0,80
630	0,80
800	0,85
1000	0,85
1250	0,85
1600	0,85
2000	0,85
2500	0,80
3150	0,75
4000	0,70

Tabella 5-3: Coefficiente di assorbimento in funzione dello spettro delle frequenze per le barriere fonoassorbenti considerate

#### 5.3.2 DATI DI OUTPUT

##### **Mappatura acustica**

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in Leq(A) in termini di mappature acustiche, calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo. La griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 10 metri, mentre l'ordine di riflessione è stato assunto pari a 3.

Le curve di isolivello acustico, relative al solo periodo diurno, sono rappresentate nella tavola "Mappe impatto acustico in corso d'opera mitigato (diurno)" (T00IA35AMBCT05A).

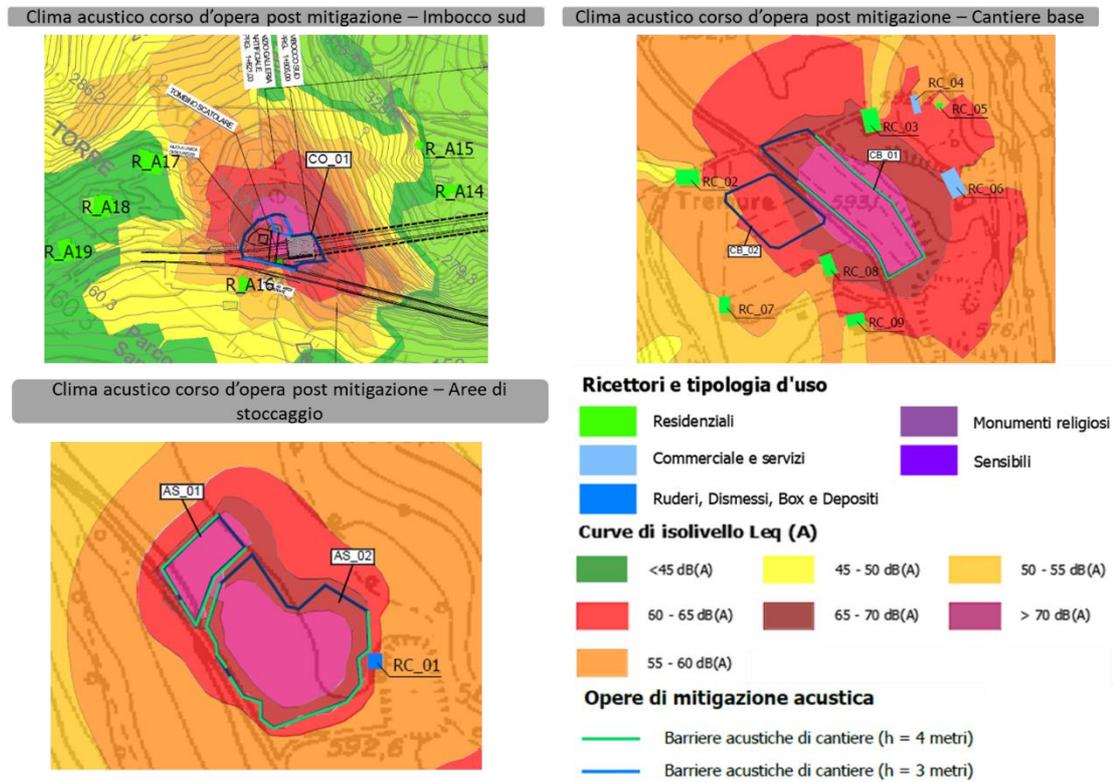


Figura 5-2: Scenario Corso d'Opera Post Mitigazione: mappatura acustica periodo diurno

### Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

L'output del modello consiste inoltre nei valori del Leq(A) calcolati ad 1 metro dalla facciata, per ciascun piano, per tutti gli edifici limitrofi alle aree di cantiere e limitatamente al primo fronte urbano.

Le tabelle contenenti i valori calcolati relativi al rumore prodotto dalle aree di cantiere e dai flussi di traffico generati da esso, ante e post mitigazione, sono riportati in appendice.

## 6 RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

### 6.1 RUMORE STRADALE

Il lavoro svolto ha riguardato la definizione e la valutazione dei livelli di esposizione al rumore indotti dalla fase di esercizio dell'asse stradale della variante in galleria alla S.S. 45 bis nel comune di Gargnano.

In particolare è stato effettuato il censimento dei ricettori presenti nell'area di studio e condotta una campagna fonometrica, dal 18 ottobre al 24 ottobre 2018, al fine di definire le caratteristiche del rumore ambientale allo stato attuale e di verificare l'affidabilità del modello (SoundPlan 8.1) utilizzato per la simulazione acustica: affidabilità che è stata dimostrata confrontando i livelli acustici calcolati dal software e i valori registrati, durante l'indagine fonometrica, dalla postazione RUM\_01 ubicata nel comune di Gargnano, specificatamente presso l'imbocco sud dell'attuale tratto in galleria.

Successivamente sono stati calcolati i livelli acustici, indotti dal traffico veicolare, in termini di mappatura del suolo e di valori ad 1 metro dalla facciata degli edifici ricadenti all'interno dell'ambito di studio acustico individuato. I flussi di traffico, determinati dallo studio trasportistico, si riferiscono allo scenario attuale e in previsione all'anno 2031 in cui si ipotizza l'entrata in esercizio dell'infrastruttura. A partire dai dati di traffico, distinti in veicoli leggeri e pesanti, sono stati simulati gli scenari ante operam, opzione zero e post operam nei due periodi di riferimento (diurno 6:00-22:00 e notturno 22:00-6:00) definiti dalla normativa di riferimento in materia di inquinamento acustico.

Attraverso il modello di simulazione sono stati calcolati i livelli acustici in termini di  $Leq(A)$  indotti dal traffico veicolare lungo l'asse stradale oggetto di studio nei diversi scenari considerati. Il calcolo è stato effettuato sia in termini di mappatura acustica che di livelli puntuali calcolati ad 1 metro dalla facciata per ciascun ricettore. I risultati sono riportati negli elaborati grafici e in formato tabellare nel successivo paragrafo 7 del presente documento.

Per quanto concerne la condizione di esposizione al rumore stradale nei tre scenari analizzati (stato attuale, stato di progetto e opzione zero), il confronto dei livelli acustici calcolati in facciata con i valori limite definiti dalla normativa di riferimento (DPR 142/2004 e PCCA dei Comuni), non mette in evidenza alcuna condizione di criticità.

I risultati del modello di simulazione, infatti, hanno messo in evidenza una condizione di esposizione al rumore di origine stradale in entrambi gli scenari temporali di riferimento (diurno e notturno), ben al disotto dei limiti normativi. Stante quanto detto non si è reso necessario ricorrere a sistemi di mitigazione acustica né di tipo diretto né di tipo indiretto

Ciò nonostante è previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale, la verifica dei livelli acustici in corrispondenza dei due imbocchi della galleria in progetto, attraverso due postazioni di monitoraggio, poste in prossimità dei ricettori R\_A19 e R\_A03.

Tali misure permetteranno di verificare l'effettivo contributo emissivo associato agli imbocchi ed eventuali condizioni di criticità dei livelli di rumore sul territorio e, più nello specifico, sui ricettori più prossimi.

## 6.2 RUMORE DI CANTIERE

Per lo scenario di “Corso D’Opera” è stata applicata la metodologia del Worst Case Scenario. Questo permette di valutare le condizioni di esposizione al rumore indotto dalle attività di cantiere e di verificare il rispetto dei limiti acustici territoriali nelle condizioni operative più gravose sul territorio, che nel caso positivo, permettono di accertare una condizione di rispetto anche nelle situazioni meno critiche.

Nel modello è stato quindi imputato il layout delle diverse aree di cantiere, ovvero quelle relative alle aree operative di lavoro (fronte scavo) e le aree di deposito materiali/inerti.

Inoltre, per quanto concerne le aree di stoccaggio situate nel comune di Tignale è stato considerato unitamente alle attività di cantiere interne alle aree il rumore indotto dal traffico di cantiere e per il quale è stato considerato lo scenario più critico legato alla Fase 2 della realizzazione dell’opera in cui è previsto un traffico di cantiere pari a 66 mezzi/giorno e ad essi è stata correlata una velocità di 30 Km/h.

Le aree di cantiere di tipo fisso e le relative aree di deposito sono state localizzate secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali. Nello specifico la realizzazione di cantieri operativi è prevista, nel Comune di Gragnano, in prossimità dei due imbocchi dell’opera d’arte in galleria mentre i cantieri base e le aree di stoccaggio nel Comune di Tignale.

Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta delle lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione. In tal senso gli scenari riferiti ai cantieri operativi in prossimità degli imbocchi alla galleria di progetto tiene conto di una modalità di scavo mediante esplosivo in quanto certamente caratterizzata da un livello emissivo maggiore seppur concentrata in pochi secondi e limitata ad una frequenza di un evento nell’intero periodo di attività del cantiere.

Altresì lo scenario riferito al cantiere base tiene conto del funzionamento in continuo degli impianti di betonaggio e frantumazione, oltre che alle attività di stoccaggio inerti, che certamente costituiscono una condizione di maggior interferenza in virtù della loro operatività in continuo durante il periodo di attività diurna. Tutti gli scenari si limitano al solo periodo diurno, in quanto in tutti i casi non sono previste attività o lavorazioni nel periodo notturno.

In virtù di quanto detto gli scenari assunti nelle simulazioni acustiche previsionali sono:

Tipologia cantiere	Lavorazioni	Sorgenti acustiche
<b>Imbocco sud</b>	Scavo mediante esplosivo	Esplosivo
	Movimentazione e stoccaggio temporaneo materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Ventilazione galleria	Impianto ventilazione/aspirazione aria Gruppo elettrogeno
<b>Imbocco nord</b>	Scavo mediante esplosivo	Esplosivo
	Movimentazione e stoccaggio temporaneo materiale da scavo	Pala gommata Camion

Tipologia cantiere	Lavorazioni	Sorgenti acustiche
<b>Cantiere base e aree di stoccaggio temporaneo</b>		Escavatore
	Ventilazione galleria	Impianto ventilazione/aspirazione aria Gruppo elettrogeno
	Frantumazione inerti da scavo	Impianto di frantumazione
	Produzione calcestruzzi	Impianto di betonaggio
	Movimentazione e stoccaggio materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Trasporto terre alle aree di stoccaggio	Traffico cantiere

*Tabella 6-1 Caratterizzazione degli scenari oggetto di studio riferiti alla fase di Corso d'Opera individuati secondo la metodologia del "worst case scenario"*

Per quanto concerne le sorgenti acustiche caratterizzanti le aree di cantiere, l'analisi consiste nella verifica dei livelli di immissione previsti dal Comune territorialmente competente attraverso il Piano di classificazione acustica. La verifica dei livelli di immissione è stata effettuata considerando esclusivamente i livelli acustici indotti dal cantiere.

Le sorgenti emmissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un'altezza di 1,5 metri, fatta eccezione per l'impianto di frantumazione e l'impianto di betonaggio posti ad un'altezza di 4 metri. Per quanto concerne le aree di stoccaggio esse sono state imputate all'interno del modello come sorgenti areali poste ad un'altezza di 1,5 metri.

Dai risultati ottenuti e riportati in appendice, si evince come sussistano condizioni di superamento dei limiti individuati dai P.C.C.A. dei comuni di riferimento per 6 ricettori, di cui un solo ricettore situato nell'area di lavorazione CO\_01 relativa al fronte di scavo dell'imbocco sud della galleria e i rimanenti 5 ricettori in prossimità del cantiere base CB\_01.

Si evidenzia che per quanto concerne il cantiere operativo CO\_02, data la consistente distanza che intercorre tra i ricettori e le aree di lavorazione, con particolare riferimento al fronte di scavo della galleria, non si sono riscontrate condizioni di criticità e pertanto non sono previste opere di mitigazione di tipo temporaneo.

Nella Tabella 6-2 si riportano i valori calcolati ad 1 metro della facciata più esposta dei ricettori per i quali si è verificato il superamento dei limiti di immissione acustica:

ID	N° Piano	Limiti esterni Leq(A)	Livelli esterni Leq(A)	Livello residuo in facciata
R_A16	PT	60	62,5	2,5
R_A16	P1	60	64,9	4,9
R_A16	P2	60	66,6	6,6
RC_02	PT	60	63,7	3,7
RC_02	P1	60	64,1	4,1
RC_02	P2	60	64,5	4,5
RC_03	PT	70	69,4	-
RC_03	P1	70	70,2	0,2
RC_05	PT	70	64,9	-
RC_07	PT	60	63,9	3,9
RC_08	PT	60	74,8	14,8
RC_08	P1	60	76,4	16,4
RC_09	PT	60	68,2	8,2
RC_09	P1	60	68,9	8,9

*Tabella 6-2 Rumore di cantiere: Valori acustici ai ricettori in assenza di opere di mitigazione acustica*

Quale mitigazione acustica per il contenimento della rumorosità indotta dalle attività di cantiere, si è individuata l'installazione di barriere antirumore di tipo mobile lungo le aree di lavoro.

Per la modellazione delle barriere acustiche è stato considerato un coefficiente di assorbimento acustico relativo a pannelli di medie prestazioni il cui spettro delle frequenze risulta il seguente:

Frequenza [Hz]	Coefficiente di assorbimento
125	0,30
160	0,45
200	0,60
250	0,60
315	0,70
400	0,75
500	0,80
630	0,80
800	0,85
1000	0,85
1250	0,85

Frequenza [Hz]	Coefficiente di assorbimento
1600	0,85
2000	0,85
2500	0,80
3150	0,75
4000	0,70

Tabella 6-3: Coefficiente di assorbimento in funzione dello spettro delle frequenze per le barriere fonoassorbenti considerate

Come mostrato in Figura 6-1 l'ubicazione delle barriere è stata prevista lungo il perimetro del cantiere operativo CO\_01, delle aree di stoccaggio e del cantiere base CB\_01.

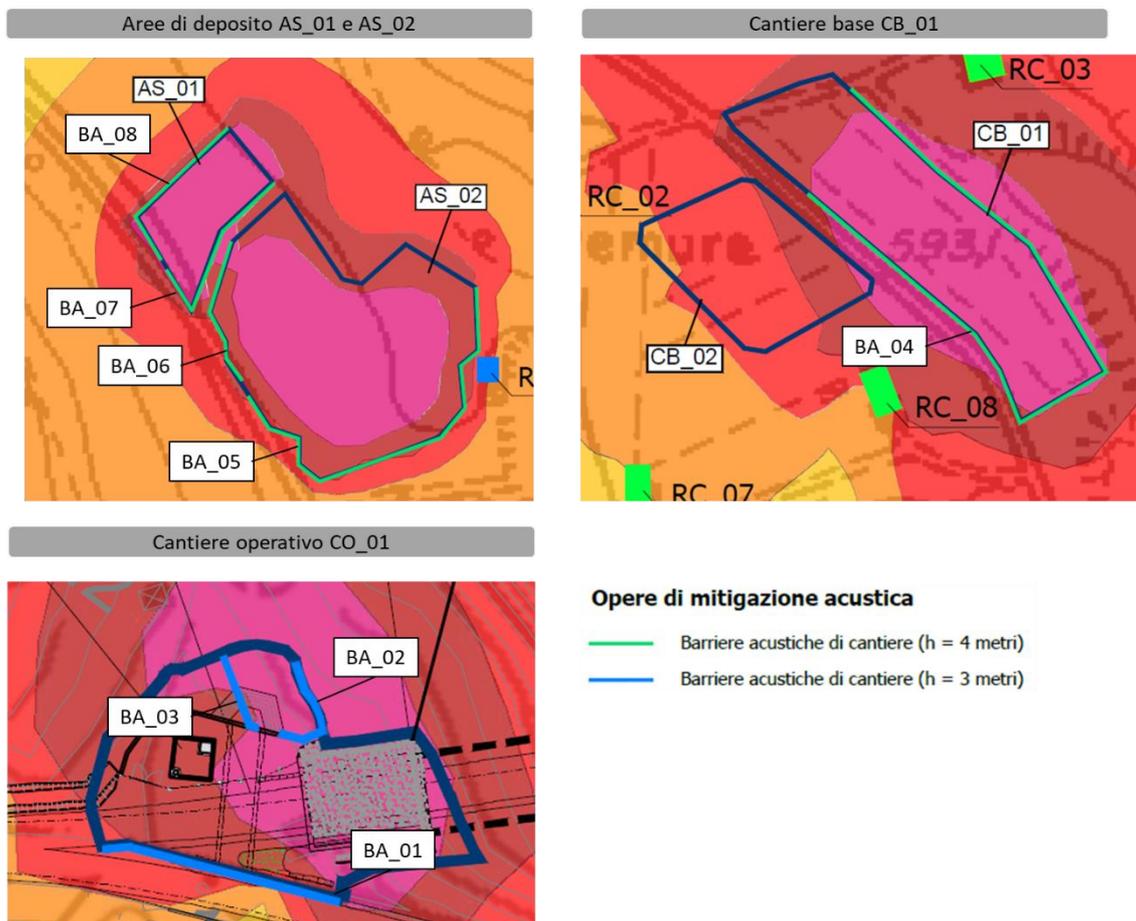


Figura 6-1 Corso d'opera Post Mitigazione: Individuazione barriere acustiche

Nella Tabella 6-4 e nella Tabella 6-5 si riportano rispettivamente le caratteristiche dimensionali delle barriere antirumore previste e i valori acustici registrati ad un metro dalla facciata più esposta degli edifici potenzialmente interferiti dalle attività di cantiere, prima e dopo l'inserimento delle opere di mitigazione acustica:

ID	Localizzazione	Lunghezza [m]	Altezza [m]
BA_01	CO_01	35	3
BA_02	CO_01	16	3
BA_03	CO_01	12	3
BA_04	CB_01	300	4
BA_05	AS_02	170	4
BA_06	AS_02	60	4
BA_07	AS_01	82	4
BA_08	AS_01	70	4

Tabella 6-4 Corso d'opera post mitigazione: Caratteristiche dimensionali barriere antirumore

ID	N° Piano	Limiti esterni Leq(A)	Livelli esterni Leq(A) Ante mitigazione	Livelli esterni Leq(A) Post mitigazione	Riduzione Livelli esterni dB(A)	H Barriera
R_A16	PT	60	62,5	50,6	-11,9	3 m
R_A16	P1	60	64,9	54,8	-10,1	3 m
R_A16	P2	60	66,6	57,2	-9,4	3 m
RC_02	PT	60	63,7	59,9	-3,8	4 m
RC_02	P1	60	64,1	60,7	-3,4	4 m
RC_02	P2	60	64,5	61,5	-3	4 m
RC_03	PT	70	69,4	65,8	-3,6	4 m
RC_03	P1	70	70,2	68,5	-1,7	4 m
RC_05	PT	70	64,9	62,8	-2,1	4 m
RC_07	PT	60	63,9	57,6	-6,3	4 m
RC_08	PT	60	74,8	66,3	-8,5	4 m
RC_08	P1	60	76,4	67,9	-8,5	4 m
RC_09	PT	60	68,2	61,9	-6,3	4 m
RC_09	P1	60	68,9	63	-5,9	4 m

Tabella 6-5 Rumore di cantiere: confronto valori in facciata ante e post mitigazione

Come si evince dalla Tabella 6-5 attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti si ha una riduzione consistente dei livelli acustici in facciata agli edifici, tuttavia, per quanto concerne i ricettori RC\_02, RC\_08 e RC\_09, persiste il superamento dei limiti acustici indicati dal PCCA del Comune di Tignale.

In tal senso per limitare il disturbo indotto dalle attività di cantiere, la ditta appaltatrice, nella fase di realizzazione delle opere di progetto dovrà adottare i seguenti accorgimenti:

1. Corretta scelta delle macchine e delle attrezzature da utilizzare, attraverso:
  - la selezione di macchinari omologati, in conformità alle direttive comunitarie e nazionali;
  - l'impiego di macchine per il movimento di terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
  - l'installazione di silenziatori sugli scarichi;
  - l'utilizzo di impianti fissi schermati;
  - l'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
2. Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:

- all'eliminazione degli attriti, attraverso operazioni di lubrificazione;
  - alla sostituzione dei pezzi usurati;
  - al controllo e al serraggio delle giunzioni, ecc.
3. Corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:
- l'orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale (quali i ventilatori) in posizione di minima interferenza;
  - la localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici;
  - l'utilizzo di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione delle vibrazioni;
  - l'imposizione all'operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l'uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
  - l'obbligo, ai conducenti, di spegnere i mezzi nei periodi di mancato utilizzo degli stessi;
  - la limitazione, allo stretto necessario, delle attività più rumorose nelle prime/ultime ore del periodo di riferimento diurno indicato dalla normativa (vale a dire tra le ore 6 e le ore 8 del mattino e tra le 20 e le 22).

Per quanto riguarda, invece, il traffico indotto dai mezzi d'opera, si evidenzia che qualora si dovessero determinare delle situazioni di particolare criticità dal punto di vista acustico in corrispondenza di ricettori prossimi alla viabilità di cantiere, potrà essere previsto il ricorso all'utilizzo di barriere antirumore di tipo mobile, in grado di essere rapidamente movimentate da un luogo all'altro. In particolare, si tratta di barriere fonoassorbenti, generalmente realizzate con pannelli modulari in calcestruzzo alleggerito con fibra di legno mineralizzato e montate su un elemento prefabbricato di tipo new-jersey, posto su di un basamento in cemento armato.

Si specifica infine, che gli interventi di mitigazione individuati saranno oggetto di ottimizzazione da parte della ditta appaltatrice, la quale, si farà carico in fase di inizio lavori, di avviare le procedure per la richiesta al Comuni di Tignale della deroga temporanea ai limiti acustici nel periodo diurno (06:00-22:00), così come previsto dalla L.447/95 e dalla Legge Regionale Lombardia n°13 del 10 agosto 2001.

Stante la temporaneità delle azioni di cantiere e il limitato periodo di sovrapposizione delle attività ritenute più critiche si ritiene comunque l'impatto acustico poco significativo.

In ogni caso al fine di monitorare le attività di cantiere rispetto alla componente "Rumore" si prevede una attività di monitoraggio mediante due postazioni in corrispondenza degli edifici R\_A16 e R\_A10 in quanto quelli più prossimi alle aree di lavoro per lo scavo della galleria e un'ulteriore postazione in prossimità dell'edificio RC\_08 in corrispondenza del cantiere base CB\_01.

## 7 APPENDICE

### 7.1 ANTE OPERAM – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R_A02	PT	Residenziale	70	60	46,5	39,9	-	-
R_A03	PT	Residenziale	70	60	50,6	44,1	-	-
R_A04	PT	Residenziale	70	60	41,8	35,3	-	-
R_A05	PT	Residenziale	70	60	40,1	33,6	-	-
R_A06	PT	Residenziale	70	60	44	37,5	-	-
R_A06	P1	Residenziale	70	60	44,8	38,3	-	-
R_A09	PT	Residenziale	70	60	42,7	36,2	-	-
R_A10	PT	Residenziale	70	60	46,5	40	-	-
R_A12	PT	Residenziale	70	60	27,8	21,3	-	-
R_A12	P1	Residenziale	70	60	28,7	22,2	-	-
R_A13	PT	Residenziale	70	60	27	20,5	-	-
R_A13	P1	Residenziale	70	60	29,2	22,7	-	-
R_A14	PT	Residenziale	70	60	44,9	38,4	-	-
R_A14	P1	Residenziale	70	60	45	38,5	-	-
R_A15	PT	Residenziale	70	60	45	38,5	-	-
R_A15	P1	Residenziale	70	60	44,9	38,4	-	-
R_A16	PT	Residenziale	70	60	55,4	48,9	-	-
R_A16	P2	Residenziale	70	60	51,7	45,1	-	-
R_A16	P1	Residenziale	70	60	59,1	52,6	-	-
R_A17	PT	Residenziale	70	60	43,2	36,7	-	-
R_A17	P1	Residenziale	70	60	45,9	39,4	-	-
R_A18	PT	Residenziale	70	60	49,6	43,1	-	-
R_A18	P1	Residenziale	70	60	52,9	46,4	-	-
R_A19	PT	Residenziale	70	60	61	54,4	-	-
R_A19	P1	Residenziale	70	60	60,8	54,2	-	-
R_A20	PT	Residenziale	70	60	36,8	30,3	-	-
R_A20	P1	Residenziale	70	60	39,3	32,8	-	-
R_A21	PT	Residenziale	70	60	33,4	26,9	-	-
R_A21	P1	Residenziale	70	60	37,9	31,4	-	-
R_A22	PT	Residenziale	70	60	36	29,5	-	-
R_A22	P1	Residenziale	70	60	39	32,5	-	-
R_A23	PT	Residenziale	70	60	34,7	28,2	-	-
R_A23	P1	Residenziale	70	60	37,1	30,6	-	-
R_A24	PT	Residenziale	70	60	32,7	26,2	-	-
R_A24	P1	Residenziale	70	60	38,1	31,5	-	-
R_A25	PT	Residenziale	70	60	34,4	27,9	-	-
R_A25	P1	Residenziale	70	60	38,9	32,4	-	-

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R_A26	PT	Residenziale	70	60	37,9	32,4	-	-
R_A26	P1	Residenziale	70	60	44,9	32,4	-	-
R_A27	PT	Residenziale	70	60	60,4	32,4	-	-
R_A27	P1	Residenziale	70	60	59,9	32,4	-	-
R_A28	PT	Residenziale	70	60	55,2	32,4	-	-
R_A28	P1	Residenziale	70	60	55,2	32,4	-	-
R_A29	PT	Residenziale	70	60	52,8	32,4	-	-
R_A29	P1	Residenziale	70	60	54,5	32,4	-	-
R_A30	PT	Residenziale	70	60	48,5	32,4	-	-
R_A30	P1	Residenziale	70	60	53	32,4	-	-
R_B01	PT	Residenziale	65	55	40,4	32,4	-	-
R_B03	PT	Residenziale	65	55	36,3	32,4	-	-
R_B03	P1	Residenziale	65	55	38,4	32,4	-	-
R_B04	PT	Residenziale	65	55	42,4	32,4	-	-
R_B06	PT	Residenziale	65	55	40,8	32,4	-	-
R_B07	PT	Residenziale	65	55	40,1	32,4	-	-
R_B07	P1	Residenziale	65	55	40,6	32,4	-	-
R_B08	PT	Residenziale	65	55	24,9	18,4	-	-
R_B08	P1	Residenziale	65	55	27,1	20,6	-	-
R_B09	PT	Residenziale	65	55	27,4	20,9	-	-
R_B09	P1	Residenziale	65	55	29,2	22,7	-	-
R_B10	PT	Residenziale	65	55	34,8	32,4	-	-
R_B11	PT	Residenziale	65	55	34,4	32,4	-	-
R_B12	PT	Residenziale	65	55	31,9	25,4	-	-
R_B12	P1	Residenziale	65	55	36,3	29,7	-	-
R_C03	PT	Residenziale	55	45	22,8	32,4	-	-
R_C03	P1	Residenziale	55	45	26,2	32,4	-	-
R_C04	PT	Residenziale	55	45	36,4	32,4	-	-
R_C05	P1	Residenziale	55	45	24,7	18,2	-	-
R_C05	PT	Residenziale	60	50	23,6	17,1	-	-
R_C06	PT	Residenziale	55	45	31,7	32,4	-	-
R_C07	PT	Residenziale	55	45	34,1	32,4	-	-
R_C07	P1	Residenziale	55	45	35,7	32,4	-	-
R_C08	PT	Residenziale	55	45	35	32,4	-	-
R_C08	P1	Residenziale	55	45	36,2	32,4	-	-

Tabella 7-1 Scenario Ante Operam - Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

## 7.2 POST OPERAM – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R_A02	PT	Residenziale	70	60	50,6	44,1	-	-
R_A03	PT	Residenziale	70	60	54,6	48,1	-	-
R_A04	PT	Residenziale	70	60	45,9	39,3	-	-
R_A05	PT	Residenziale	70	60	44,2	37,7	-	-
R_A06	PT	Residenziale	70	60	47,8	41,3	-	-
R_A06	P1	Residenziale	70	60	48,7	42,2	-	-
R_A09	PT	Residenziale	70	60	45,3	38,8	-	-
R_A10	PT	Residenziale	70	60	49,5	43	-	-
R_A12	PT	Residenziale	70	60	30,7	24,2	-	-
R_A12	P1	Residenziale	70	60	31,4	24,8	-	-
R_A13	PT	Residenziale	70	60	29,7	23,1	-	-
R_A13	P1	Residenziale	70	60	31,3	24,8	-	-
R_A14	PT	Residenziale	70	60	49,4	42,9	-	-
R_A14	P1	Residenziale	70	60	49,4	42,9	-	-
R_A15	PT	Residenziale	70	60	49,4	42,8	-	-
R_A15	P1	Residenziale	70	60	49,3	42,8	-	-
R_A16	PT	Residenziale	70	60	59,5	53	-	-
R_A16	P2	Residenziale	70	60	63	56,5	-	-
R_A16	P1	Residenziale	70	60	54,6	48,1	-	-
R_A17	PT	Residenziale	70	60	47,8	41,3	-	-
R_A17	P1	Residenziale	70	60	50,1	43,6	-	-
R_A18	PT	Residenziale	70	60	53,8	47,3	-	-
R_A18	P1	Residenziale	70	60	57,2	50,7	-	-
R_A19	PT	Residenziale	70	60	65,4	58,9	-	-
R_A19	P1	Residenziale	70	60	65,2	58,7	-	-
R_A20	PT	Residenziale	70	60	41,3	34,8	-	-
R_A20	P1	Residenziale	70	60	43,5	37	-	-
R_A21	PT	Residenziale	70	60	37,7	31,2	-	-
R_A21	P1	Residenziale	70	60	42,2	35,7	-	-
R_A22	PT	Residenziale	70	60	40,2	33,7	-	-
R_A22	P1	Residenziale	70	60	43,2	36,7	-	-
R_A23	PT	Residenziale	70	60	38,9	32,4	-	-
R_A23	P1	Residenziale	70	60	41,3	34,8	-	-
R_A24	PT	Residenziale	70	60	36,7	30,2	-	-
R_A24	P1	Residenziale	70	60	42,3	35,8	-	-
R_A25	PT	Residenziale	70	60	38,6	32,1	-	-
R_A25	P1	Residenziale	70	60	43,2	36,6	-	-
R_A26	PT	Residenziale	70	60	42,2	35,6	-	-
R_A26	P1	Residenziale	70	60	49,3	42,8	-	-

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R_A27	PT	Residenziale	70	60	64,6	58,1	-	-
R_A27	P1	Residenziale	70	60	64,2	57,7	-	-
R_A28	PT	Residenziale	70	60	59,4	52,9	-	-
R_A28	P1	Residenziale	70	60	59,4	52,9	-	-
R_A29	PT	Residenziale	70	60	57	50,5	-	-
R_A29	P1	Residenziale	70	60	58,7	52,2	-	-
R_A30	PT	Residenziale	70	60	52,6	46,1	-	-
R_A30	P1	Residenziale	70	60	57,2	50,7	-	-
R_B01	PT	Residenziale	65	55	43,7	37,2	-	-
R_B03	PT	Residenziale	65	55	39,3	32,8	-	-
R_B03	P1	Residenziale	65	55	40,8	34,3	-	-
R_B04	PT	Residenziale	65	55	44,6	38,1	-	-
R_B06	PT	Residenziale	65	55	45,1	38,6	-	-
R_B07	PT	Residenziale	65	55	44,4	37,9	-	-
R_B07	P1	Residenziale	65	55	45	38,5	-	-
R_B08	PT	Residenziale	65	55	27,6	21,1	-	-
R_B08	P1	Residenziale	65	55	30,8	24,3	-	-
R_B09	PT	Residenziale	65	55	30,8	24,2	-	-
R_B09	P1	Residenziale	65	55	33,4	26,8	-	-
R_B10	PT	Residenziale	65	55	39	32,5	-	-
R_B11	PT	Residenziale	65	55	38,7	32,1	-	-
R_B12	PT	Residenziale	65	55	36,1	29,6	-	-
R_B12	P1	Residenziale	65	55	40,4	33,9	-	-
R_C03	PT	Residenziale	55	45	25,4	18,9	-	-
R_C03	P1	Residenziale	55	45	30,4	23,8	-	-
R_C04	PT	Residenziale	55	45	40,7	34,1	-	-
R_C05	P1	Residenziale	55	45	27,9	21,4	-	-
R_C05	PT	Residenziale	60	50	27,5	21	-	-
R_C06	PT	Residenziale	55	45	36,1	29,6	-	-
R_C07	PT	Residenziale	55	45	38,3	31,8	-	-
R_C07	P1	Residenziale	55	45	40	33,5	-	-
R_C08	PT	Residenziale	55	45	39,3	32,8	-	-
R_C08	P1	Residenziale	55	45	40,5	34	-	-

Tabella 7-2: Scenario Post Operam - Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

### 7.3 OPZIONE ZERO – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI

Piano	ID	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
ID	Piano	Residenziale	70	60	47,2	40,6	-	-
PT	R_A03	Residenziale	70	60	51,3	44,8	-	-
R_A02	PT	Residenziale	70	60	42,5	36	-	-
R_A03	PT	Residenziale	70	60	40,8	34,3	-	-
R_A04	PT	Residenziale	70	60	44,7	38,2	-	-
R_A05	PT	Residenziale	70	60	45,5	39	-	-
R_A06	PT	Residenziale	70	60	43,4	36,9	-	-
R_A06	P1	Residenziale	70	60	47,2	40,7	-	-
R_A09	PT	Residenziale	70	60	30,2	23,7	-	-
R_A10	PT	Residenziale	70	60	30,8	24,3	-	-
R_A12	PT	Residenziale	70	60	29,4	22,9	-	-
R_A12	P1	Residenziale	70	60	31,3	24,8	-	-
R_A13	PT	Residenziale	70	60	49,3	42,8	-	-
R_A13	P1	Residenziale	70	60	49,4	42,9	-	-
R_A14	PT	Residenziale	70	60	49,4	42,9	-	-
R_A14	P1	Residenziale	70	60	49,4	42,8	-	-
R_A15	PT	Residenziale	70	60	60	53,5	-	-
R_A15	P1	Residenziale	70	60	56,2	49,6	-	-
R_A16	PT	Residenziale	70	60	63,6	57,1	-	-
R_A16	P2	Residenziale	70	60	47,7	41,2	-	-
R_A16	P1	Residenziale	70	60	50,3	43,8	-	-
R_A17	PT	Residenziale	70	60	54,1	47,5	-	-
R_A17	P1	Residenziale	70	60	57,4	50,9	-	-
R_A18	PT	Residenziale	70	60	65,4	58,9	-	-
R_A18	P1	Residenziale	70	60	65,2	58,7	-	-
R_A19	PT	Residenziale	70	60	41,1	34,6	-	-
R_A19	P1	Residenziale	70	60	43,6	37	-	-
R_A20	PT	Residenziale	70	60	37,7	31,2	-	-
R_A20	P1	Residenziale	70	60	42,2	35,7	-	-
R_A21	PT	Residenziale	70	60	40,2	33,7	-	-
R_A21	P1	Residenziale	70	60	43,2	36,7	-	-
R_A22	PT	Residenziale	70	60	39	32,4	-	-
R_A22	P1	Residenziale	70	60	41,4	34,8	-	-
R_A23	PT	Residenziale	70	60	36,8	30,3	-	-
R_A23	P1	Residenziale	70	60	42,3	35,8	-	-
R_A24	PT	Residenziale	70	60	38,6	32,1	-	-
R_A24	P1	Residenziale	70	60	43,2	36,6	-	-
R_A25	PT	Residenziale	70	60	42,2	35,6	-	-
R_A25	P1	Residenziale	70	60	49,3	42,7	-	-

Piano	ID	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R_A26	PT	Residenziale	70	60	64,6	58,1	-	-
R_A26	P1	Residenziale	70	60	64,2	57,7	-	-
R_A27	PT	Residenziale	70	60	59,4	52,9	-	-
R_A27	P1	Residenziale	70	60	59,4	52,9	-	-
R_A28	PT	Residenziale	70	60	57	50,5	-	-
R_A28	P1	Residenziale	70	60	58,7	52,2	-	-
R_A29	PT	Residenziale	70	60	52,6	46,1	-	-
R_A29	P1	Residenziale	70	60	57,2	50,7	-	-
R_A30	PT	Residenziale	65	55	41,1	34,6	-	-
R_A30	P1	Residenziale	65	55	37	30,5	-	-
R_B01	PT	Residenziale	65	55	39,1	32,6	-	-
R_B03	PT	Residenziale	65	55	43,1	36,6	-	-
R_B03	P1	Residenziale	65	55	45,1	38,6	-	-
R_B04	PT	Residenziale	65	55	44,4	37,9	-	-
R_B06	PT	Residenziale	65	55	44,9	38,4	-	-
R_B07	PT	Residenziale	65	55	27,6	21,1	-	-
R_B07	P1	Residenziale	65	55	30,9	24,4	-	-
R_B08	PT	Residenziale	65	55	30,9	24,4	-	-
R_B08	P1	Residenziale	65	55	33,5	27	-	-
R_B09	PT	Residenziale	65	55	39,1	32,6	-	-
R_B09	P1	Residenziale	65	55	38,7	32,1	-	-
R_B10	PT	Residenziale	65	55	36,2	29,6	-	-
R_B11	PT	Residenziale	65	55	40,5	34	-	-
R_B12	PT	Residenziale	55	45	25,4	18,9	-	-
R_B12	P1	Residenziale	55	45	30,4	23,9	-	-
R_C03	PT	Residenziale	55	45	40,7	34,1	-	-
R_C03	P1	Residenziale	55	45	27,9	21,4	-	-
R_C04	PT	Residenziale	60	50	27,9	21,4	-	-
R_C05	P1	Residenziale	55	45	36,1	29,5	-	-
R_C05	PT	Residenziale	55	45	38,4	31,9	-	-
R_C06	PT	Residenziale	55	45	40	33,5	-	-
R_C07	PT	Residenziale	55	45	39,3	32,8	-	-
R_C07	P1	Residenziale	55	45	40,5	34	-	-

Tabella 7-3 Scenario Opzione Zero - Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

## 7.4 CORSO D'OPERA – LIVELLI ACUSTICI AI RICETTORI

### 7.4.1 ANTE MITIGAZIONE

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R_A03	PT	Residenziale	60	-	48,7	-	-	-
R_A04	PT	Residenziale	60	-	45,6	-	-	-
R_A05	PT	Residenziale	60	-	46,6	-	-	-
R_A06	PT	Residenziale	60	-	50,8	-	-	-
R_A06	P1	Residenziale	60	-	51,1	-	-	-
R_A09	PT	Residenziale	60	-	52,2	-	-	-
R_A10	PT	Residenziale	60	-	55,5	-	-	-
R_A12	P1	Residenziale	55	-	31,3	-	-	-
R_A12	PT	Residenziale	55	-	31,8	-	-	-
R_A13	PT	Residenziale	55	-	31,1	-	-	-
R_A13	P1	Residenziale	55	-	31,2	-	-	-
R_A14	PT	Residenziale	55	-	44	-	-	-
R_A14	P1	Residenziale	55	-	45,2	-	-	-
R_A15	PT	Residenziale	55	-	48,1	-	-	-
R_A15	P1	Residenziale	55	-	48,1	-	-	-
R_A16	PT	Residenziale	60	-	62,5	-	2,5	-
R_A16	P1	Residenziale	60	-	64,9	-	4,9	-
R_A16	P2	Residenziale	60	-	66,6	-	6,6	-
R_A17	P1	Residenziale	55	-	47,1	-	-	-
R_A17	PT	Residenziale	55	-	43,5	-	-	-
R_A18	PT	Residenziale	60	-	46,3	-	-	-
R_A18	P1	Residenziale	60	-	47,4	-	-	-
R_A19	PT	Residenziale	60	-	46,6	-	-	-
R_A19	P1	Residenziale	60	-	47,3	-	-	-
R_A20	P1	Residenziale	55	-	48,2	-	-	-
R_A20	PT	Residenziale	55	-	42	-	-	-
R_A21	PT	Residenziale	55	-	30,6	-	-	-
R_A21	P1	Residenziale	55	-	46,3	-	-	-
R_A22	PT	Residenziale	55	-	45,8	-	-	-
R_A22	P1	Residenziale	55	-	44,1	-	-	-
R_A23	P1	Residenziale	55	-	41,2	-	-	-
R_A23	PT	Residenziale	55	-	42,5	-	-	-
R_A24	PT	Residenziale	55	-	41,4	-	-	-
R_A24	P1	Residenziale	55	-	43,9	-	-	-
R_A25	P1	Residenziale	55	-	39,7	-	-	-

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R_A25	PT	Residenziale	55	-	41,1	-	-	-
R_A26	PT	Residenziale	60	-	40	-	-	-
R_A26	P1	Residenziale	60	-	40,9	-	-	-
R_A27	P1	Residenziale	60	-	44,9	-	-	-
R_A27	PT	Residenziale	60	-	43,9	-	-	-
R_A28	PT	Residenziale	60	-	38,1	-	-	-
R_A28	P1	Residenziale	60	-	43	-	-	-
R_A29	PT	Residenziale	60	-	45,5	-	-	-
R_A29	P1	Residenziale	60	-	46,1	-	-	-
R_A30	PT	Residenziale	60	-	29,7	-	-	-
R_A30	P1	Residenziale	60	-	30,8	-	-	-
R_B01	PT	Residenziale	60	-	48,1	-	-	-
R_B03	PT	Residenziale	55	-	47,5	-	-	-
R_B03	P1	Residenziale	55	-	48,5	-	-	-
R_B04	PT	Residenziale	60	-	52,2	-	-	-
R_B06	PT	Residenziale	60	-	28,1	-	-	-
R_B07	PT	Residenziale	55	-	28,7	-	-	-
R_B07	P1	Residenziale	55	-	28,6	-	-	-
R_B08	P1	Residenziale	60	-	29,5	-	-	-
R_B08	PT	Residenziale	60	-	30,5	-	-	-
R_B09	P1	Residenziale	60	-	32,9	-	-	-
R_B09	PT	Residenziale	60	-	33,8	-	-	-
R_B10	PT	Residenziale	55	-	49,8	-	-	-
R_B11	PT	Residenziale	55	-	31,7	-	-	-
R_B12	PT	Residenziale	55	-	42,2	-	-	-
R_B12	P1	Residenziale	55	-	43,4	-	-	-
R_C03	P1	Residenziale	55	-	28	-	-	-
R_C03	PT	Residenziale	55	-	28,4	-	-	-
R_C04	PT	Residenziale	60	-	32,8	-	-	-
R_C05	PT	Residenziale	60	-	28,1	-	-	-
R_C05	P1	Residenziale	60	-	28,5	-	-	-
R_C06	PT	Residenziale	55	-	40,1	-	-	-
R_C07	P1	Residenziale	55	-	48	-	-	-
R_C07	PT	Residenziale	55	-	47,8	-	-	-
R_C08	P1	Residenziale	55	-	44,3	-	-	-
R_C08	PT	Residenziale	55	-	41,2	-	-	-
RC_02	PT	Residenziale	60	-	63,7	-	3,7	-
RC_02	P1	Residenziale	60	-	64,1	-	4,1	-
RC_02	P2	Residenziale	60	-	64,5	-	4,5	-
RC_03	PT	Residenziale	70	-	69,4	-	-	-
RC_03	P1	Residenziale	70	-	70,2	-	0,2	-

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
RC_05	PT	Residenziale	70	-	64,9	-	-	-
RC_07	PT	Residenziale	60	-	63,9	-	3,9	-
RC_08	PT	Residenziale	60	-	74,8	-	14,8	-
RC_08	P1	Residenziale	60	-	76,4	-	16,4	-
RC_09	PT	Residenziale	60	-	68,2	-	8,2	-
RC_09	P1	Residenziale	60	-	68,9	-	8,9	-

*Tabella 7-4 Scenario corso d'opera - Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)*

#### 7.4.2 POST MITIGAZIONE

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R_A14	PT	Residenziale	55	-	44	-	-	-
R_A14	P1	Residenziale	55	-	45,2	-	-	-
R_A15	PT	Residenziale	55	-	48,2	-	-	-
R_A15	P1	Residenziale	55	-	48,2	-	-	-
R_A16	PT	Residenziale	60	-	50,6	-	-	-
R_A16	P1	Residenziale	60	-	54,8	-	-	-
R_A16	P2	Residenziale	60	-	57,2	-	-	-
R_A17	P1	Residenziale	55	-	47,1	-	-	-
R_A17	PT	Residenziale	55	-	43,6	-	-	-
R_A18	PT	Residenziale	60	-	46,3	-	-	-
R_A18	P1	Residenziale	60	-	47,3	-	-	-
R_A19	PT	Residenziale	60	-	46,5	-	-	-
R_A19	P1	Residenziale	60	-	47,2	-	-	-
R_A20	P1	Residenziale	55	-	46,4	-	-	-
R_A20	PT	Residenziale	55	-	42	-	-	-
R_A21	PT	Residenziale	55	-	30,5	-	-	-
R_A21	P1	Residenziale	55	-	44,3	-	-	-
R_A22	PT	Residenziale	55	-	43,9	-	-	-
R_A22	P1	Residenziale	55	-	44,5	-	-	-
R_A23	PT	Residenziale	55	-	40,9	-	-	-
R_A23	P1	Residenziale	55	-	42,1	-	-	-
R_A24	PT	Residenziale	55	-	40,7	-	-	-
R_A24	P1	Residenziale	55	-	41,9	-	-	-
R_A25	PT	Residenziale	55	-	38,6	-	-	-
R_A25	P1	Residenziale	55	-	40	-	-	-
R_A26	PT	Residenziale	60	-	39,7	-	-	-
R_A26	P1	Residenziale	60	-	41,4	-	-	-
R_A27	PT	Residenziale	60	-	44,1	-	-	-
R_A27	P1	Residenziale	60	-	44,7	-	-	-
R_A28	PT	Residenziale	60	-	38	-	-	-
R_A28	P1	Residenziale	60	-	42,8	-	-	-
R_A29	PT	Residenziale	60	-	44,9	-	-	-
R_A29	P1	Residenziale	60	-	45,5	-	-	-
R_A30	PT	Residenziale	60	-	29,3	-	-	-
R_A30	P1	Residenziale	60	-	30,6	-	-	-
R_B06	PT	Residenziale	60	-	28,1	-	-	-
R_B07	PT	Residenziale	55	-	28,7	-	-	-
R_B07	P1	Residenziale	55	-	28,6	-	-	-

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R_B08	PT	Residenziale	60	-	29,5	-	-	-
R_B08	P1	Residenziale	60	-	30,5	-	-	-
R_B09	PT	Residenziale	60	-	32,4	-	-	-
R_B09	P1	Residenziale	60	-	33,4	-	-	-
R_B10	PT	Residenziale	55	-	47,3	-	-	-
R_B11	PT	Residenziale	55	-	31,6	-	-	-
R_B12	PT	Residenziale	55	-	39,3	-	-	-
R_B12	P1	Residenziale	55	-	40,6	-	-	-
R_C03	PT	Residenziale	55	-	28	-	-	-
R_C03	P1	Residenziale	55	-	28,4	-	-	-
R_C04	PT	Residenziale	60	-	32,9	-	-	-
R_C05	PT	Residenziale	60	-	28,5	-	-	-
R_C05	P1	Residenziale	60	-	28,8	-	-	-
R_C06	PT	Residenziale	55	-	39,9	-	-	-
R_C07	P1	Residenziale	55	-	45,5	-	-	-
R_C07	PT	Residenziale	55	-	45,1	-	-	-
R_C08	P1	Residenziale	55	-	42,1	-	-	-
R_C08	PT	Residenziale	55	-	38,6	-	-	-
RC_02	PT	Residenziale	60	-	59,9	-	-	-
RC_02	P1	Residenziale	60	-	60,7	-	0,7	-
RC_02	P2	Residenziale	60	-	61,5	-	1,5	-
RC_03	PT	Residenziale	70	-	65,8	-	-	-
RC_03	P1	Residenziale	70	-	68,5	-	-	-
RC_05	PT	Residenziale	70	-	62,8	-	-	-
RC_07	PT	Residenziale	60	-	57,6	-	-	-
RC_08	PT	Residenziale	60	-	66,3	-	6,3	-
RC_08	P1	Residenziale	60	-	67,9	-	7,9	-
RC_09	PT	Residenziale	60	-	61,9	-	1,9	-
RC_09	P1	Residenziale	60	-	63	-	3	-

Tabella 7-5 Scenario corso d'opera post mitigazione- Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)