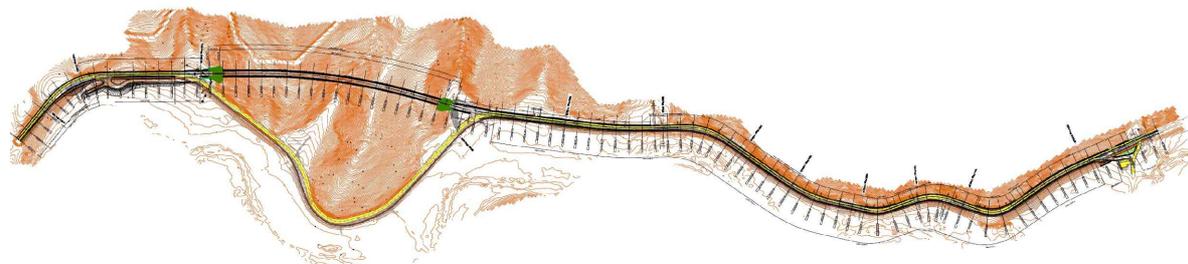


## S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

**RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500**  
**STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500**



### PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE



GRUPPO DI LAVORO ANAS

PROGETTAZIONE



RESPONSABILE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI  
Ordine degli Ingegneri della  
provincia di Roma n°A26211  
(Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA  
IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI  
Ordine degli Ingegneri della  
provincia di Roma n°10112  
(Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro MICHELI

PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

**R141**

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

**ANALISI AMBIENTALE - RUMORE**

Studio acustico

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PG0374D2201

NOME FILE

T00\_IA\_00\_AMB\_RE\_01

CODICE  
ELAB.

T00IA03AMBRE01

REVISIONE

SCALA:

A

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

MARZO  
2023

ING. CAROLINA  
BAJETTI

ING. GIANCARLO  
TANZI

ING. VALERIO  
BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	3
1.2. METODOLOGIA DI LAVORO UTILIZZATA .....	3
1.3. IL MODELLO DI SIMULAZIONE SOUND PLAN .....	5
<b>2. QUADRO CONOSCITIVO .....</b>	<b>7</b>
2.1. CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO .....	7
2.2. CENSIMENTO DEI RICETTORI.....	10
2.3. INDAGINI FONOMETRICHE.....	12
<b>3. ANALISI DELLO SCENARIO ANTE OPERAM .....</b>	<b>14</b>
3.1. DATI DI INPUT.....	14
3.1.1. PARAMETRI TERRITORIALI.....	14
3.1.2. SORGENTE STRADALE.....	14
3.1.3. STANDARD DI CALCOLO UTILIZZATI .....	16
3.2. DATI DI OUTPUT .....	17
3.2.1. VERIFICA DELL’AFFIDABILITÀ DELLA MODELLAZIONE ACUSTICA.....	17
3.2.2. MAPPATURA ACUSTICA.....	18
3.2.3. VALORI ACUSTICI IN CORRISPONDENZA DE RICETTORI .....	19
<b>4. ANALISI DELLO SCENARIO POST OPERAM .....</b>	<b>20</b>
4.1. DATI DI INPUT.....	20
4.1.1. PARAMETRI TERRITORIALI.....	20
4.1.2. SORGENTE STRADALE.....	21
4.1.3. STANDARD DI CALCOLO UTILIZZATI .....	22
4.2. DATI DI OUTPUT .....	23
4.2.1. MAPPATURA ACUSTICA.....	23
4.2.2. VALORI ACUSTICI IN CORRISPONDENZA DEI RICETTORI .....	24
<b>5. ANALISI DELLO SCENARIO CORSO D’OPERA .....</b>	<b>25</b>
5.1. DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI STUDIO .....	25
5.2. DATI DI INPUT.....	26
5.2.1. CANTIERE FISSO.....	26
5.2.2. CANTIERI MOBILI.....	27
5.3. OUTPUT DEL MODELLO .....	28
5.3.1. CANTIERE FISSO.....	28

5.3.2.	CANTIERE MOBILE .....	30
5.4.	SCENARIO POST MITIGAZIONE .....	32
5.4.1.	LA TIPOLOGIA DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE .....	32
5.4.2.	OUTPUT DEL MODELLO .....	33
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>36</b>
6.1.	RUMORE STRADALE.....	36
6.2.	RUMORE DI CANTIERE.....	37

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Selezione dei temi di approfondimento

Lo studio acustico si pone come obiettivo quello di definire e valutare i potenziali impatti acustici indotti sia dalla fase di esercizio dell'asse stradale della statale 685 "delle tre valli umbre", 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 dall'asse di progetto;
- 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.

Lo studio è articolato in tre macro-sezioni.

La prima sezione dello studio acustico è finalizzata ad una descrizione generale del quadro conoscitivo, in termini di classificazione acustica del territorio, analisi dei ricettori ed indagine fonometrica per la caratterizzazione del rumore ambientale allo stato attuale.

Il censimento dei ricettori è stato effettuato attraverso un'indagine in sito per l'individuazione degli edifici ricadenti all'interno dell'ambito di studio. Per ciascun edificio individuato è stata predisposta una specifica scheda contenente le principali caratteristiche del fabbricato in termini di posizionamento, dimensioni, stato di conservazione e destinazione d'uso, etc.

Per la caratterizzazione acustica dello stato dei luoghi è stata effettuato il calcolo dei livelli acustici in termini di mappatura del suolo e dei valori in facciata degli edifici residenziali allo stato attuale (mediante il software di simulazione SoundPlan 8.2)

Al fine di verificare se i risultati della modellazione acustica realizzata allo stato attuale fossero in grado di rappresentare adeguatamente il fenomeno e fornire una valida base per le simulazioni modellistiche è stato necessario confrontare i valori acustici in  $Leq(A)$  rilevati durante la campagna fonometrica con quelli calcolati dal modello di simulazione nello stesso punto.

Per la caratterizzazione acustica dello stato dei luoghi è stata effettuata una campagna fonometrica mediante una serie di rilievi acustici in una postazione lungo l'ambito di studio. Le misure sono state svolte mediante fonometro di classe I in accordo a quanto previsto dal DM 16.03.1998.

La seconda 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 stato di progetto all'anno 2036 (scenario Post Operam).

La metodologia di lavoro utilizzata in questa fase è finalizzata al calcolo dei livelli acustici in termini di mappatura del suolo e dei valori in facciata degli edifici residenziali allo stato di progetto (mediante il software di simulazione SoundPlan 8.2), e alla valutazione dei valori stimati, in termini di mappatura del suolo e dei valori in facciata, allo stato di progetto in presenza delle eventuali opere di mitigazione acustica.

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 8.2.

### **1.3. Il modello di simulazione Sound Plan**

Il modello di calcolo utilizzato è SoundPlan versione 8.2: 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 CNOSSOS – EU Road: 2015 riconosciuto dal Decreto Legislativo 17 febbraio 2017 n.42 «Attuazione della direttiva UE 2015/996 che stabilisce metodi comuni per la determinazione del rumore a norma della direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

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 ricevitore, per ognuna delle sue facciate, per ogni piano, restituendo anche l'orientamento delle facciate rispetto alla sorgente sonora, la differenza di quota sorgente-ricevitore 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

Il quadro normativo nazionale in materia di inquinamento acustico prevede che il Comune territorialmente competente stabilisca i limiti acustici delle sorgenti sonore attraverso i criteri prestabiliti dal DPCM del 14/11/97.

L'asse di progetto si sviluppa lungo il territorio dei Comuni di Sant'Anatolia di Narco e Vallo di Nera nella provincia di Perugia.

I comuni interessati dalle opere in progetto 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.

In Tabella 2-1 si riporta lo stato autorizzativo dei Piani per i Comuni ricadenti all'interno dell'ambito di studio.

Provincia	Comune	Estremi di approvazione PCCA
Perugia	Sant'Anatolia di Narco	Approvato con D.C.C. n.43 del 13/12/2010
Perugia	Vallo di Nera	Approvato con D.C.C. n.28 del 26/09/2011

Tabella 2-1 Comuni interessati dal progetto ed estremi di approvazione zonizzazione acustica

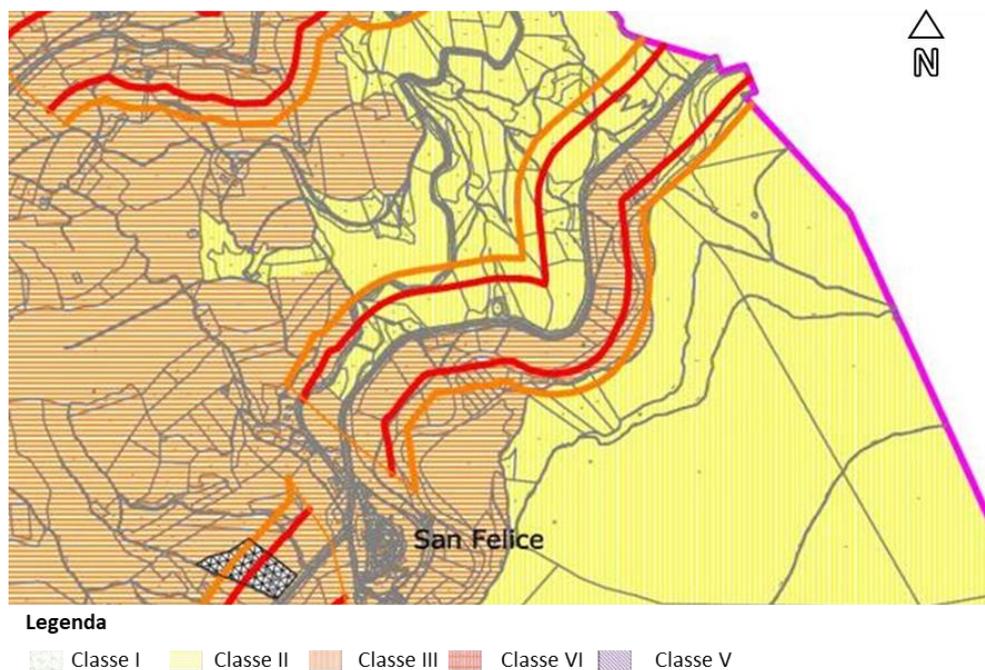
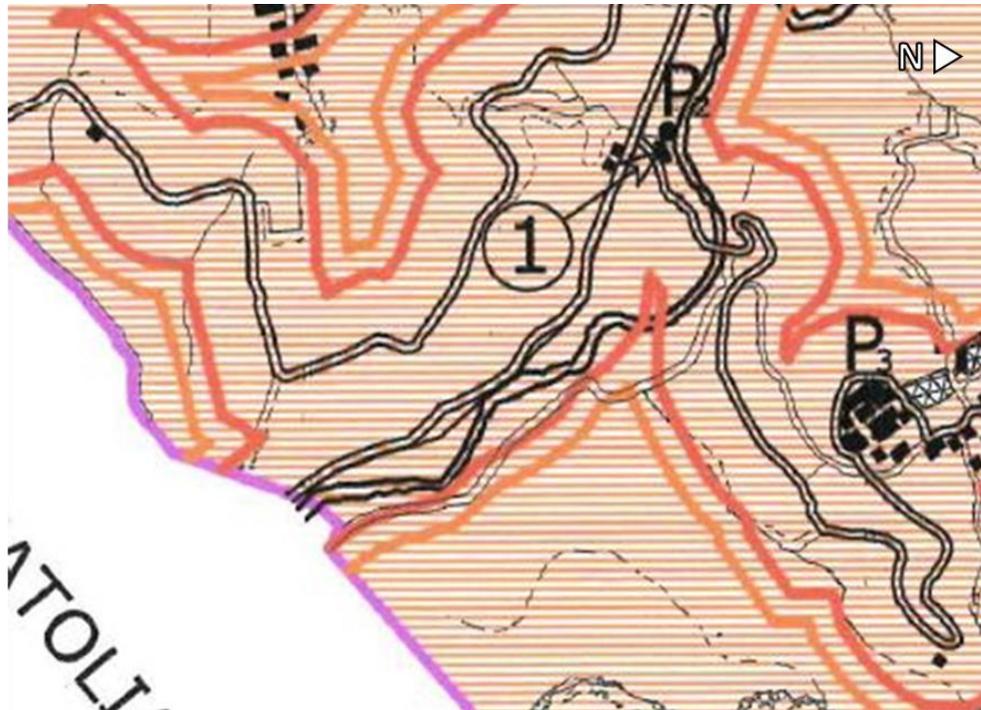


Figura 2-1 Stralcio del Piano di Classificazione Acustica del comune di Sant'Anatolia di Narco



**Legenda**

Classe I
  Classe II
  Classe III
  Classe VI
  Classe V

*Figura 2-2 Stralcio del Piano di Classificazione Acustica del Comune di Vallo di Nera*

Come si evince dalle figure, la quasi totalità del progetto si inserisce all'interno delle zone acustiche di classe 2, classe 3 e classe 4, rispettivamente definite, come indicato dal D.P.C.M. 14/11/1997, "Aree destinate ad uno prevalentemente residenziale", con limite acustico massimo di 55 dB(A) nel periodo diurno e di 45 dB(A) nel periodo notturno, "Aree di tipo misto", con limite acustico massimo di 60 dB(A) nel periodo diurno e 50 dB(A) nel periodo notturno e "Aree ad intensa attività umana", con limite di 65dB(A) nel periodo diurno e 55 dB(A) nel periodo notturno.

Si evidenzia inoltre che, a livello regionale, per quanto riguarda le attività di cantiere a carattere temporaneo e i criteri e le modalità per far richiesta in deroga dei limiti acustici, esse sono regolamentate da:

- Legge Regione Umbria del 13 agosto 2004, n. 1 "Disposizioni per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico".

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. Per quanto riguarda l'asse stradale di progetto, questo è classificato come strada variante ed assimilabile ad esistente (art.1 lettera h) del DPR 142/2004) di tipo Cb; ne consegue che secondo quanto previsto nella tabella 2 dell'allegato A del suddetto Decreto si definiscono due fasce, la prima fascia A di ampiezza pari a 100 m per lato e la seconda fascia B di ampiezza pari a 50 m per lato i cui valori limite sono pari rispettivamente a 70 dB(A) - 65 dB(A) nel periodo diurno e 60 dB(A) – 50 dB(A) in quello notturno. Nel caso di edifici sensibili (scuole, ospedali, etc.) i valori limite si riducono a 50 dB(A) nel periodo diurno e 40 dB(A) in quello notturno.

<b>Tipo di strada (secondo il codice della strada)</b>	<b>Ampiezza fascia di pertinenza (m)</b>	<b>di Scuole, ospedali e case di riposo</b>		<b>Altri ricettori</b>	
<b>Cb – extraurbana secondaria (*) (strada esistente)</b>	100 (fascia A)	50 dB(A)	40 dB(A)	70 dB(A)	60 dB(A)
	50 (fascia B)			65 dB(A)	55 dB(A)

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).

## 2.2. Censimento dei ricettori

Al fine di verificare la presenza di ricettori all'interno dell'area di studio è stato condotto un censimento di tutti gli edifici situati nelle fasce di pertinenza acustica e quindi entro i 150 metri per lato dal confine stradale.

Il censimento ha previsto l'elaborazione di una scheda dettagliata per ogni edificio, contenente tutte le principali informazioni quali le dimensioni, numero di piani, esposizione, d'uso, stato di conservazione, etc.

L'insieme di tutte le schede è contenuto nel documento allegato "Schede censimento ricettori acustici".

In questa fase la presenza di più strutture appartenenti allo stesso complesso strutturale viene censita come un unico ricettore. Nelle successive analisi acustiche ciascun edificio oggetto di verifica dei livelli acustici viene considerato singolarmente. In riferimento alla destinazione d'uso, i ricettori sono classificati in residenziali, commerciali e industriali. A questi si aggiungono gli annessi non residenziali, ossia le strutture secondarie connesse alle unità residenziali e all'interno delle proprietà ma non costituenti ambienti abitativi.

Nel complesso, il censimento ha evidenziato la presenza di 18 ricettori, classificati come riportato nella tabella di seguito.

Destinazione d'uso	N. edifici
<i>Residenziali</i>	12
<i>Commerciali</i>	2
<i>Industriali</i>	1
<i>Annessi non residenziali</i>	3

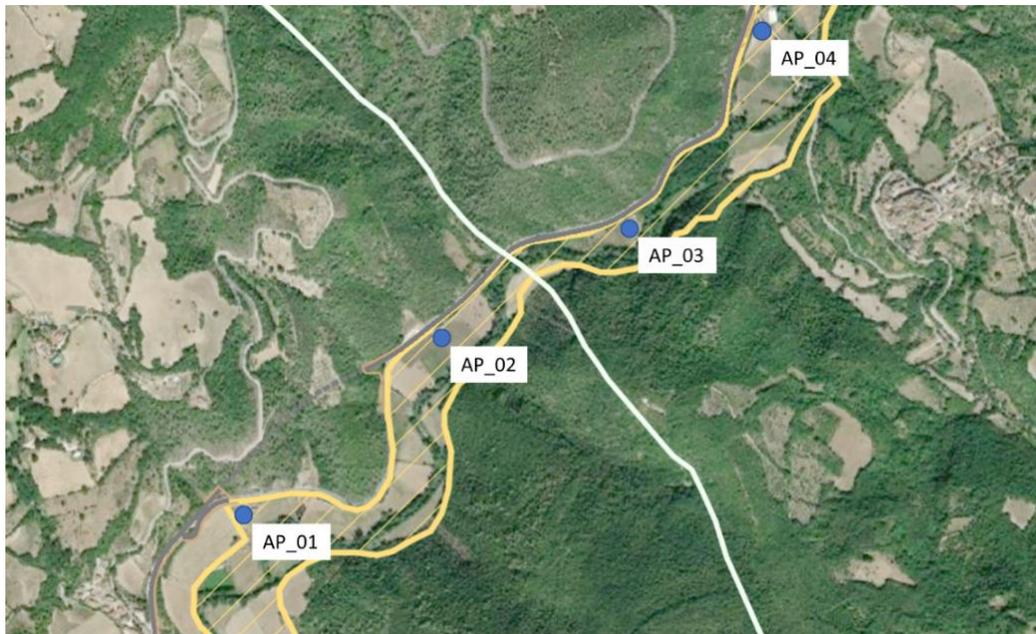
Tabella 2-2 Numero di edifici in funzione della destinazione d'uso

Per quanto concerne i parchi e le aree naturali protette, definite dall'art.1 comma 1 lettera I del DPR 142/2004 come ricettori, il tracciato attraversa l'area protetta ZSC "Valnerina" IT52100046.

Per le successive analisi sono stati inseriti all'interno del modello di calcolo quattro ricevitori all'altezza di 4,00m da terra. Tabella 2-3 e in Figura 2-3 si riporta l'ubicazione dei suddetti punti.

Denominazione	Latitudine	Longitudine
<b>AP_01</b>	42°44'51.30"N	12°50'33.64"E
<b>AP_02</b>	42°45'6.19"N	12°50'55.96"E
<b>AP_03</b>	42°45'15.89"N	12°51'17.57"E
<b>AP_04</b>	42°45'31.10"N	12°51'29.75"E

Tabella 2-3 Localizzazione dei punti di controllo acustico per l'area protetta



*Figura 2-3 Ubicazione dei ricevitori individuati all'interno dell' area protetta "Valnerina"*

### 2.3. Indagini fonometriche

Per la caratterizzazione allo stato attuale, il giorno 20/02/2023, è stata effettuata una campagna fonometrica con tecnica di campionamento MAOG, mediante installazione di un fonometro di classe I lungo l'asse stradale ad una distanza di circa 1,5 metri dal ciglio stradale.

I rilievi fonometrici, unitamente a rilevamenti metereologici, sono stati effettuati in una postazione sia in periodo diurno che notturno. La campagna di monitoraggio consta di una serie di rilievi fonometrici di durata pari a 20 minuti in cinque periodi della giornata.

In Tabella 2-4 sono riportate la localizzazione e la documentazione fotografica del punto di misura scelto per la campagna fonometrica.

**Postazione Rum\_01**

<b>Coordinate GPS</b>		Latitudine	42°44'53.01"N		
		Longitudine	12°50'42.40"E		
<b>Regione</b>	Umbria	<b>Provincia</b>	Perugia	<b>Comune</b>	Sant'Anatolia di Narco
<b>Sorgente principale</b>	SP209	<b>Altre sorgenti</b>		-	
<b>Localizzazione su ortofoto</b>			<b>Documentazione fotografica</b>		
					

Tabella 2-4 Localizzazione del punto di misura Rum\_01

Le misure sono finalizzate alla caratterizzazione dello stato attuale e alla caratterizzazione del rumore ambientale prima dell'inizio delle lavorazioni.

Rimandando per ulteriori approfondimenti all'elaborato "Rapporto di misura per i rilievi fonometrici" - T00IA07AMBRE02A.

In Tabella 2-5 si riporta una sintesi dei valori del Leq(A) divisi in funzione del periodo diurno e notturno:

<b>Punto di misura</b>	<b>Data</b>	<b>Leq(A) diurno</b>	<b>Leq(A) notturno</b>
<b>Rum_01</b>	20/02/2023	66,3	55,1

*Tabella 2-5 Sintesi dei risultati delle misure*

### 3. ANALISI DELLO SCENARIO ANTE OPERAM

#### 3.1. Dati di input

##### 3.1.1. Parametri territoriali

All'interno del modello di simulazione acustico SoundPlan è stata ricostruita l'orografia attuale dell'ambito di studio. La modellazione digitale del terreno (Digital Ground Model) attraverso il software è stata costruita tramite punti quota, linee di elevazione infrastrutture esistenti e gli edifici rilevati in fase di censimento.

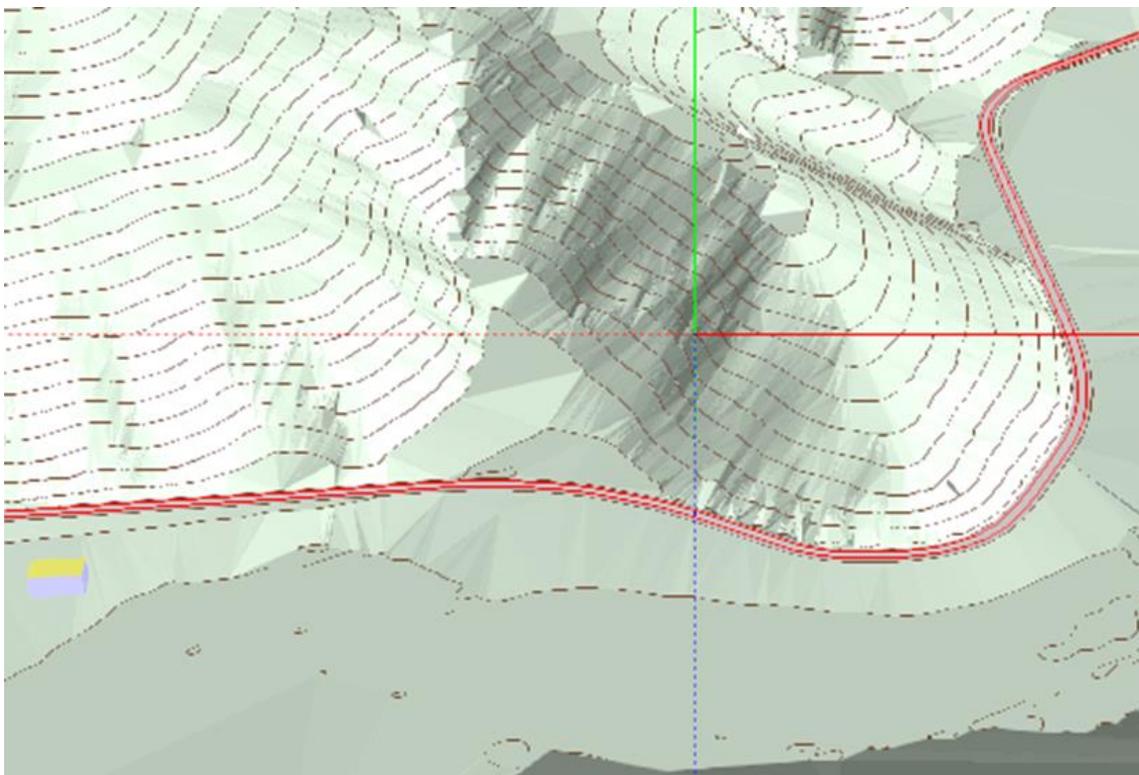


Figura 3-1 Modellazione tridimensionale in SoundPlan dello scenario Ante Operam, esempio di costruzione del DGM

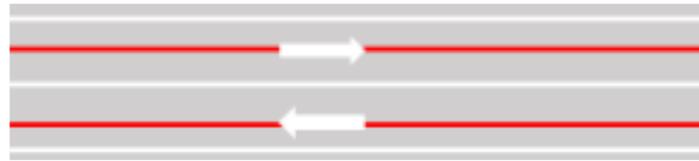
##### 3.1.2. Sorgente stradale

Nel caso in studio l'asse stradale SS 685 “delle tre valli umbre” 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 bidirezionale a 1 corsia dimensioni 3,50m

Nel modello è stata costruita una strada ad unica carreggiata con doppia linea di emissione, una per corsia.



— Banda di emissione

Figura 3-2 Schematizzazione emissione acustica traffico stradale

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 distinti tra veicoli leggeri e pesanti, periodo diurno (6:00-22:00) e notturno (22:00-6:00) e flusso ascendente e discendente dove nel primo caso va in direzione Spoleto e nel secondo in direzione Arquata del Tronto.

Nella tabella seguente si riportano i dati di traffico dello stato attuale dell'anno 2022.

**Traffico stato attuale - anno 2022 (veic./h)**

Direzione	Periodo	leggeri	pesanti	totali	Schematizzazione della rete
Ascendente	Diurno	88	5	93	
	Notturmo	9	1	10	
Discendente	Diurno	97	5	102	
	Notturmo	9	1	10	

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 lungo il tratto stradale una velocità di percorrenza per i veicoli leggeri di 60km/h, mentre per quelli pesanti 50 km/h.

### **3.1.3. Standard di calcolo utilizzati**

Come ampiamente trattato, la valutazione dei livelli sonori è stata condotta mediante la simulazione del rumore generato dalle sorgenti acustiche stradali, utilizzando il software di calcolo SoundPLAN versione 8.2, in cui sono implementati i metodi di calcolo comuni per la valutazione del rumore nell'Unione Europea ("NMPB 2008").

Di seguito vengono riportati i dati di input necessari per l'implementazione del nuovo modello di calcolo NMPB 2008 per quanto riguarda il rumore stradale.

#### **1. Condizioni metereologiche**

- Umidità 76%
- Temperatura 17°C
- Pressione atm 1021 mbar
- Condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono pari a:
  - 50% nel periodo diurno (06:00; 22:00);
  - 100% nel periodo notturno (22:00; 06:00).

#### **2. Tipologia asfalto**

- Pavimentazione stradale considerata tipo standard

### 3.2. Dati di output

#### 3.2.1. Verifica dell'affidabilità della modellazione acustica

Prima di procedere con le simulazioni acustiche, occorre verificare l'affidabilità del modello SoundPlan e della modellazione acustica elaborata confrontando i valori acustici in Leq(A) rilevati durante la campagna fonometrica con quelli calcolati dal modello di simulazione nello stesso punto.

La verifica è stata effettuata con la postazione Rum\_01 ubicata lungo la SS685 per la quale è stata predisposta una misura con metodologia MAOG finalizzata alla valutazione del rumore stradale. Nel modello di simulazione è stato inserito pertanto un ricevitore singolo posizionato ad una altezza dal suolo (1,5 m) e nella medesima posizione del fonometro durante la campagna.

Come si evince dalla tabella il confronto tra i livelli acustici calcolati dal software e i valori registrati durante l'indagine fonometrica mette in evidenza come la modellazione acustica sviluppata in SoundPlan risulti attendibile in quanto restituisce valori prossimi a quelli rilevati con il fonometro.

**Calibrazione del modello di simulazione**

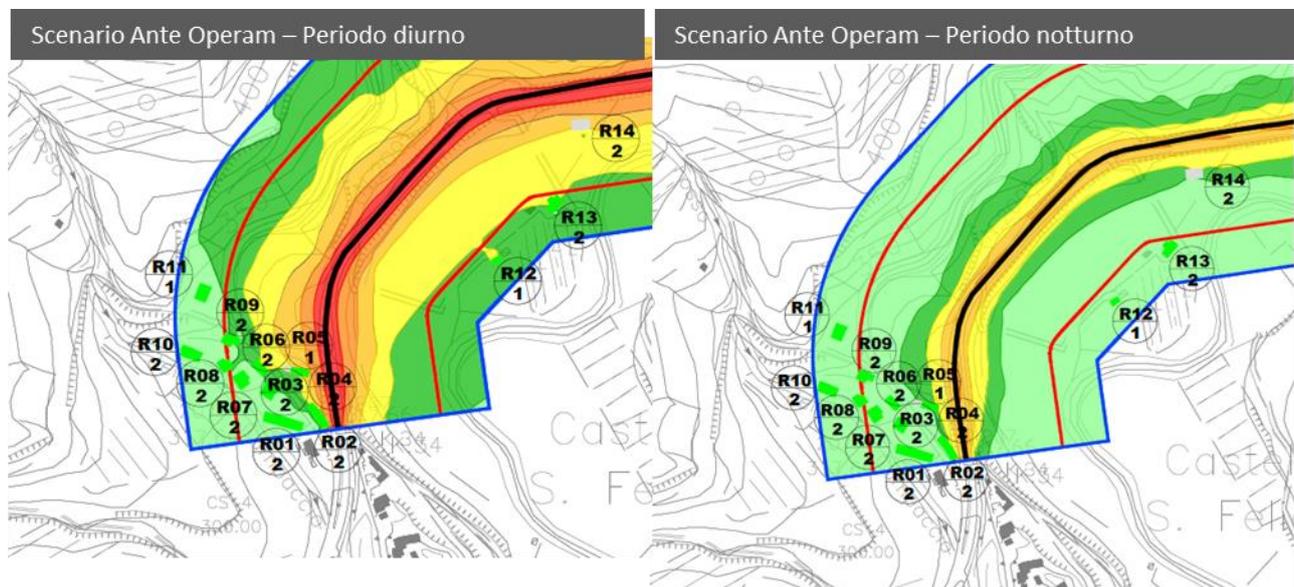
Punto di misura	Leq (A) simulato [dB(A)]		Leq (A) misurato [dB(A)]		Differenza [dB(A)]	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
Rum_01	67,3	54,2	66,3	55,1	0,95	0,91

### 3.2.2. Mappatura acustica

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in Leq (A) mediante 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 sono rappresentate nelle tavole "Clima acustico ante operam periodo diurno" (Codice elaborato T00IA07AMBCT04A) e "Clima acustico ante operam periodo notturno" (Codice elaborato T00IA07AMBCT05A).

In Figura 3-3 si riporta uno stralcio degli elaborati grafici sopra menzionati.



#### Legenda

Fasce di pertinenza acustica strada esiste tipo C2

— Fascia A      — Fascia B

Curve di isolivello Leq(A)

■ <40 dB(A)   
 ■ 40-45 dB(A)   
 ■ 45-50 dB(A)   
 ■ 50-55 dB(A)   
 ■ 55-60 dB(A)   
 ■ 60-65 dB(A)   
 ■ >70 dB(A)

Figura 3-3 Scenario Ante Operam: Confronto mappatura acustica periodo diurno-notturno

### 3.2.3. Valori acustici in corrispondenza de ricettori

Per ogni edificio è stato calcolato il livello acustico ad 1 metro dalla facciata per ciascun piano e facciata. Il calcolo è stato limitato ai soli edifici che ricadono all'interno delle fasce di pertinenza acustica. Si specifica che i valori calcolati, sono relativi alla sola facciata più esposta e pertanto nelle analisi sono state escluse le facciate cieche, ossia caratterizzate dall'assenza di infissi.

I valori massimi determinati in corrispondenza della facciata più esposta sono riportati di seguito per ciascun ricettore considerato unitamente al confronto con i valori limite.

Cod. Ricettore	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Impatto residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R01	PT	Residenziale	70	60	39,3	30,1	-	-
	P1	Residenziale	70	60	41,6	32,4	-	-
R02	PT	Residenziale	70	60	56,8	47,7	-	-
	P1	Residenziale	70	60	60,6	51,5	-	-
R03	PT	Residenziale	70	60	39,2	30,1	-	-
	P1	Residenziale	70	60	42,6	33,5	-	-
R04	PT	Residenziale	70	60	50,4	41,3	-	-
	P1	Residenziale	70	60	56,5	47,5	-	-
R06	PT	Residenziale	70	60	41,1	32,1	-	-
	P1	Residenziale	70	60	45,7	36,7	-	-
R07	PT	Residenziale	70	60	33,1	24,0	-	-
	P1	Residenziale	70	60	38,2	29,1	-	-
R08	PT	Residenziale	70	60	39,8	30,7	-	-
	P1	Residenziale	70	60	42,2	33,2	-	-
R09	PT	Residenziale	70	60	40,6	31,6	-	-
	P1	Residenziale	70	60	43,6	34,5	-	-
R10	PT	Residenziale	65	55	36,0	26,9	-	-
	P1	Residenziale	65	55	39,4	30,3	-	-
R11	PT	Residenziale	65	55	39,5	30,4	-	-
R12	PT	Residenziale	65	55	45,3	36,2	-	-
R13	PT	Residenziale	65	55	45,0	35,9	-	-
	P1	Residenziale	65	55	46,9	37,8	-	-
R16	PT	Commerciale	70	60	63,3	54,3	-	-
R17	PT	Commerciale	70	60	51,8	42,7	-	-
	P1	Commerciale	70	60	55,2	46,1	-	-
AP_01	H=4m	Area protetta	70	60	59,7	50,6	-	-
AP_02	H=4m	Area protetta	70	60	60,4	51,4	-	-
AP_03	H=4m	Area protetta	70	60	60,6	51,5	-	-
AP_04	H=4m	Area protetta	70	60	61,2	52,1	-	-

Tabella 3-2 Scenario Ante Operam – Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

#### 4. ANALISI DELLO SCENARIO POST OPERAM

##### 4.1. Dati di input

##### 4.1.1. 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 indotto dall'esercizio dell'infrastruttura. 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, edifici rilevati in fase di censimento e il profilo e la planimetria di tracciato dell'infrastruttura principale e secondarie secondo il progetto definitivo.

Nello specifico per ciascuna sezione stradale individuata nel progetto sono state inserite tutte le informazioni connesse sia all'asse stradale (altezza piano campagna, larghezza carreggiate, numero di corsie, etc.) sia al corpo stradale secondo la tipologia di sezione (trincea, rilevato, viadotto, etc.).

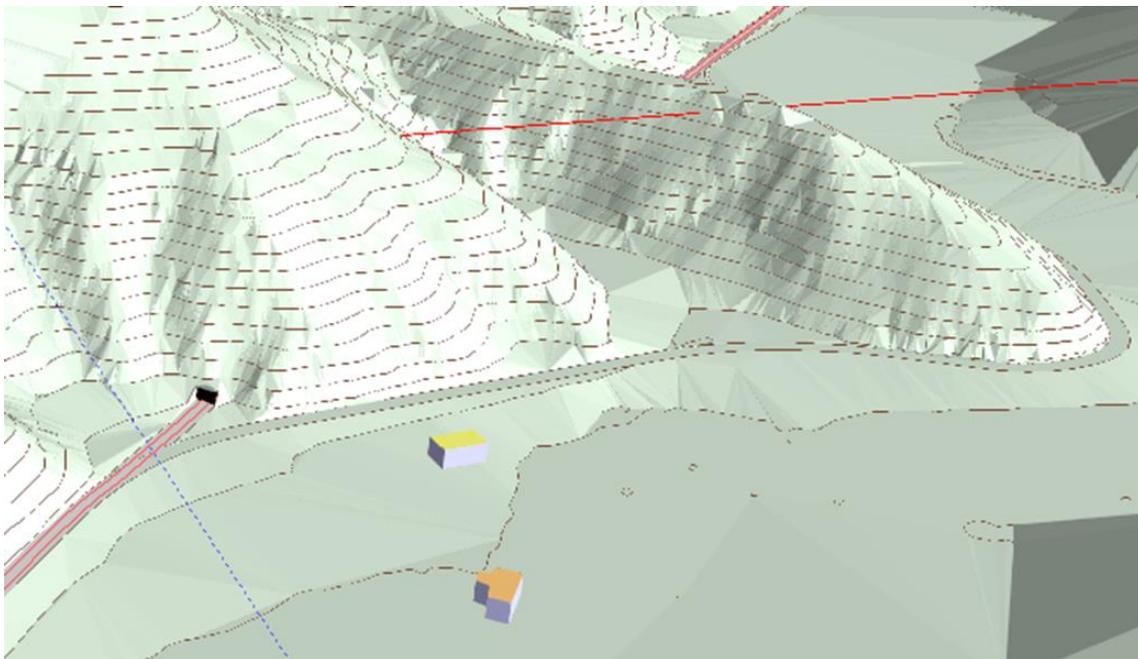


Figura 4-1 Modellazione tridimensionale in soundplan dello scenario post operam, esempio di costruzione del dgm

#### 4.1.2. Sorgente stradale

Nel caso in studio l'asse stradale SS 685 "delle tre valli umbre" è la sorgente acustica viaria oggetto di studio. Oltre, quindi, ad inserire le caratteristiche geometriche della stessa secondo la futura 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 bidirezionale a 1 corsia dimensioni 3,75m

Nel modello è stata costruita una strada ad unica carreggiata con doppia linea di emissione, una per corsia.

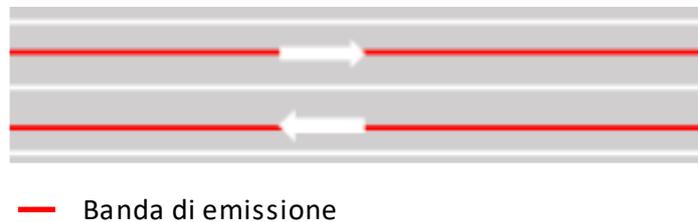


Figura 4-2 Schematizzazione emissione acustica traffico stradale

##### 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 in previsione all'anno 2036, desunti dallo studio trasportistico T01EG00GENRE03A e considerati per la modellazione acustica Post Operam. Il flusso ascendente va in direzione Spoleto, mentre il flusso discendente in direzione Arquata del Tronto.

Traffico stato futuro (veic./h)					Schematizzazione della rete
Direzione	Periodo	leggeri	pesanti	totali	
Ascendente	Diurno	139	8	147	
	Notturmo	10	1	11	
Discendente	Diurno	154	8	162	
	Notturmo	11	1	12	

Tabella 4-1 Dati di traffico implementati all'interno del modello di calcolo SoundPlan per lo scenario Post Operam

### Velocità di percorrenza

Rispetto a tale parametro è stata assunta lungo il tratto stradale una velocità di percorrenza per i veicoli leggeri di 70km/h, mentre per quelli pesanti 60 km/h.

### **4.1.3. Standard di calcolo utilizzati**

Come ampiamente trattato, la valutazione dei livelli sonori è stata condotta mediante la simulazione del rumore generato dalle sorgenti acustiche stradali, utilizzando il software di calcolo SoundPLAN versione 8.2, in cui sono implementati i metodi di calcolo comuni per la valutazione del rumore nell'Unione Europea ("NMPB 2008").

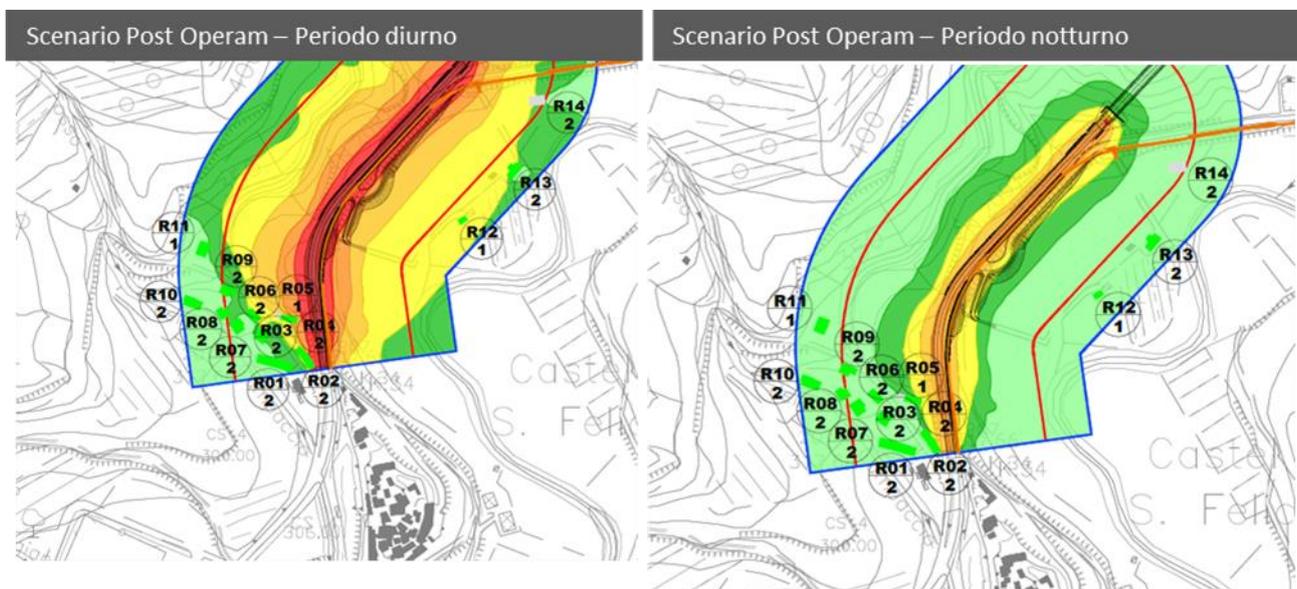
I parametri implementati all'interno del modello di simulazione inerenti meteo e pavimentazione stradale sono gli stessi utilizzati per lo scenario ante operam.

## 4.2. Dati di output

### 4.2.1. Mappatura acustica

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in Leq (A) mediante 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 sono rappresentate nelle tavole "Clima acustico post operam periodo diurno" (Codice elaborato T00IA07AMBCT06A) e "Clima acustico post operam periodo notturno" (Codice elaborato T00IA07AMBCT07A).



### Legenda

Fasce di pertinenza acustica strada esiste tipo C2

— Fascia A      — Fascia B

Curve di isolivello Leq(A)

■ <40 dB(A)   
 ■ 40-45 dB(A)   
 ■ 45-50 dB(A)   
 ■ 50-55 dB(A)   
 ■ 55-60 dB(A)   
 ■ 60-65 dB(A)   
 ■ 65-70 dB(A)   
 ■ >70 dB(A)

Figura 4-3 Scenario Post Operam: Confronto mappatura acustica periodo diurno-notturno

#### 4.2.2. Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

Come quanto fatto per lo scenario Ante Operam, per ogni edificio è stato calcolato il livello acustico ad 1 metro dalla facciata per ciascun piano e facciata. Il calcolo è stato limitato ai soli edifici che ricadono all'interno delle fasce di pertinenza acustica. Si specifica che i valori calcolati, sono relativi alla sola facciata più esposta e pertanto nelle analisi sono state escluse le facciate cieche, ossia caratterizzate dall'assenza di infissi.

I valori massimi determinati in corrispondenza della facciata più esposta sono riportati di seguito per ciascun ricettore considerato unitamente al confronto con i valori limite.

Cod. Ricettore	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Impatto residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R01	PT	Residenziale	70	60	46,8	36,2	-	-
	P1	Residenziale	70	60	50,8	40,3	-	-
R02	PT	Residenziale	70	60	58,2	47,5	-	-
	P1	Residenziale	70	60	61,7	51,0	-	-
R03	PT	Residenziale	70	60	41,8	31,2	-	-
	P1	Residenziale	70	60	53,3	42,6	-	-
R04	PT	Residenziale	70	60	59,3	48,7	-	-
	P1	Residenziale	70	60	50,5	39,9	-	-
R06	PT	Residenziale	70	60	45,6	34,9	-	-
	P1	Residenziale	70	60	46,2	35,5	-	-
R07	PT	Residenziale	70	60	47,4	36,7	-	-
	P1	Residenziale	70	60	48,4	37,7	-	-
R08	PT	Residenziale	70	60	50,0	39,4	-	-
	P1	Residenziale	70	60	50,5	39,9	-	-
R09	PT	Residenziale	70	60	42,8	32,2	-	-
	P1	Residenziale	70	60	43,9	33,3	-	-
R10	PT	Residenziale	65	55	47,7	37,0	-	-
	P1	Residenziale	65	55	45,8	35,2	-	-
R11	PT	Residenziale	65	55	45,5	34,8	-	-
R12	PT	Residenziale	65	55	46,5	35,9	-	-
R13	PT	Residenziale	65	55	66,6	55,9	-	-
	P1	Residenziale	65	55	54,7	44,0	-	-
R16	PT	Commerciale	70	60	58,1	47,5	-	-
	P1	Commerciale	70	60	46,8	36,2	-	-
R17	PT	Commerciale	70	60	46,8	36,2	-	-
	P1	Commerciale	70	60	50,8	40,3	-	-
AP_01	H=4m	Area protetta	70	60	51,2	50,4	-	-
AP_02	H=4m	Area protetta	70	60	62,4	51,7	-	-
AP_03	H=4m	Area protetta	70	60	63,8	53,1	-	-
AP_04	H=4m	Area protetta	70	60	63,2	52,6	-	-

Tabella 4-2 Scenario Post Operam - Livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

## **5. ANALISI DELLO SCENARIO CORSO D'OPERA**

### **5.1. Definizione degli scenari di studio**

Per la fase di "Corso D'Opera" sono stati considerati due diversi scenari operativi di cantiere: il primo connesso alle aree di cantiere di tipo fisso, con le annesse attività lavorative interne e le aree di deposito, e il secondo a quelle di tipo mobile, definendo cantieri tipologici che si differenziano per le diverse attività lavorative e sorgenti emmissive presenti al loro interno.

La prima fase consiste nella valutazione del clima acustico legato alle emissioni sonore prodotte dalle attività che si svolgono all'interno dei cantieri operativi e delle aree di deposito.

In riferimento a tale scenario, le aree di cantiere di tipo fisso, le relative aree di deposito e le attività interne sono state localizzate secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali.

La seconda fase è finalizzata invece all'analisi e valutazione del rumore indotto dal fronte di avanzamento dei lavori. Per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere tipologico. Stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato per l'allargamento della sezione stradale.

Tale metodo permette di determinare in ogni situazione la configurazione peggiore. A seguito della modellizzazione dei cantieri mobili viene individuata la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti, verificando la presenza di eventuali ricettori all'interno di tale fascia. Sulla base delle precedenti valutazioni si sono indentificati gli opportuni interventi di mitigazione acustica, ovvero barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 metri.

In riferimento ad entrambi gli scenari operativi, per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività di un turno lavorativo pari a 8 ore, sia per i cantieri fissi che mobili, nel solo periodo diurno nell'arco temporale tra le 6:00 – 22:00, con un'ora di pausa complessiva per ciascun turno di lavoro.

## 5.2. Dati di input

### 5.2.1. Cantiere fisso

In ragione della tipologia del tracciato di studio è stato individuato uno scenario di simulazione inerente all'area di cantiere operativo fisso.

Nello specifico lo scenario selezionato riguarda l'area di cantiere per il quale si sono ritenuti non trascurabili gli effetti indotti dalle lavorazioni e per i quali si è ritenuto necessario verificare le condizioni di esposizione al rumore dei ricettori ad essa limitrofi. Per lo scenario individuato è stata considerata la contemporaneità delle seguenti attività di cantiere:

- Scenario di simulazione:
  - Lavorazione presso area di deposito;
  - Scavo imbocco sud galleria;
  - Traffico di cantierizzazione.

Per lo scenario di simulazione identificato sono state considerate le lavorazioni elementari ritenute più rilevanti in termini acustici. Per ogni lavorazione è stato individuato il numero, la tipologia di macchinari presenti con la rispettiva percentuale di impiego in un'ora e il livello di potenza sonora.

In Tabella 5-1 sono riportate le caratteristiche emissive e l'operatività associate ai mezzi d'opera presenti nelle aree di cantiere.

#### Area di deposito

Mezzi di cantiere	Numero	Tot. dB(A)	% oraria di impiego
Pala gommata	1	102,6	80
Escavatore	1	107	80

#### Cantiere operativo

Mezzi di cantiere	Numero	Tot. dB(A)	% oraria di impiego
Escavatore con martello demolitore	1	115	80
Escavatore	1	107	80

Tabella 5-1 Livello di potenza sonora dei mezzi delle aree di cantiere fisse

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 e con frequenza centrale pari a 500 Hz.

Oltre alle sorgenti acustiche inserite nel modello di simulazione come sopradescritto, è stata considerata l'orografia del territorio secondo l'assetto naturale ed antropico dell'area di studio. La modellazione tiene conto, pertanto, anche dell'attuale assetto infrastrutturale e della presenza degli edifici secondo quanto già sviluppato per lo studio relativo allo scenario di esercizio.

Infine, per quanto concerne il traffico di cantiere, in virtù dei materiali da movimentare, sono stati considerati i seguenti flussi in entrata e uscita dalla relativa area di cantiere:

- area di cantiere: 5 veic/h;

### 5.2.2. Cantieri mobili

In ragione della tipologia del tracciato di studio per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere tipologico. Entrando nello specifico, stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato. Per il cantiere mobile è stato individuato il numero, la tipologia di macchinari presenti con la rispettiva percentuale di impiego in un'ora e il livello di potenza sonora.

#### Realizzazione rilevato

Mezzi di cantiere	Numero	Tot. dB(A)	% oraria di impiego
Autocarro	1	101,9	80
Escavatore	1	107	80

Tabella 5-2 Livello di potenza sonora dei mezzi considerati per il cantiere lungolinea

Data la dinamicità delle attività di cantiere di tipo mobile, ciascuna area viene schematizzata nel modello di simulazione come una sorgente areale posta ad un'altezza di 1,5 m con lunghezza pari a 50 m e larghezza di 25 metri.

### 5.3. Output del modello

#### 5.3.1. Cantiere fisso

##### 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.

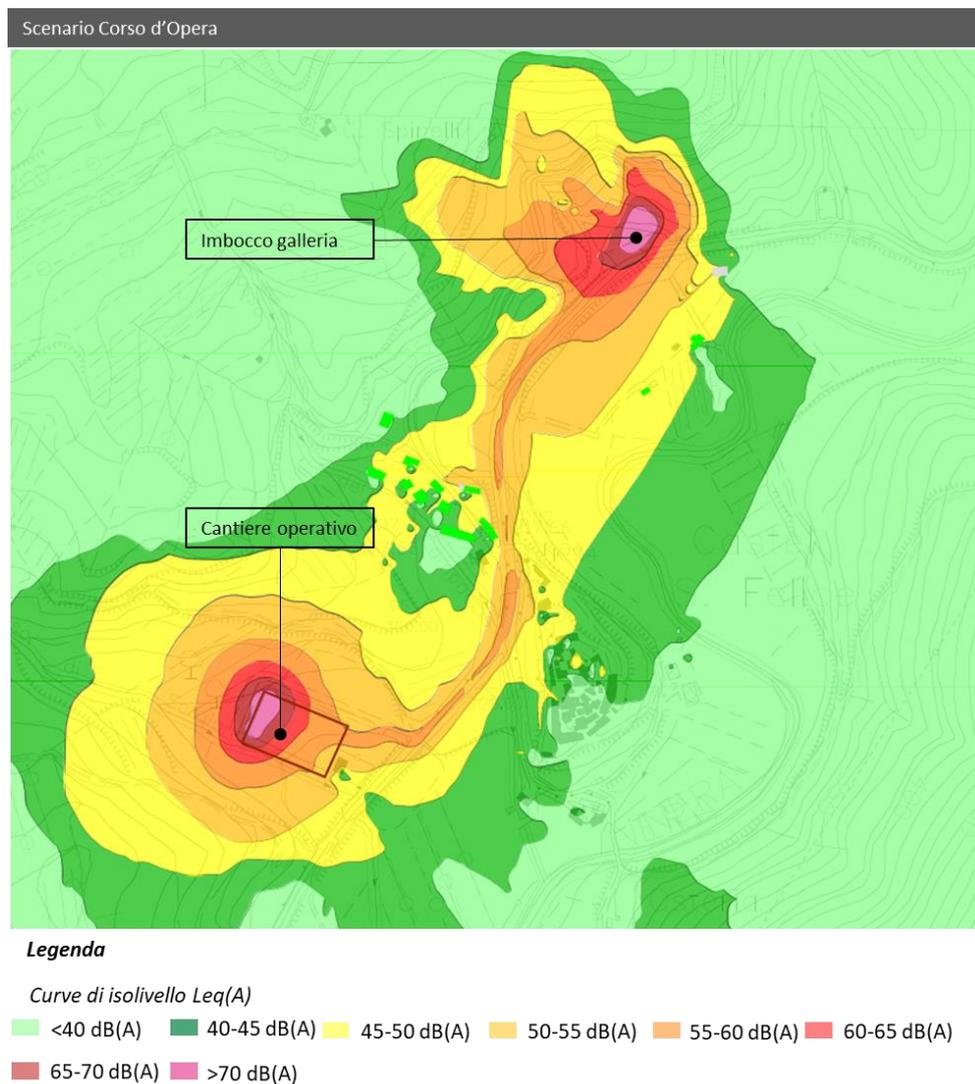


Figura 5-1 Scenario Corso d'Opera: Mappatura acustica

Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

Per ogni edificio situato nei pressi delle aree di lavorazione è stato calcolato il livello acustico ad 1 metro dalla facciata per ciascun piano e facciata. Il calcolo è stato limitato ai soli edifici che ricadono all'interno delle fasce di pertinenza acustica. I valori massimi determinati in corrispondenza della facciata più esposta sono riportati per ciascun ricettore considerato.

I valori calcolati, limitatamente a quelli relativi alla sola facciata più esposta, sono riportati in appendice della presente relazione. I risultati ottenuti, data la considerevole distanza delle aree di cantiere dal centro abitato, non hanno evidenziato superamenti dei valori limite previsti dalla norma.

Cod. Ricettore	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Impatto residuo in facciata	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R01	PT	Residenziale	70	60	37,0	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	40,1	-	-	-
R02	PT	Residenziale	70	60	45,0	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	48,5	-	-	-
R03	PT	Residenziale	70	60	29,9	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	33,3	-	-	-
R04	PT	Residenziale	70	60	40,5	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	46,6	-	-	-
R06	PT	Residenziale	70	60	30,4	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	35,4	-	-	-
R07	PT	Residenziale	70	60	22,8	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	27,2	-	-	-
R08	PT	Residenziale	70	60	26,7	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	30,4	-	-	-
R09	PT	Residenziale	70	60	29,5	-	-	-
	P1	Residenziale	70	60	33,8	-	-	-
R10	PT	Residenziale	65	55	32,1	-	-	-
	P1	Residenziale	65	55	29,9	-	-	-
R11	PT	Residenziale	65	55	28,9	-	-	-
R12	PT	Residenziale	65	55	32,8	-	-	-
R13	PT	Residenziale	65	55	33,4	-	-	-
	P1	Residenziale	65	55	32,4	-	-	-
AP_01	H=4m	Area protetta	70	60	39,1	-	-	-

Tabella 5-3 Scenario Corso d'Opera: livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

### 5.3.2. Cantiere mobile

#### Mappatura acustica

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in  $Leq(A)$  in termini di mappature acustiche in planimetria, calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo, e in sezione verticale, con un'altezza di calcolo pari a 20 metri. Per le mappature acustiche in planimetria, la griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 10 metri con ordine di riflessione pari a 3, mentre, per le mappature acustiche in sezione verticale, la griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 0,1 metri.

Di seguito si riportano le mappature in planimetria e in sezione verticale per le aree di cantiere di tipo mobile.

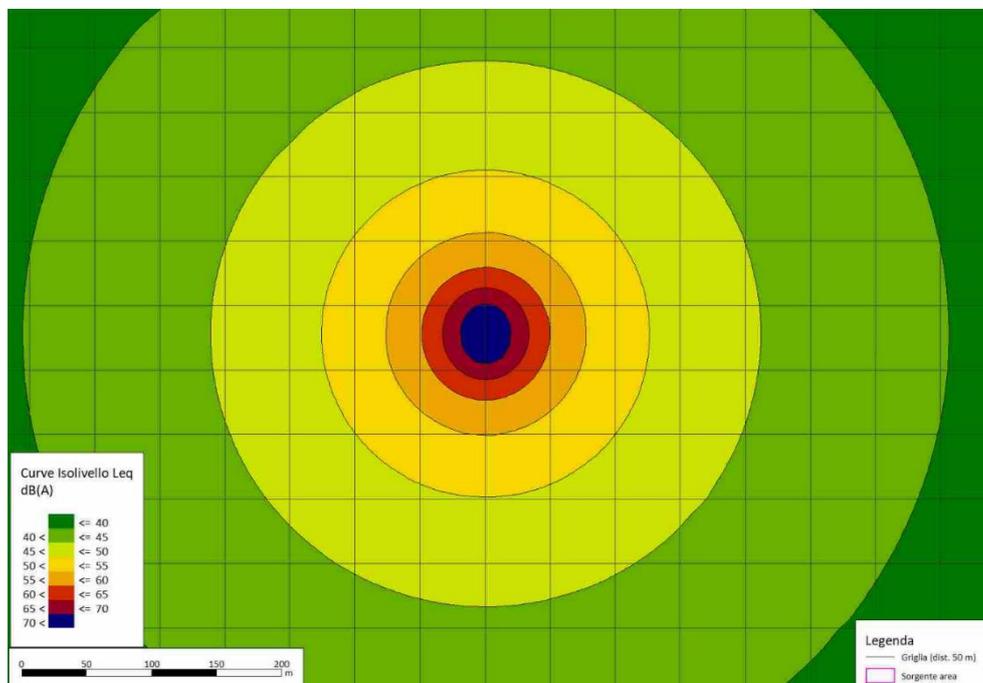


Figura 5-2 Mappatura acustica in planimetria: cantiere mobile connesso alla realizzazione del corpo rilevato

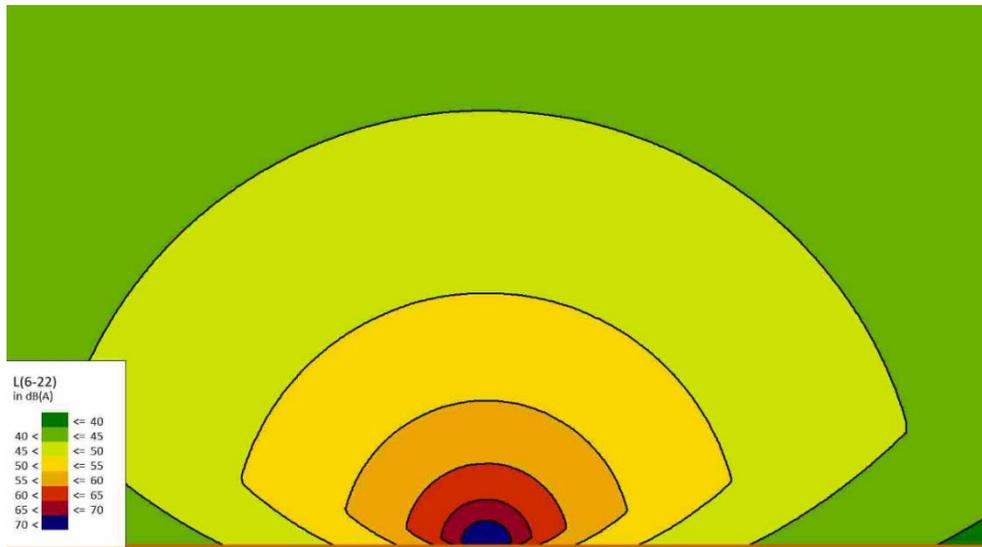


Figura 5-3 Mappatura acustica in sezione verticale: cantiere mobile connesso alla realizzazione del corpo rilevato

#### Limiti acustici in corrispondenza dei ricettori

Per il cantiere tipologico è stata definita la distanza che intercorre tra il fronte dell'area di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti. Tali distanze sono riportate in Tabella 5-4. Successivamente sono stati individuati gli edifici che ricadono all'interno di questa fascia, che rappresenta il superamento dei livelli acustici in facciata. Si riporta in Tabella 5-5 i ricettori che ricadono all'interno di tale fascia.

<b>Curva isolivello [dB(A)]</b>	<b>Distanza curva - ricettore</b>
<b>70</b>	15
<b>65</b>	29
<b>60</b>	46
<b>55</b>	76
<b>50</b>	129

Tabella 5-4 Distanza che intercorre tra il fronte di cantiere mobile e le curve di isolivello

Codice ricettore	Numero Piani	Destinazione d'uso	Distanza fronte di cantiere – curva limite [m]	Distanza fronte di cantiere – facciata edificio più esposta [m]
R_01	2	Residenziale	46	33
R_02	2	Residenziale	46	8
R_04	2	Residenziale	46	20
R_16	1	Commerciale	46	12
R_17	2	Commerciale	46	22
AP_01	4	Area protetta ZSC	46	10

Tabella 5-5 Ricettori con superamento dei livelli acustici in facciata

## 5.4. Scenario Post Mitigazione

### 5.4.1. La tipologia di interventi di mitigazione

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]	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
Coefficiente di assorbimento	0,3	0,45	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,75	0,7

Tabella 5-6 Coefficiente di assorbimento in funzione dello spettro delle frequenze per le barriere fonoassorbenti considerate

All'interno del modello di calcolo, le barriere antirumore di tipo mobile sono state computate con un'altezza di 3 m e posizionate lungo la recinzione delle aree di lavorazione con una estensione pari a 100 metri.

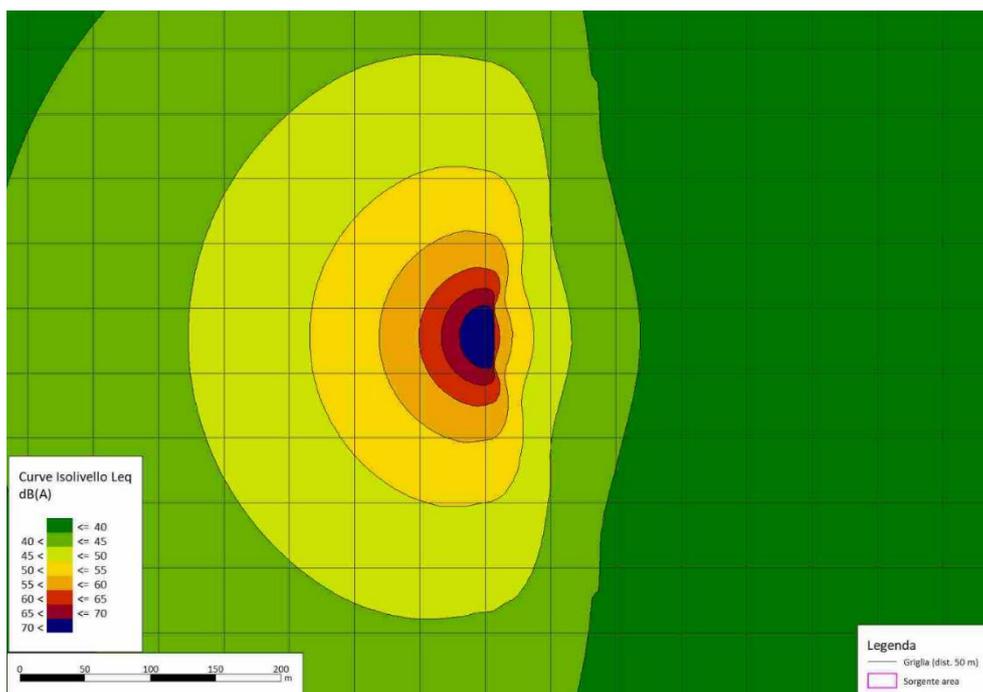
#### 5.4.2. Output del modello

##### Cantiere mobile

##### *Mappatura acustica*

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in  $Leq(A)$  in termini di mappature acustiche in planimetria, calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo, e in sezione verticale, con un'altezza di calcolo pari a 20 metri. Per le mappature acustiche in planimetria, la griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 10 metri con ordine di riflessione pari a 3, mentre, per le mappature acustiche in sezione verticale, la griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 0,1 metri.

Di seguito si riportano le mappature in planimetria e in sezione verticale per le aree di cantiere di tipo mobile in presenza di barriere antirumore.



*Figura 5-4 Mappatura acustica in planimetria: cantiere mobile connesso alla realizzazione del corpo rilevato in presenza di barriera antirumore*

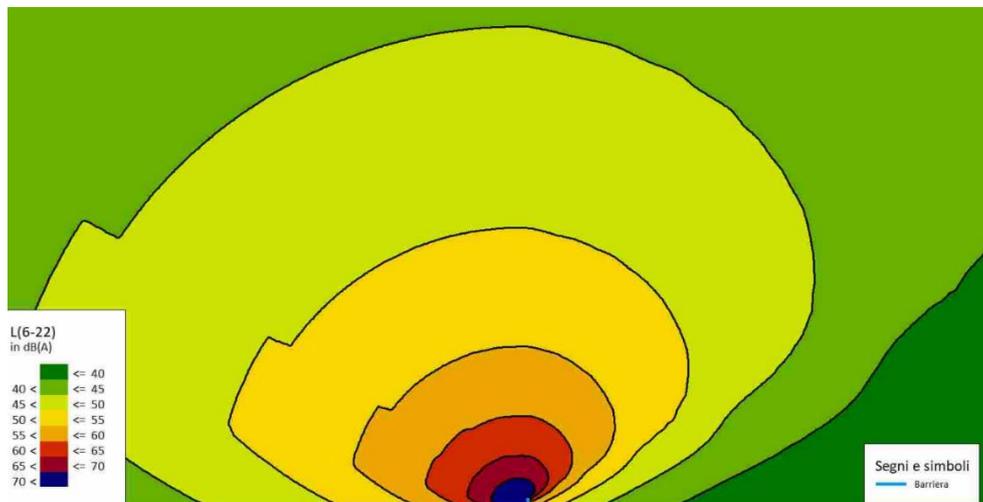


Figura 5-5 Mappatura acustica in sezione verticale: cantiere mobile connesso alla realizzazione del corpo rilevato in presenza di barriera antirumore

#### Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

Per il cantiere tipologico è stata definita la distanza che intercorre tra il fronte dell'area di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti. Successivamente è stata definita quale tipologia di barriera adottare per i ricettori individuati in Tabella 5-8, che presentavano il superamento dei limiti normativi, quindi ne è stata verificata l'efficacia.

In Tabella 5-7 si riporta la distanza tra il fronte dei lavori e il limite della curva di isolivello in presenza di barriera antirumore.

Codice ricettore	Numero Piani	Destinazione d'uso	Distanza fronte di cantiere – curva limite [m]	Distanza fronte di cantiere – facciata edificio più esposta [m]
R_01	2	Residenziale	8	33
R_02	2	Residenziale	8	8
R_04	2	Residenziale	8	20
R_16	1	Commerciale	8	12
R_17	2	Commerciale	8	22
AP_01	4m	Area protetta	8	10

Tabella 5-7 Verifica dei limiti normativi a fronte dell'adozione di barriere acustiche di tipo mobile

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli interventi di mitigazione adottati:

<i>ID Barriera</i>	<i>Pk inizio</i>	<i>Pk fine</i>	<i>H [m]</i>
<b>BA_01</b>	0+000	0+075	3
<b>BA_02</b>	2+300	2+350	3
<b>BA_03</b>	2+300	2+350	3
<b>BA_04</b>	0+350	0+425	3

*Tabella 5-8 Localizzazione barriere acustiche di tipo mobile*



*Figura 5-6 Localizzazione delle barriere acustiche*

Attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti tutti i ricettori residenziali, per i quali nello scenario corso d'opera presentavano un superamento dei limiti normativi, risultano completamente mitigati.

## 6. CONCLUSIONI

### 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 statale 685 "delle tre valli umbre".

In particolare è stato effettuato il censimento dei ricettori presenti nell'area di studio e condotta una campagna fonometrica il giorno 20/02/2022 al fine di definire le caratteristiche del rumore ambientale allo stato attuale e di verificare l'affidabilità del modello (SoundPlan 8.2) 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 Sant'Anatolia di Narco.

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 sia nella configurazione attuale che in quella di progetto. I flussi di traffico, determinati dallo studio trasportistico, si riferiscono allo scenario in previsione all'anno 2036 in cui si ipotizza l'entrata in esercizio dell'infrastruttura. A partire dai dati di traffico, distinti in veicoli leggeri e pesanti, è stato simulato lo scenario 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.

Il calcolo è stato effettuato sia in termini di mappatura acustica che di livelli puntuali calcolati ad 1 metro dalla facciata per ciascun ricettore a destinazione residenziale (periodo diurno e notturno) e commerciale (periodo diurno). I risultati sono riportati negli elaborati grafici (cod. Elaborato T00IA07AMBCT04-7°) e in Tabella 4-2.

Nel complesso i risultati del modello di simulazione 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 di due postazioni di monitoraggio, poste in prossimità dei ricettori R\_13 e R\_05.

Tali misure permetteranno di verificare l'effettivo contributo emissivo 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 la fase di "Corso D'Opera" sono stati considerati due diversi scenari operativi di cantiere: il primo connesso alle aree di cantiere di tipo fisso, con le annesse attività lavorative interne e le aree di deposito, e il secondo a quelle di tipo mobile, definendo cantieri tipologici che si differenziano per le diverse attività lavorative e sorgenti emmissive presenti al loro interno.

La prima fase consiste nella valutazione del clima acustico legato alle emissioni sonore prodotte dalle attività che si svolgono all'interno dei cantieri operativi e delle aree di deposito.

In riferimento a tale scenario, le aree di cantiere di tipo fisso, le relative aree di deposito e le attività interne sono state localizzate secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali.

La seconda fase è finalizzata invece all'analisi e valutazione del rumore indotto dal fronte di avanzamento dei lavori. Per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere tipologico. Stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato.

Tale metodo permette di determinare in ogni situazione la configurazione peggiore. A seguito della modellizzazione dei cantieri mobili viene individuata la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti, verificando la presenza di eventuali ricettori all'interno di tale fascia. Sulla base delle precedenti valutazioni si sono indentificati gli opportuni interventi di mitigazione acustica, ovvero barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 metri.

Entrando nel merito della modellazione acustica dei cantieri mobili, sono stati definiti dei tipologici che si differenziano per attività e operatività dei mezzi di cantiere presenti al loro interno. L'obiettivo è quello di analizzare e valutare la configurazione peggiore simulando l'avanzamento del cantiere e focalizzando l'attenzione sulle aree in cui sono presenti i ricettori, tralasciando quelle in cui sono assenti.

Pertanto, la definizione di cantieri mobili "tipologici" permette di considerare in ogni situazione la configurazione peggiore. Per ciascuna area di cantiere tipologica potenzialmente più critica sono state individuate le diverse fasi di lavoro in funzione della tipologia del tracciato e i relativi mezzi di cantiere operanti per la realizzazione delle opere. Pertanto, la modellizzazione di un cantiere tipologico permette di definire la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e il livello acustico in facciata ai ricettori che non deve

essere superato, nel periodo diurno, durante le fasi di realizzazione dell'opera, e di verificare puntualmente, ricettore per ricettore, la presenza di superamento dei limiti normativi.

In riferimento ad entrambi gli scenari operativi, per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività di un turno lavorativo, sia per i cantieri fissi che mobili, nel solo periodo diurno nell'arco temporale tra le 6:00 – 22:00, con un'ora di pausa complessiva per ciascun turno di lavoro.

Per quanto concerne i cantieri di tipo fisso in ragione della tipologia del tracciato di studio è stato individuato uno scenario di simulazione.

Nello specifico lo scenario selezionato riguarda le aree di cantiere per le quali si sono ritenuti non trascurabili gli effetti indotti dalle lavorazioni e per i quali si è ritenuto necessario verificare le condizioni di esposizione al rumore dei ricettori limitrofi ad esse. Per lo scenario individuato è stata considerata la contemporaneità delle seguenti attività di cantiere:

- Scenario di simulazione:
  - Lavorazione presso area di deposito;
  - Scavo imbocco sud galleria;
  - Traffico di cantierizzazione.

Per ciascun tipo di cantiere sono state considerate le lavorazioni elementari ritenute più rilevanti in termini acustici. Per ogni lavorazione è stato individuato il numero, la tipologia di macchinari presenti con la rispettiva percentuale di impiego in un'ora e il livello di potenza sonora.

Le sorgenti emissive 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 e con frequenza centrale pari a 500 Hz.

Oltre alle sorgenti acustiche inserite nel modello di simulazione come sopra descritto, è stata considerata l'orografia del territorio secondo l'assetto naturale ed antropico dell'area di studio. La modellazione tiene conto, pertanto, anche dell'attuale assetto infrastrutturale e della presenza degli edifici secondo quanto già sviluppato per lo studio relativo allo scenario di esercizio.

Infine, per quanto concerne il traffico di cantiere, in virtù dei materiali da movimentare, sono stati considerati i seguenti flussi in entrata e uscita dalla relativa area di cantiere:

- area di cantiere: 5 veic/h;

Dai risultati ottenuti e riportati in Tabella 5-3, emerge come che per le aree di cantiere fisso non sussistano superamenti dei limiti individuati dai Piani di Classificazione Acustica dei comuni di riferimento.

Per quanto attiene il cantiere mobile, in ragione della tipologia del tracciato di studio per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere tipologico. Entrando nello specifico, stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato per l'allargamento della piattaforma stradale.

Per il cantiere mobile è stato individuato il numero, la tipologia di macchinari presenti con la rispettiva percentuale di impiego in un'ora e il livello di potenza sonora.

Data la dinamicità delle attività di cantiere di tipo mobile, ciascuna area viene schematizzata nel modello di simulazione come una sorgente areale posta ad un'altezza di 1,5 m con lunghezza pari a 50 m e larghezza di 25 metri.

Per il cantiere tipologico è stata definita la distanza che intercorre tra il fronte dell'area di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti. Tali distanze sono riportate in Tabella 6-1. Successivamente sono stati individuati gli edifici che ricadono all'interno di questa fascia, rappresentativa del superamento dei livelli acustici in facciata.

Codice ricettore	Numero Piani	Destinazione d'uso	Distanza fronte di cantiere – curva limite [m]	Distanza fronte di cantiere – facciata edificio più esposta [m]
R_01	2	Residenziale	46	33
R_02	2	Residenziale	46	8
R_04	2	Residenziale	46	20
R_16	1	Commerciale	46	12
R_17	2	Commerciale	46	22
AP_01	4	Area protetta ZSC	46	10

Tabella 6-1 Ricettori con superamento dei livelli acustici in facciata

Dai risultati riportati in Tabella 6-1, si evince come sussistano condizioni di superamento dei limiti normativi (nel periodo diurno) per cinque ricettori e per i quali è previsto l'utilizzo 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.

All'interno del modello di calcolo, le barriere antirumore di tipo mobile sono state computate con un'altezza di 3 m e posizionate lungo la recinzione delle aree di lavorazione con una estensione pari a 100 metri.

In Tabella 6-2 si riporta la distanza tra il fronte dei lavori e il limite della curva di isolivello in presenza di barriera antirumore.

Codice ricettore	Numero Piani	Destinazione d'uso	Distanza fronte di cantiere – curva limite [m]	Distanza fronte di cantiere – facciata edificio più esposta [m]
R_01	2	Residenziale	8	33
R_02	2	Residenziale	8	8
R_04	2	Residenziale	8	20
R_16	1	Commerciale	8	12
R_17	2	Commerciale	8	22
AP_01	4	Area protetta ZSC	8	10

Tabella 6-2 Verifica dei limiti normativi a fronte dell'adozione di barriere acustiche di tipo mobile

Attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti tutti i ricettori residenziali, per i quali nello scenario corso d'opera presentavano un superamento dei limiti normativi, risultano completamente mitigati.

Anche in questo caso, è previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale, la verifica dei livelli acustici in corrispondenza di due postazioni di monitoraggio, poste in prossimità dei ricettori R\_13 e R\_05.

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

Ad ogni modo, in fase di esecuzione delle opere in progetto si prevede l'adozione delle seguenti misure per la salvaguardia del clima acustico:

- scelta idonea 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'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
- manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:
  - alla sostituzione dei pezzi usurati;
  - al controllo ed al serraggio delle giunzioni, ecc.
- corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:
  - l'orientamento degli impianti che hanno una 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'installazione di barriere acustiche provvisorie ove necessario;
  - l'imposizione all'operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l'uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
  - 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 e tra le 20 e le 22).