

**S.S. 17 "dell'Appennino Abruzzese ad Appulo Sannitico"**  
**Tronco Antrodoco-Navelli**  
**Adeguamento tratto S.Gregorio-S. Pio delle Camere**  
**dal km 45+000 al km 58+000**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. AQ-01

**PROGETTAZIONE:**



**PROGETTISTA:**

*Prof. Ing. Andrea Del Grosso*  
*Ordine Ingg. Genova n. 3611*

**GEOLOGO:**

*Geol. Roberto Pedone*  
*Ordine Geol. Liguria n. 183*

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
DISCIPLINE SPECIALISTICHE:**

*Ing. Alessandro Aliotta22*  
*Ordine Ingg. Genova n.7995A*

**COORDINATORE DELLA SICUREZZA:**

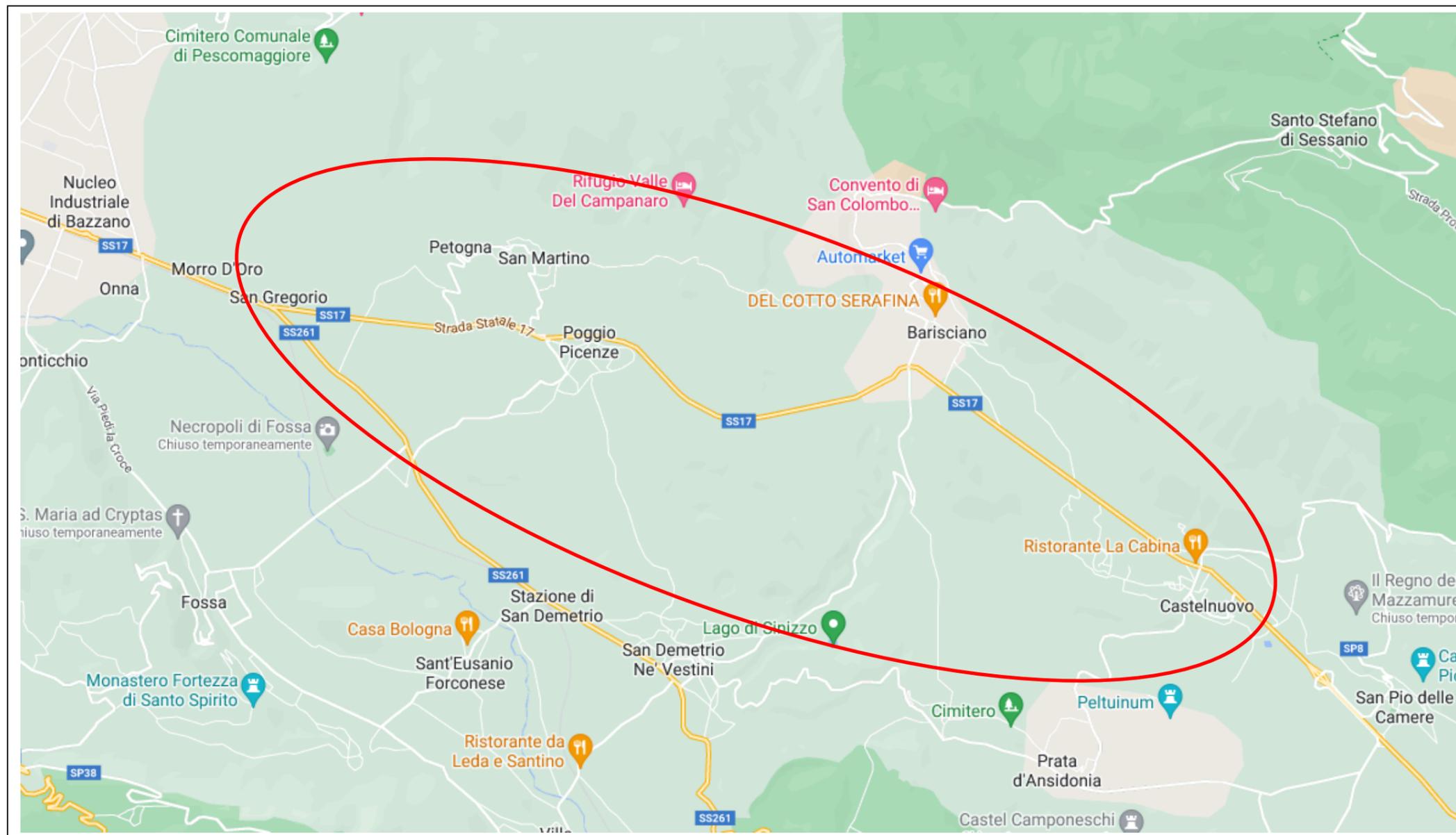
*Arch. Giorgio Villa*  
*Ordine Arch. Provincia di Pavia n.645*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

*Ing. CLAUDIO BUCCI*

**ANALISI AMBIENTALE**  
**Rumore e Vibrazioni**  
**Relazione studio acustico e vibrazionale**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00IA35AMBRE01_B			
DPAQ0001	D 20	CODICE ELAB.	T00IA35AMBRE01	B	-
C					
B	ISTRUTTORIA ANAS NOVEMBRE 2022	Febbraio 2023	TETRALAB	A. BADO	A. DEL GROSSO
A	EMISSIONE	Settembre 2022	TETRALAB	A. BADO	A. DEL GROSSO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



**STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO E VIBRAZIONALE**  
**S.S. 17 DELL'APPENNINO ABRUZZESE ED APPULO-SANNITICO**  
TRONCO ANTRODOCO-NAVELLI

ADEGUAMENTO TRATTO S. GREGORIO - S. PIO DELLE CAMERE DAL Km 45+000 AL Km 58+000

## PREMESSA

A seguito dell'incarico conferitoci dalla RINA CONSULTING S.p.A., con sede in Via Antonio Cecchi n.6 a Genova, la TETRALAB S.r.l., con sede sulla S.S. 100 zona PIP a Sammichele di Bari (BA), ha elaborato il presente studio d'impatto acustico e vibrazionale.

Scopo del presente studio è stato la valutazione degli effetti acustici e vibrazionali sull'ambiente circostante, con particolare riferimento ai ricettori interessati, conseguenti al progetto *S.S. 17 DELL'APPENNINO ABRUZZESE ED APPULO-SANNITICO TRONCO ANTRODOCO-NAVELLI - ADEGUAMENTO TRATTO S. GREGORIO-S. PIO DELLE CAMERE DAL KM 45+000 AL KM 58+000.*

Sammichele di Bari, 29 dicembre 2022

Il presente studio è stato condotto dall'Ing. Giovanni Cicerone, Ingegnere Meccanico iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Bari n. 9070, tecnico competente in acustica ai sensi della L. 447/95, iscritto nell'elenco nazionale ENTECA al n. 6586

Ing. Giovanni Cicerone



## INDICE

	<b>PAG.</b>
<b>PARTE 1 - RUMORE</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
1.1. IL RUMORE	3
1.1.1. IL RUMORE NELLE INFRASTRUTTURE STRADALI	3
1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1.3. SORGENTI CONCORSALE DI RUMORE	7
1.3.1. VERIFICA DELLA SIGNIFICATIVITA' DELLE SORGENTI CONCORSALE	8
1.4. MISURA DEL RUMORE DA TRAFFICO VEICOLARE	8
<b>2. STUDIO ACUSTICO</b>	<b>9</b>
2.1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	9
2.2. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO ACUSTICO	10
2.3. INDIVIDUAZIONE DEI VALORI LIMITE	11
2.4. RILIEVI FONOMETRICI	12
2.4.1. STRUMENTAZIONE DI MISURA	12
2.4.2. METODOLOGIA DI MISURA	12
2.4.3. POSTAZIONI DI MISURA	13
2.4.4. RISULTATI DELLE MISURE	13
2.5. I MODELLI PREVISIONALI	14
2.5.1. SOFTWARE DI SIMULAZIONE E STANDARDS UTILIZZATI	16
2.6. LE SORGENTI SONORE - I DATI DI TRAFFICO	17
2.7. VALIDAZIONE DEL MODELLO PREVISIONALE	19
2.8. LO SCENARIO ANTE-OPERAM	19
2.9. LO SCENARIO CORSO D'OPERA	23
2.10. LO SCENARIO POST-OPERAM	33
2.11. VERIFICA DEI LIMITI DI SOGLIA PER LA CONCORSALE DELLE SORGENTI	37
<b>3. CONSIDERAZIONI SU EVENTUALI INTERVENTI PER IL RISPETTO DEI LIMITI</b>	<b>39</b>
<b>4. CONCLUSIONI</b>	<b>41</b>
<b>PARTE 2 - VIBRAZIONI</b>	<b>42</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>42</b>
<b>2. GENERALITA' SUI FENOMENI VIBRATORI E RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>43</b>
2.1. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	43
2.2. STANDARD NORMATIVI PER LA VALUTAZIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONI ALLE PERSONE	43
<b>3. STIMA DELLE VIBRAZIONI IN FASE CORSO D'OPERA</b>	<b>49</b>
3.1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	49
3.2. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE ATTIVITA' DI CANTIERE	50
3.3. METODOLOGIA DI CALCOLO	54
3.4. RISULTATI DELLA MODELLIZZAZIONE	55
3.5. MISURE DI MITIGAZIONE	64
<b>4. CONCLUSIONI</b>	<b>65</b>

La presente relazione tecnica REL/0080/22.07.2022\_Rev.B/29.12.2022, si compone di n. 65 pagine.

## PARTE 1 - RUMORE

### 1. INTRODUZIONE

#### 1.1. IL RUMORE

Il fenomeno acustico consiste in una perturbazione della pressione atmosferica di carattere oscillatorio che si propaga attraverso un mezzo elastico (gas, liquido, solido) e si distingue in suono propriamente detto ed in rumore.

Il suono rappresenta un fenomeno acustico gradevole, mentre il rumore è un suono indesiderato o meglio un suono che nel campo delle frequenze udibili può disturbare la quiete o la percezione dei segnali desiderati e provocare fastidio o danno alla salute.

Il rumore viene comunemente indicato come uno dei principali "inquinanti diffusi" e fattori di disturbo della vita moderna, come portatore di disturbi fisici di vario genere e come una delle principali cause del peggioramento della qualità della vita.

Colpisce in via diretta la salute dell'uomo sia perché ha la peculiarità di diffondersi al di là dei confini spaziali del luogo di emissione, sia perché è impossibile, per l'essere umano, bloccare la funzione uditiva che reagisce agli stimoli provocati dal rumore indipendentemente dalla volontà del soggetto.

La reazione al rumore è principalmente legata all'intensità del suono ed alla sua durata, ossia all'esposizione dell'individuo al rumore, che produce una serie di effetti classificabili come *specifici* e *non specifici*.

I *danni specifici* sono quelli direttamente collegati all'organo uditivo e valutabili in termini di perdita temporanea o permanente della facoltà uditiva o di difficoltà di percezione del parlato.

I *danni non specifici*, con reazioni temporanee o persistenti, producono spesso aumento della pressione sanguigna, sindrome di stress di tipo cronico, disturbi psichici, sintomi psicosomatici, disturbi comportamentali e/o attitudinali.

Quindi perché sussista inquinamento acustico è necessario che vi sia l'introduzione di rumore in un ambiente che può essere interno, ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane o esterno, che non sia circoscritto o racchiuso da costruzioni.

Nel Libro Verde della Comunità Europea (1996), viene stimato che circa il 20% della popolazione dell'Unione Europea, pari ad 80 milioni di persone, risulta esposto a livelli di rumore diurni superiori a 65 dB e che altri 170 milioni di persone risiedono in aree con livelli di rumore compresi tra 55 e 65 dB.

Il rumore urbano è il risultato del contributo di molteplici sorgenti che possono essere così distinte:

- traffico veicolare;
- traffico aereo;
- traffico ferroviario;
- attività artigianali;
- attività industriali;
- attività commerciali;
- attività temporanee (cantieri, concerti, ecc.);
- attività ricreative.

#### 1.1.1 IL RUMORE NELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

Il traffico veicolare rappresenta una delle fonti più rilevanti di inquinamento acustico, che interessa i 9/10 della popolazione esposta a livelli superiori a 65 dB ed incide particolarmente nella valutazione di impatto ambientale.

Il rumore da traffico veicolare può essere causato da *veicoli pesanti* (camion, autotreni, autobus ed in generale veicoli con peso complessivo superiore a 35 quintali), *veicoli leggeri* (automobili, furgoni ed in generale veicoli con peso complessivo inferiore a 35 quintali) e *motocicli*.

La rumorosità prodotta dai veicoli ha origine da diverse componenti, in particolare: *motore*, *resistenza dell'aria*, *rotolamento dei pneumatici*, *motorizzazioni accessorie* (impianto di condizionamento, ventola del radiatore, ecc.), nonché dall'*azionamento dei freni*.

Il *motore* è sede di compressioni, scoppi, decompressioni che producono una quantità di rumore in funzione diretta del numero di giri.

Il *rotolamento dei pneumatici* sull'asfalto è fonte di rumore a seguito dell'intrappolamento e successivo rilascio di aria dalle cavità, nonché di vibrazioni sulla carrozzeria.

Il rumore derivante dalla *resistenza dell'aria* si rileva in genere solo a velocità superiore a 200 Km/h, quindi in campo estraneo al normale flusso del traffico stradale urbano.

Infine l'azione dei freni che si manifesta attraverso lo sfregamento fra ferro e disco; se la pressione fra i due elementi è elevata si può provocare il trascinarsi del pneumatico sull'asfalto; l'azione combinata dei due fenomeni è causa di livelli elevati di rumorosità.

Il rumore prodotto dal motore degli autoveicoli risulta, alle basse velocità, superiore a quello prodotto dal rotolamento dei pneumatici sull'asfalto. Mano a mano che la velocità cresce, la rumorosità di rotolamento si fa più intensa fino a prevalere su quella prodotta dal motore. Diversamente, per quanto riguarda i mezzi pesanti, la componente motore predomina sempre sulla componente pneumatici.

## 1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nonostante negli ultimi anni ci sia stata una notevole diminuzione dei livelli di emissione sonora dei veicoli, il rapido incremento dei volumi di traffico stradale non ha portato a significative riduzioni dei livelli ambientali di rumore. I dati disponibili indicano la tendenza del rumore ad estendersi sia nel tempo, occupando anche il periodo notturno, sia nello spazio, interessando anche le aree suburbane e rurali.

E' proprio a fronte di questo preoccupante scenario che negli ultimi anni si sono sviluppate numerose normative, sia comunitarie che nazionali, in tema di inquinamento acustico.

In Italia l'inquinamento acustico nell'ambiente è disciplinato sia da norme generali (art. 844 C.C. ed art. 659 C.P.) che specifiche (D.P.C.M. 1/3/91, L. 447/95, D.P.C.M. 14/11/97, ecc.). Queste ultime stabiliscono, tra l'altro, sia i limiti massimi di accettabilità, sia la strumentazione e le metodiche di rilevamento.

La legge quadro sull'inquinamento acustico, 26/10/95, n.447, all'art. 1 stabilisce "i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'art.117 della Costituzione".

All'art.2, commi 6-9, viene definita la figura professionale del "tecnico competente", una sorta di esperto che ha il compito di intervenire in tutte le attività che prevedono un impatto con i valori limite ed il sistema di misurazione di questi e la predisposizione di misure di riduzione dell'inquinamento acustico.

Tale legge, inoltre, definisce le competenze dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni (artt. 3-4-5-6) e dispone (art. 8), in materia di impatto acustico, che "i progetti sottoposti a valutazione di impatto ambientale ai sensi

dell'articolo 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, ferme restando le prescrizioni di cui ai decreti del Presidente del consiglio dei Ministri 10 Agosto 1988, n. 377, e successive modificazioni, e 27 Dicembre 1988 pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 4 del 5 gennaio 1989, devono essere redatti in conformità alle esigenze di tutela dall'inquinamento acustico delle popolazioni interessate".

Al comma 2 del su citato art. 8 della legge quadro, vengono individuati i soggetti che devono presentare tale documentazione "Nell'ambito delle procedure di cui al comma 1 ovvero su richiesta dei Comuni, i competenti soggetti titolari dei progetti o delle opere predispongono una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, alla modifica o al potenziamento delle seguenti opere:

-omissis-

b) strade di tipo A (autostrade), B (strade extraurbane principali), C (strade extraurbane secondarie), D (strade urbane di scorrimento), E (strade urbane di quartiere) e F (strade locali), secondo la classificazione di cui al D. Lgs. 285/92;

-omissis".

Attualmente, in attesa che i Comuni effettuino la zonizzazione acustica del territorio, richiesta già dal D.P.C.M. 1/3/91 e successivamente dalla Legge Quadro sul rumore n.447/95, i valori limite delle sorgenti sonore sono fissati dal D.P.C.M. 14/11/97.

All'art. 3 di tale decreto, indicati nell'allegata tabella C, sono stabiliti i valori limite assoluti di immissione riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti.

Con riferimento al rumore prodotto dalle infrastrutture stradali, all'art. 3 comma 2, si precisa che tali limiti assoluti di immissione, non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza individuate da appositi decreti attuativi. All'esterno di tali fasce, tali sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione.

All'art. 4 dello stesso decreto, si precisa che i valori limite differenziali, riferiti all'interno degli ambienti abitativi, non si applicano per il rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

All'art. 8 si stabilisce che in attesa che i Comuni provvedano alla zonizzazione acustica, al posto dei valori indicati nella tabella C, si applicano i seguenti limiti di cui all'art. 6 comma 1 del D.P.C.M. 1/3/91.

Zona	Limite diurno Leq <sub>A</sub> (06-22)	Limite notturno Leq <sub>A</sub> (22-06)
Tutto il territorio nazionale	70 dB	60 dB
Zona A (D.M. 1444/68)	65 dB	55 dB
Zona B (D.M. 1444/68)	60 dB	50 dB
Zona esclusivamente industriale	70 dB	70 dB

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente 29 novembre 2000 stabilisce i criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.

La Legge regionale 12 febbraio 2002, n.3 dal titolo "Norme di indirizzo per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico" detta "norme per la tutela dell'ambiente esterno ed abitativo, per la salvaguardia della salute pubblica da alterazioni conseguenti all'inquinamento acustico proveniente da sorgenti sonore, fisse o mobili, e per la riqualificazione ambientale" (art.1 comma 1).

All'art. 13 della stessa Legge, vengono dettate norme circa la prevenzione dell'inquinamento acustico da traffico veicolare: "nella costruzione di nuove strade e nelle opere di ristrutturazione di quelle esistenti, devono essere utilizzate tecnologie tali da consentire il contenimento o la riduzione del livello equivalente di pressione sonora ponderato (A) [Leq(A)] al valore stabilito dalla legge. Gli enti appaltanti sono incaricati del controllo e verificano la conformità della progettazione e dell'esecuzione delle costruzioni edilizie ed infrastrutture dei trasporti ai criteri emanati dai ministri competenti. Il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato (A) [Leq(A)] prodotto dal traffico veicolare non deve superare i limiti di zona."

L'art. 17, commi 3 e 4, relativi al rumore prodotto dalle attività dei cantieri temporanei, stabilisce gli intervalli lavorativi tra le 7 e le 12 e tra le 15 e le 19, ed il limite di 70 dB del Leq(A) misurato in facciata dell'edificio maggiormente esposto, fatta salva la conformità dei macchinari utilizzati alla normativa della UE ed il ricorso a tutte le misure necessarie a ridurre il disturbo, e salvo deroghe autorizzate dal comune, sentita l'ASL competente.

Il D.P.R. n.142 del 30 marzo 2004 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare" definisce:

- infrastruttura stradale: l'insieme della superficie stradale, delle strutture e degli impianti di competenza dell'ente proprietario, concessionario o gestore necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza della strada stessa;
- infrastruttura stradale esistente: quella effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale è stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- infrastruttura stradale di nuova realizzazione: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del presente decreto e comunque non ricadente nella lettera b);
- ampliamento in sede di infrastruttura stradale in esercizio: la costruzione di una o più corsie in affiancamento a quelle esistenti, ove destinate al traffico veicolare;
- 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;
- confine stradale: limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea, secondo quanto disposto dall'articolo 3 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, e successive modificazioni, di seguito denominato: decreto legislativo n. 285 del 1992;
- sede stradale: superficie compresa entro i confini stradali, secondo quanto disposto dall'articolo 3 del decreto legislativo n. 285 del 1992 e successive modificazioni;
- variante: costruzione di un nuovo tratto stradale in sostituzione di uno esistente, fuori sede, con uno sviluppo complessivo inferiore a 5 km per autostrade e strade extraurbane principali, 2 km per strade extraurbane secondarie ed 1 km per le tratte autostradali di attraversamento urbano, le tangenziali e le strade urbane di scorrimento;
- ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio, destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al decreto legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto

concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne a locali in cui si svolgono le attività produttive;

l) ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera B, ovvero vigenti alla data di entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera A;

m) centro abitato: insieme di edifici, delimitato lungo le vie d'accesso dagli appositi segnali di inizio e fine. Per insieme di edifici si intende un raggruppamento continuo, ancorché intervallato da strade, piazze, giardini o simili, costituito da non meno di venticinque fabbricati e da aree di uso pubblico con accessi veicolari o pedonali sulla strada, secondo quanto disposto dall'articolo 3 del decreto legislativo n. 285 del 1992 e successive modificazioni;

n) fascia di pertinenza acustica: striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale, per ciascun lato dell'infrastruttura, a partire dal confine stradale, per la quale il presente decreto stabilisce i limiti di immissione del rumore.

Il D.P.R. n.142 del 30 marzo 2004 si applica:

1) alle infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede ed alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti; i limiti di immissione per le infrastrutture stradali esistenti sono stabiliti nella Tabella 2 dell'Allegato 1 del D.P.R. n.142/2004, e di seguito riportata.

Tipo di strada (secondo Codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme Cnr 1980 e direttive Put)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV Cnr 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n.447 del 1995			
F - locale		30				

(\*) per le scuole vale solo il limite diurno

2) alle infrastrutture di nuova realizzazione; i limiti di immissione per le infrastrutture stradali di nuova realizzazione sono stabiliti nella Tabella 1 dell'Allegato 1 del D.P.R. n.142/2004, e di seguito riportata.

Tipo di strada (secondo Codice della strada)	Sottotipi a fini acustici	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)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		250	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n.447 del 1995			
F - locale		30				

(\*) per le scuole vale solo il limite diurno

I valori limite di immissione stabiliti da questo decreto sono verificati, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

In base alle infrastrutture stradali sono tracciati i limiti di immissione diurni e notturni differenziati per il tipo di struttura interessata all'inquinamento acustico da traffico veicolare e cioè per:

- scuole, ospedali, case di cura e di riposo;
- altri ricettori.

Per le infrastrutture stradali esistenti i valori limite di immissione devono essere conseguiti mediante l'attività pluriennale di risanamento, in via prioritaria all'interno della fascia di pertinenza acustica per quanto riguarda scuole, ospedali, case di cura e di riposo e, per quanto riguarda tutti gli altri ricettori, all'interno della fascia più vicina all'infrastruttura.

Per le infrastrutture per cui si applicano le disposizioni del decreto, il rispetto dei valori limite dettati dal testo e, al di fuori della fascia di pertinenza acustica, il rispetto dei valori stabiliti nella tabella C del D.P.C.M. del 14 novembre 1997, è verificato in facciata degli edifici ad 1 m dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori.

Qualora questi valori limite, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in basi a valutazioni tecniche, economiche e di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento:

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

### 1.3. SORGENTI CONCORSALE DI RUMORE

Il D.M.A. 29/11/2000 stabilisce che, qualora nel territorio considerato, il rumore presente derivi dalla sovrapposizione degli effetti di più infrastrutture di trasporto presenti, il limite di riferimento singolarmente inteso per ogni infrastruttura non viene più considerato sufficiente al conseguimento degli obiettivi di mitigazione.

In questo caso è quindi necessario contemplare la possibile contemporaneità di attività delle sorgenti presenti, in modo che il rumore complessivamente immesso non superi il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Pertanto, in caso di presenza di più sorgenti di rumore, è stato necessario studiare gli effetti della concorsualità tra la strada ANAS (sorgente principale) e altre sorgenti censite al fine da definire l'eventuale variazione dei limiti massimi di immissione e quindi degli obiettivi di risanamento.

La verifica di concorsualità, come indicata dall'Allegato 4 del DM 29/11/2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto", ha richiesto in primo luogo

l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti. La verifica è stata dapprima effettuata a livello geometrico, considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture potenzialmente concorsuali.

Per ciascun ricettore ricadente nella zona di sovrapposizione di più fasce di pertinenza acustica è stato quindi definito il limite di zona ( $L_{zona}$ ) che in base all'art. 4 comma 2 del DM (29/11/2000) è il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture, il quale dovrà essere il limite cui tendere con il concorso di tutte le sorgenti viarie interessate.

Si è quindi tenuto conto in prima fase della sola concorsualità "geometrica" e successivamente, per ciascun edificio ricadente nelle fasce di pertinenza di più infrastrutture, è stato effettuato un calcolo in facciata del contributo della sorgente principale.

La determinazione dell'effettivo verificarsi di una situazione di concorsualità e quindi l'individuazione del livello di soglia  $L_s$  a cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente, è dato dalla seguente relazione:

$$L_s = L_{zona} - 10 \log N$$

dove N rappresenta il numero delle sorgenti interessate al risanamento.

### 1.3.1 VERIFICA DELLA SIGNIFICATIVITA' DELLE SORGENTI CONCORSALE

Per tutti i ricettori censiti, ricadenti nelle aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale con quelle delle infrastrutture concorsuali, viene effettuata la verifica di significatività delle sorgenti concorsuali.

La sorgente non è significativa, e può essere pertanto esclusa dalla determinazione dei limiti normativi per il ricettore in esame, qualora vengano rispettate le suddette condizioni:

$$L_i < L_{max} - 10 \text{ dB}(A)$$

$$L_i < L_s(N-1)$$

con:

$L_i$ : livello equivalente di rumore immesso dalla sorgente i-ma, ovvero, contributo dell'i-ma sorgente al livello di pressione sonora globale sul ricettore considerato;

$L_{max}$ : livello della sorgente avente massima immissione, ovvero quella che determina il contributo massimo al livello di pressione sonora sul ricettore;

$L_s(N-1)$ : livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1.

Nel presente studio, a scopo cautelativo, tutte le sorgenti concorsuali sono state considerate significative.

### 1.4. MISURA DEL RUMORE DA TRAFFICO VEICOLARE

Il rumore prodotto dal traffico stradale è un fenomeno tipicamente variabile nel tempo essendo costituito dall'insieme delle emissioni sonore associate al transito dei singoli veicoli che compongono il flusso veicolare. Quest'ultimo, infatti, è assai diversificato nelle sue configurazioni (flusso scorrevole, congestionato, intermittente, ecc.) ed a questa variabilità si aggiunge quella derivante dalle caratteristiche dei veicoli stessi, differenti per tipologia (veicoli leggeri, pesanti, motocicli), modalità di guida, stato di manutenzione, ecc.. Ne deriva una casistica ampia che va dal rumore con fluttuazioni assai contenute, rilevabile in strade a traffico intenso, a quello con ampie fluttuazioni, presente in strade locali a traffico scarso.

Per caratterizzare quantitativamente questo rumore fluttuante nel tempo con modalità assai diversificate, di solito non è necessaria la conoscenza dettagliata dei valori successivamente assunti dal livello di pressione sonora durante il tempo di misurazione, ma è invece sufficiente, ed anzi costituisce un'informazione più agevolmente utilizzabile, la conoscenza di alcuni descrittori acustici tra cui il livello continuo equivalente  $L_{Aeq}$ .

Il *Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"* ( $L_{Aeq}$ ) è così definito: valore del livello di pressione sonora ponderata "A" di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ dB}(A)$$

dove

- $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante  $t_1$  e termina all'istante  $t_2$ ;
- $p_A(t)$  è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa);
- $p_0 = 20 \text{ mPa}$  è la pressione sonora di riferimento.

La metodologia per il rilievo del rumore da traffico stradale presenta alcuni aspetti che si diversificano in funzione dell'obiettivo del rilevamento stesso. In linea generale i rilevamenti sono distinguibili in orientati al ricettore e/o alla sorgente.

Tra gli scopi delle misure orientate al ricettore vi sono la verifica del rispetto dei valori limite stabiliti dalla legislazione, la compatibilità con la zonizzazione acustica, la definizione dei piani di risanamento acustico. Tra gli scopi delle misure orientate alla sorgente il principale è la taratura e validazione di modelli previsionali del rumore da traffico stradale, indispensabile per la valutazione di impatto acustico di nuove strade o di modifiche di quelle esistenti, oltre ad essere utili per gli stessi scopi delle misure orientate ai ricettori.

## 2. STUDIO ACUSTICO

### 2.1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in questione prevede l'adeguamento plano-altimetrico della S.S. n° 17 "dell'Appennino Abruzzese ed Appulo-Sannitico" per il tratto compreso tra la Progressiva Km 45+000 circa (innesto con la S.S. n°261 "della Valle Subequana") sino alla Progressiva 58+000.

Tra le finalità operative che il progetto di ammodernamento in sede ed in variante del tratto di strada in oggetto si prefigge, sono prioritarie il miglioramento della funzionalità e dell'affidabilità della direttrice viaria interessata dall'intervento, e nondimeno, la riqualificazione dell'intero sistema stradale pedemontano aquilano, inteso come prosecuzione della direttrice Amatrice - L'Aquila.

In particolare, con l'intervento presentato, il proponente intende raggiungere i seguenti obiettivi:

- la riduzione dei tempi di percorrenza con rettifiche plano-altimetriche di tracciato;
- l'incremento delle condizioni di sicurezza e di percorribilità anche nella stagione invernale;
- la decongestione dei punti critici di traffico (Barisciano-Castelnuovo);
- l'ammodernamento degli elementi della strada, quali pavimentazione e segnaletica, con l'impiego delle moderne tecnologie dei materiali componenti;
- un migliore inserimento dell'opera nell'ambiente e nel paesaggio.

La fase di progettazione definitiva è stata condotta tenendo conto delle indicazioni e degli indirizzi provenienti dagli studi precedenti, in particolare dal progetto preliminare e di quanto già sviluppato nel precedente Progetto Definitivo. Inoltre, ha fatto riferimento alla conferenza dei servizi tenuta il 20/12/2001 ed alle richieste delle Amministrazioni Comunali interessate oltre che alle disposizioni ricevute dal Compartimento Anas di L'Aquila.

Secondo le illustrate direttive ed obiettivi generali di riferimento territoriale ed ambientale e con riferimento all'evoluzione storica del territorio, le finalità operative che il "Progetto di ammodernamento in sede ed in variante del tratto compreso tra l'abitato di S.Gregorio (prog.va km 45+000 ca) e la progr.va km 58+000" si prefigge è quello di migliorare la funzionalità ed affidabilità di tale direttrice viaria quale asse di "**Sistema pedemontano - recupero dei centri**

**minori**" in prosecuzione della direttrice Amatrice L'Aquila e di inserire tale collegamento nel sistema di infrastrutture regionali e nazionali.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, il progetto è stato elaborato tenendo conto dei seguenti criteri suggeriti dal Compartimento ANAS di L'Aquila.

**Sezione tipo:** conforme a quella per strade tipo C1 ex Tipo IV delle norme CNR/80, con piattaforma stradale di m 10,50, costituita da due corsie di m 3,75, due banchine di m 1,50 oltre a due arginelli in terra da m 1,05 ciascuno.

**Piazzole di sosta:** previste a distanza di m 500 una dall'altra, ad eccezione dei casi in cui le intersezioni hanno impedito tale posizionamento o lo hanno reso superfluo, oppure era impedito dalle corsie di arrampicamento.

**Intersezioni a rotatoria:** sono previste sei intersezioni a rotatoria sulla viabilità principale in modo tale da consentire adeguati e sicuri collegamenti con le località servite.

**Viabilità complanari e poderali:** tali viabilità consentono il collegamento delle località all'asse principale e riuniscono i vari accessi adesso presenti in punti singolari (rotatorie) più sicure e in minor numero.

**Velocità di base:** velocità di progetto (velocità di base) quella di km/h 60 con intervallo di velocità  $60 \leq V_p \leq 100$ .

In rapporto ad essa sono state dimensionate le altre caratteristiche della strada secondo quanto stabilito dal D.M. del 5/11/2001.

Il miglioramento del tracciato è stato inoltre guidato dalle seguenti considerazioni:

- rispetto dei possibili futuri programmi viari dell'ANAS nel senso di attuare una soluzione complessiva che non comporti in futuro né costose opere di adeguamento né complicazioni tecnico-costruttive in vista di nuovi ampliamenti della rete e/o allacci aggiuntivi ad altre strade esistenti.
- recupero di tutta la viabilità esistente, sia per i brevi nuovi tratti ora citati, sia per le necessarie strade consortili e collegamento dei centri gravitanti sulla strada e adducenti alle intersezioni previste a rotatoria;
- rispetto degli strumenti urbanistici vigenti, (con particolare riferimento al Piano Regolatore dei Comuni di L'Aquila, Poggio Picenze, Barisciano e San. Pio), ed altri piani di settore che regolano il territorio interessato.
- modifica, allargamento e parziale rettifica dell'attuale sede stradale, limitando le varianti a brevissimi tratti, laddove esigenze inderogabili di funzionalità e sicurezza, nonché particolari caratteristiche orografiche, rendono impossibile il mantenimento in sito della strada (variante di Barisciano e Castelnuovo).

e) limitazione massima nella previsione di nuove strade consortili, rampe, ecc. e di opere d'arte onerose e complesse se non dove queste soluzioni risultino convenienti sia economicamente che costruttivamente;

f) costruzione di un viadotto dove le particolari condizioni orografiche e di sicurezza d'uso non hanno consentito altre soluzioni tecniche.

Ne è derivato la conferma di una sostanziale permanenza dell'attuale assetto ambientale ed inoltre con l'ammodernamento del collegamento si incrementano vantaggi e benefici sia per gli utenti sia per la collettività.

Infatti, si determinano riflessi positivi per la qualità dell'aria e del rumore:

- qualità dell'aria: la migliore regolarità di deflusso veicolare per effetto dell'ammodernamento comporta una migliore carburazione dei motori a benzina e diesel, e quindi una minore inquinazione unitaria dell'atmosfera da parte dei veicoli di transito. In presenza di maggiore transito si dovrebbe mantenere sostanzialmente inalterato il bilancio di qualità dell'aria.
- qualità del rumore: essa migliora considerevolmente nella misura in cui il flusso veicolare acquista regolarità di marcia, eliminandosi le accelerazioni, le frenature e le riprese da cui deriva, per effetto di moto transitorio, la massima emissione di spettri acustici disturbanti.

Nel contesto degli obiettivi innanzi indicati si descrive, la soluzione proposta caratterizzata dal recupero totale del tracciato esistente ad eccezione dei tratti interessanti i centri abitati di Barisciano e Castelnuovo.

## 2.2. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO ACUSTICO

Lo studio è stato condotto per le seguenti situazioni:

- scenario *ante-operam*, relativo alle attuali condizioni;
- scenario *corso d'opera*, relativo alle fasi di cantiere;
- scenario *post-operam*, relativo alle condizioni di progetto.

Per lo svolgimento del lavoro si è proceduto inizialmente ad acquisire le planimetrie in formato .dwg dell'area in esame e ad effettuare un sopralluogo conoscitivo dei luoghi; in particolare si è proceduto al censimento di tutti i ricettori presenti all'interno delle Fasce di pertinenza acustica di cui al D.P.R. 142/04, della strada in oggetto.

Successivamente sono stati acquisiti i dati di traffico disponibili suddivisi per tipologia di traffico (pesanti/leggeri) e periodo di riferimento (diurno/notturno)

dell'infrastruttura stradale in oggetto. Nella modellizzazione acustica sono stati inoltre considerati, in quanto sorgenti concorsuali di rumore, il contributo dovuto al traffico ferroviario presente sul tratto L'aquila-Sulmona, ed il contributo dovuto al traffico autoveicolare presente sulla S.R. 261.

Per lo scenario *corso d'opera* sono state acquisite le informazioni relative alla successione delle principali fasi di lavoro, macchine utilizzate, tempi di lavorazione e livelli sonori.

Dopo la fase di acquisizione dei dati, si è proceduto a pianificare e quindi eseguire rilievi strumentali. In particolare sono state eseguite tre tipologie di rilievi fonometrici in accordo con quanto stabilito dalla norma UNI 11143-1:2005 e dalle linee guida SNPA 28/2020:

- *rilievi settimanali*, necessari per la calibrazione del modello di calcolo in corrispondenza di ricettori esposti al rumore prodotto dall'infrastruttura stradale in oggetto, nonché per la verifica dei livelli di rumore presenti allo stato attuale;
- *rilievi di breve durata (15 min)*, necessari per la calibrazione del modello di calcolo in prossimità dell'infrastruttura stradale in oggetto;
- *rilievo giornaliero*, necessario per la modellizzazione e la calibrazione del modello di calcolo relativamente al tratto ferroviario considerato;
- *rilievi eseguiti con tecnica MAOG (10 min)*, necessari per la modellizzazione acustica della S.R. 261.

Una volta calibrato modello di calcolo, è stata eseguita una simulazione in corrispondenza di tutti i ricettori individuati, in particolare dei ricettori adibiti ad ambiente residenziale/abitativo e ad attività produttive/commerciali o ricreative, ad 1 metro dalla facciata maggiormente esposta al rumore della strada ad un'altezza di 4 m, così come richiesto dal D.M. 16/03/98, onde verificare il rispetto dei valori limite di immissione.

Le planimetrie con indicazione dei ricettori individuati e le schede di censimento dei ricettori sono riportate negli appositi elaborati planimetrici.

### 2.3. INDIVIDUAZIONE DEI VALORI LIMITE

La strada in progetto è classificata come strada extraurbana secondaria esistente ai sensi del D.P.R. 142/04, e pertanto si assumono i limiti di cui all'Allegato 1 Tabella 2 del D.P.R. 142/04, come di seguito riportato.

Strada	Tipo di strada	Sottotipi a fini acustici	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)	Notturmo dB(A)	
S.S. 17 DELL'APPENNINO ABRUZZESE ED APPULO-SANNITICO	Strada esistente	Extraurbana Secondaria	Ca	100 (fascia A)	50	40	70	60
				150 (fascia B)			65	55

(\*) per le scuole vale solo il limite diurno.

Per le fasi di realizzazione dell'opera si applicano i valori limite previsti dalla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011, n.770/P "Disposizioni per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno e nell'ambiente abitativo - Approvazione criteri e disposizioni regionali", pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Abruzzo n. 16 del 28/03/2012. Tale delibera stabilisce i criteri e le disposizioni regionali di cui alla Legge Regionale n. 23 del 17/07/2007.

In particolare la Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011, n.770/P, all'Allegato 2 stabilisce quanto segue.

All'interno dei cantieri edili, stradali ed assimilabili, le macchine in uso dovranno essere conformi alle prescrizioni del *D.Lgs. n. 262 del 4 settembre 2002, "Attuazione della Direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto"*. Dovranno comunque essere utilizzati tutti gli accorgimenti tecnici e gestionali al fine di minimizzare l'impatto acustico delle attività di cantiere verso l'esterno.

Per contemperare le esigenze del cantiere con i quotidiani usi degli ambienti confinanti occorre che:

- il cantiere si doti di tutti gli accorgimenti utili al contenimento delle emissioni sonore sia con l'impiego delle più idonee attrezzature operanti in conformità alle direttive CE in materia di emissione acustica ambientale che tramite idonea organizzazione dell'attività;
- venga data preventiva informazione alle persone potenzialmente disturbate dalla rumorosità del cantiere su tempi e modi di esercizio, data di inizio e fine dei lavori.

In attesa delle norme specifiche di cui all'*art. 3, comma 1, lett. g) della L. 447/95*, gli avvisatori acustici potranno essere utilizzati solo se non sostituibili con altri di tipo luminoso e nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza e salute sul luogo di lavoro.

L'attività dei cantieri edili, stradali ed assimilabili, è svolta di norma nei giorni feriali dalle ore 7.00 alle ore 20.00. L'esecuzione di lavorazioni particolarmente rumorose (ad es. escavazioni, demolizioni, impiego di martelli demolitori, flessibili, betoniere, seghe circolari, gru, ecc.), deve essere limitata, di norma, agli intervalli orari 8.00-13.00 e 15.00-19.00.

All'interno di tali orari, il livello sonoro equivalente LAeq generato dall'insieme delle attività di cantiere e rilevato in facciata ad edifici con ambienti abitativi più prossimi al cantiere, su tempi di misura (TM) pari ad almeno 10 minuti, non dovrà mai superare, il valore limite di 70 dB(A). Nei casi di trasmissione del rumore per via prevalentemente strutturale (p.es. per opere di ristrutturazione o manutenzione straordinaria di singole unità abitative all'interno di fabbricati plurifamiliari) si applica il limite di 65 dB(A), con LAeq misurato nell'ambiente disturbato, posto nel medesimo fabbricato, a finestre chiuse su TM = 10 minuti. In ogni caso, sia per le misure in esterno che per quelle in interno, non si applica il valore limite di immissione differenziale, né si applicano le penalizzazioni previste dalla normativa tecnica per le componenti impulsive, tonali e/o a bassa frequenza.

Per le attività di cantiere che, per motivi eccezionali, contingenti e documentabili, non siano in condizione di garantire il rispetto dei limiti di rumore sopra individuati, a seguito di domanda corredata da valutazione di previsione di impatto acustico, redatta da un tecnico competente in acustica ambientale, è possibile concedere l'applicazione di valori limite superiori, previo parere di ARTA (Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente) e ASL.

Ai cantieri edili per la realizzazione di grandi infrastrutture il Comune può richiedere la predisposizione di un piano di monitoraggio acustico dell'attività di cantiere.

Ai cantieri posti in aree particolarmente protette di cui al *D.P.C.M. 14 novembre 1997*, e specificatamente nelle aree destinate ad attività sanitaria di ricovero e cura, possono essere prescritte maggiori restrizioni, sia relativamente ai livelli di rumore emessi, sia agli orari da osservare.

Ai cantieri edili o stradali per il ripristino urgente dell'erogazione dei servizi di pubblica utilità (linee telefoniche ed elettriche, condotte fognarie, acqua, gas ecc.) ovvero in situazione di pericolo per l'incolumità della popolazione, è concessa deroga agli orari ed agli adempimenti amministrativi previsti dalla presente direttiva.

## 2.4. RILIEVI FONOMETRICI

### 2.4.1 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Per le tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico si è fatto riferimento al Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 marzo 1998. In particolare, l'art. 2 stabilisce le caratteristiche della strumentazione di misura, l'art. 3 e l'allegato C stabiliscono le modalità tecniche di misura.

Per i rilievi fonometrici è stata utilizzata la seguente strumentazione di misura:

- fonometro analizzatore real time di classe 1, 01 dB mod. SOLO matr. 60762, fissato in cabinet per esterni con relativo microfono, preamplificatore, cavo microfonico, cuffia antivento, treppiede
- fonometro analizzatore real time di classe 1, SVANTEK mod. Svan948 matr. 6952, con relativo microfono, preamplificatore, cuffia antivento, treppiede;
- calibratore di classe 1, DELTA OHM mod. HD 9101 matr. 0806985912 conforme alle normative IEC 942/1988;
- software di scarico dati: SvanPC, dBSLM32 e Microsoft Excel per l'elaborazione dei dati.

Tutta la strumentazione di misura del rumore è conforme a quanto richiesto dal D.M. 16/3/98 ed alle normative EN 60651/1994 (classe di precisione 1), EN 60804/1994 (classe di precisione 1), e viene sottoposta alla taratura obbligatoria su centri SIT secondo la periodicità prevista per legge.

### 2.4.2 METODOLOGIA DI MISURA

Dopo aver acquisito le informazioni necessarie a programmare le misure (planimetrie, ubicazione ricettori, disponibilità dei ricettori per l'esecuzione delle misure all'interno della loro proprietà, ecc.), si è proceduto alla misura del livello sonoro secondo le seguenti modalità:

- controllo della calibrazione del fonometro all'inizio ed al termine del ciclo di misure, alla pressione acustica di 94 dB sulla frequenza di 1000 Hz;
- per i rilievi settimanali, posizionando il microfono dotato di cuffia antivento su un apposito treppiede all'altezza di 4 m, in prossimità del ricettore prescelto. Il fonometro è sistemato all'interno di un apposito cabinet dotato di batterie che garantiscono autonomia di oltre 15 gg. per l'alimentazione elettrica;
- per il rilievo giornaliero, posizionando il microfono dotato di cuffia antivento

su un apposito treppiede all'altezza di 4 m, in prossimità del ricevitore prescelto. Il fonometro è sistemato all'interno di un apposito cabinet dotato di batterie che garantiscono autonomia di oltre 15 gg. per l'alimentazione elettrica;

- per i rilievi di breve durata, posizionando il microfono dotato di cuffia antivento su apposito treppiede all'altezza di 1.5 m, in corrispondenza di postazioni omogeneamente distribuite lungo il tracciato dell'infrastruttura stradale in oggetto.
- Per i rilievi eseguiti con tecnica MAOG, posizionando il microfono dotato di cuffia antivento su apposito treppiede all'altezza di 1.5 m, in corrispondenza di una postazione posta lungo il tracciato della S.R. 261. In particolare sono state eseguite due misure nella fascia oraria 8-12 (mattina), una misura nella fascia oraria 13-17 (pomeriggio), una misura nella fascia oraria 17-21 (sera), e due misure nella fascia oraria 22-24 (notte), tali da ricoprire l'intero arco temporale della giornata.
- scarico dei dati dai fonometri ed elaborazione dei vari parametri acustici.

#### 2.4.3 POSTAZIONI DI MISURA

Sono state eseguite le seguenti misure di rumore:

- S1. Rilievo settimanale - agriturismo ubicato lungo la S.S. 17 - Coordinate GPS: N 42°19'26.4" - E 13°31'56.5", distante circa 35 metri dalla strada;
- S2. Rilievo settimanale - albergo/ristorante posto lungo la S.S. 17 - Coordinate GPS: N 42°19'10.4" - E 13°35'12.5", distante circa 15 metri dalla strada;
- G1. Rilievo giornaliero - attività produttiva posta in prossimità del tratto ferroviario L'aquila-Sulmona - Coordinate GPS: N 42°19'25.3" - E 13°29'55.0".

Sono stati inoltre eseguiti rilievi di breve durata in n.4 postazioni di misura (P) omogeneamente distribuite sull'infrastruttura stradale in oggetto, e rilievi con tecnica MAOG in una postazione (M) posta lungo il tracciato della S.R. 261.

L'ubicazione dei punti di misura è riportata negli appositi elaborati planimetrici.

#### 2.4.4 RISULTATI DELLE MISURE

Di seguito si riassumono i risultati dei rilievi eseguiti.

#### RILIEVI SETTIMANALI

Postazione	Coordinate GPS	LAeq sett. diurno (06-22) [dB]	LAeq sett. notturno (22-06) [dB]
S1	N 42°19'26.4" E 13°31'56.5"	<b>61.8</b>	<b>52.1</b>
S2	N 42°19'10.4" E 13°35'12.5"	<b>62.5</b>	<b>54.6</b>

#### RILIEVO GIORNALIERO

Postazione	Coordinate GPS	LAeq giorn. diurno (06-22) [dB]	LAeq giorn. notturno (22-06) [dB]
G1	N 42°19'25.3" E 13°29'55.0"	<b>62.0</b>	<b>46.4</b>

#### RILIEVI DI BREVE DURATA

Postazione	Coordinate GPS	LAeq 15 min, [dB]
P1	N 42°19'26.5" E 13°30'58.6"	<b>68.8</b>
P2	N 42°19'01.7" E 13°33'15.5"	<b>68.5</b>
P3	N 42°19'10.9" E 13°35'14.9"	<b>68.4</b>
P4	N 42°17'46.0" E 13°37'59.5"	<b>65.5</b>

#### RILIEVI ESEGUITI CON TECNICA MAOG

Postazione	Coordinate GPS	Fascia oraria	LAeq 10 min, [dB]
M1	N 42°19'26.8" E 13°29'58.2"	8-12	69.1
		8-12	69.5
		13-17	68.0
		17-21	67.2
		22-24	58.8
		22-24	57.8
		LeqA medio Periodo diurno	<b>68.5</b>
		LeqA medio Periodo notturno	<b>58.4</b>

I rapporti dettagliati delle misure sono riportati negli appositi elaborati.

## 2.5. I MODELLI PREVISIONALI

I modelli previsionali sono ormai uno strumento di lavoro quotidiano per il professionista in acustica e di chi, nell'ambito di un processo valutativo/decisionale o di controllo, ne deve conoscere i principi fondanti ed i campi di validità.

La modellizzazione matematica della realtà può avere molti scopi:

- stima dei livelli di inquinamento acustico in tutti i punti del territorio (con vantaggi enormi in termini di costi e tempi rispetto ai tradizionali metodi di misura sul campo);
- possibilità di valutare il contributo delle singole sorgenti industriali anche a distanza dalle sorgenti stesse, senza il problema del rumore spurio delle altre sorgenti (traffico, altre aziende...);
- possibilità di valutare il contributo di ciascun sito industriale inserito nel proprio contesto;
- valutazione dell'efficacia di dispositivi per l'attenuazione del rumore in forma previsionale.

Da qui è facile capire come la modellizzazione, se ben eseguita, può permettere un livello di analisi dei problemi acustici sicuramente molto superiore all'approccio tradizionale, basato unicamente sulle misure.

Se da un lato è di grande importanza che il modello sia il più possibile fedele alla situazione reale, è altrettanto importante, ai fini dell'applicazione delle leggi vigenti, che esso sia in qualche misura "normalizzato", ossia basato su algoritmi di indiscussa validità e testati attraverso seri confronti. Molti Paesi, proprio allo scopo di ridurre quei margini, anche consistenti, di incertezza legati all'applicazione di algoritmi diversi e talvolta non sufficientemente validati, hanno messo a punto norme tecniche o linee guida che stabiliscono le regole matematiche fondamentali di un modello. Tale obiettivo è stato ritenuto di grande importanza per più motivi:

- riduzione dei margini di variabilità nei risultati;
- semplificazione del lavoro dei professionisti, che dovendo "applicare" in termini ingegneristici i principi dell'acustica devono trovare "strumenti di lavoro" sufficientemente pratici;
- offerta di modelli di calcolo validi per il particolare contesto nazionale.

Gli standard di riferimento più conosciuti ed utilizzati sono riportati nella seguente tabella:

Paese	Modello (anno di pubbl.)	Caratteristiche
Internazionale	ISO 9613 (1995)	Modello di propagazione acustica nell'ambiente esterno
Francia	NMPB-Routes (1996)	Modello dedicato esclusivamente al traffico stradale, evoluzione del metodo pubblicato nel 1980 (Guide de Bruit) e della ISO 9613. Fa riferimento alle richieste della legislazione francese in materia di impatto acustico delle nuove strade ed alla norma XPS 31-133.
Germania	DIN 18005 (1987)	Modello per il trattamento del rumore in ambito urbano (sono considerate sorgenti puntiformi generiche e lineari generiche, sorgenti di traffico stradale e ferroviario, sorgenti superficiali, parcheggi).
Germania	RLS 90 (1990)	Modello dedicato esclusivamente alla modellizzazione del traffico stradale e dei parcheggi (il titolo è "linee guida per la protezione dal rumore in prossimità di strade").
Germania	VDI 2714 (1988)	Modello dedicato alla modellizzazione della propagazione sonora all'aperto; solitamente viene utilizzata in accoppiamento con la VDI 2571 (emissioni sonore di edifici industriali - 1976) e VDI 2720 (riduzione sonora dovuta a barriere - 1991).
Austria	RVS 3.02 (1996)	Modello dedicato esclusivamente alla modellizzazione del traffico stradale.
Regno Unito	CRTN 88	Modello dedicato esclusivamente alla modellizzazione del traffico stradale, con riferimento alla legislazione inglese in materia di impatto acustico delle nuove strade (Noise Insulation Regulation). E' l'evoluzione di un precedente modello del 1975.

### La determinazione della potenza sonora delle sorgenti

Le sorgenti sonore da introdurre nel modello sono caratterizzate acusticamente tramite misure. Il dato richiesto dal modello è la potenza sonora delle singole sorgenti, che non può essere misurata direttamente, in quanto l'unica grandezza misurabile con i normali fonometri risulta essere la pressione sonora: a partire da questa, attraverso calcoli, si giunge alla potenza sonora.

Per il rumore da traffico autoveicolare, molti modelli calcolano il livello sonoro a partire dai dati di traffico in n. veicoli/ora, distinti per periodo diurno e notturno, in veicoli leggeri e pesanti e tenendo conto della velocità media del tracciato stradale.

#### *La costruzione del modello*

Il modello richiede dati di ingresso quali:

- la rappresentazione degli edifici e degli ostacoli in genere;
- la morfologia del terreno;
- il tipo di terreno;
- la presenza di vegetazione;
- ecc..

Gli effetti combinati delle diverse caratteristiche sopra elencate concorrono in modo significativo ai valori delle grandezze acustiche in corrispondenza dei ricettori, i quali sono ottenuti valutando i diversi percorsi di propagazione dei raggi sonori, tenendo conto delle riflessioni multiple, delle diffrazioni ai bordi, dell'effetto del terreno, ecc..

#### *La calibrazione del modello*

La calibrazione del modello è un passaggio fondamentale: si tratta di verificare la congruità dei dati calcolati in alcuni punti di controllo per i quali è stato possibile ottenere dati di misura. In genere, infatti, oltre a caratterizzare le sorgenti di rumore, il tecnico deve scegliere punti di riferimento, utilizzati poi in fase di calibrazione del modello, per mettere a punto eventuali discrepanze fra calcoli e misure, dovute a molteplici cause (solitamente imperfezioni nella introduzione dei dati di ingresso).

In accordo con quanto stabilito all'appendice E della norma UNI 11143-1, punti di calibrazione sono di due diversi tipi: i punti di calibrazione delle sorgenti ed i punti di calibrazione dei ricettori.

I primi sono solitamente di breve durata e sono scelti in prossimità delle sorgenti sonore in modo tale da verificare la rispondenza del modello di calcolo in punti prossimi alle sorgenti; i secondi sono di durata non inferiore ad una settimana, e sono scelti a distanze maggiori dalle sorgenti, in prossimità dei ricettori, ed hanno lo scopo sia di verificare la calibrazione del modello a diverse distanze dalle sorgenti di rumore, sia a verificare il rispetto dei valori limite in corrispondenza dei ricettori.

Sempre in accordo con l'Appendice E della norma UNI 11143-1, in presenza di sorgenti sonore non molto numerose o non molto complesse, un modello di simulazione si intende calibrato quando la differenza tra i valori calcolati ed i valori misurati è contenuta entro i 2 dB per tutti i punti di verifica.

#### *I risultati della modellizzazione*

I risultati di una modellizzazione vengono solitamente espressi attraverso i valori puntuali calcolati in alcuni punti del territorio preso in esame (ricettori sensibili) od anche attraverso la distribuzione dei livelli sull'intero territorio, raffigurata tramite mappe colorate di isolivello.

E' importante sottolineare come i risultati di una modellizzazione possano avere più significati.

Laddove si debba valutare la distribuzione dei livelli sonori sul territorio circostante un'importante sorgente di rumore, il modello permette di ridurre notevolmente il numero di misure necessarie alla caratterizzazione.

Tuttavia, il vero significato del modello emerge in quei casi ove si debba valutare un'ipotesi di bonifica delle sorgenti di rumore; in tal caso il modello permette di valutare l'efficacia acustica delle opere di bonifica.

Un ultimo risvolto nell'applicazione dei modelli si ha quando si debba valutare il contributo di una singola sorgente al clima acustico locale: è infatti evidente che solo in casi rarissimi le sorgenti di rumore si trovano isolate; molto più spesso le sorgenti sono inserite in un contesto acustico che contiene altre sorgenti, più o meno importanti (si pensi al caso di un contesto di convivenza di sorgenti industriali e di traffico veicolare, oppure di casi di più sorgenti industriali insediate nella stessa area).

In tutti questi casi, il modello è probabilmente l'unico strumento che permette di scindere il contributo delle diverse sorgenti e di comprendere quantitativamente l'importanza di ciascuna di esse.

Si parte dunque dalla conoscenza dei dati di input, che vengono implementati grazie al supporto di una planimetria del sito e di altri dati ricavati durante il sopralluogo: il risultato rappresenta la "base" sulla quale viene successivamente sviluppato il modello matematico.

### 2.5.1 SOFTWARE DI SIMULAZIONE E STANDARDS UTILIZZATI

La determinazione dei livelli attuali e futuri indotti dall'infrastruttura stradale di progetto è stata effettuata con l'ausilio del software IMMI 2010 plus v.2.1, specificatamente progettato dalla Woelfel per l'acustica previsionale ed il cosiddetto "noise mapping".

La scelta di applicare tale software di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche delle librerie di calcolo, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni in campo stradale, ferroviario, aeroportuale già effettuate in altri studi analoghi.

Nel presente lavoro sono state utilizzate le librerie di algoritmi considerate dalla norma XPS 31-133 per il rumore da traffico stradale e dalla norma ISO 9613 per il rumore da cantiere, entrambe indicate nella "Raccomandazione della Commissione Europea 2003/613/CE del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità".

Il **modello XPS 31-133** fa riferimento alla «Guide du Bruit 1980» quale modello di emissioni di uso generale per il calcolo del rumore del traffico veicolare.

Il livello di emissione acustica di un veicolo è caratterizzato dal massimo livello sonoro di passaggio L<sub>Amax</sub> in dB misurato a 7,5 m dall'asse di spostamento del veicolo. Tale livello sonoro è determinato separatamente per diversi tipi di veicolo, velocità e flussi di traffico.

Per l'impiego con XPS 31-133, il livello di potenza sonora L<sub>w</sub> e l'emissione acustica E sono calcolati dal livello di pressione sonora misurata L<sub>p</sub> e dalla velocità del veicolo V mediante:

$$L_w = L_p + 25,5 \qquad E = L_w - 10 \log V - 50$$

L'emissione E è quindi un livello sonoro che può essere descritto in termini di dB(A) come livello sonoro Leq sull'isofona di riferimento corrispondente a un solo veicolo all'ora in condizioni di traffico che sono funzione:

- del tipo di veicolo,
- della velocità (o velocità lineare),
- del flusso di traffico,
- del profilo longitudinale.

Ai fini della previsione del rumore, si usano due categorie di veicoli:

- veicoli leggeri (veicoli con portata netta inferiore a 3,5 tonnellate),
- veicoli pesanti (veicoli con portata netta uguale o superiore a 3,5 tonnellate).

Per semplicità, la velocità parametro del veicolo in questo metodo è impiegata per tutta la gamma di velocità medie (da 20 a 120 km/h).

Il tipo di flusso di traffico è un parametro complementare alla velocità, che tiene conto dell'accelerazione, della decelerazione, del carico del motore e del movimento discontinuo o continuo del traffico. Sono definite quattro categorie:

- flusso fluido continuo;
- flusso continuo disuniforme;
- flusso accelerato disuniforme;
- flusso decelerato disuniforme.

Per quanto riguarda la modellizzazione del rumore ferroviario, è stato utilizzato il **modello DIN 18005**. Si tratta di un modello tedesco del 1987, utilissimo in quanto considera il problema del rumore generato da sorgenti di rumore ambientale dei tipi più svariati. Comprende quindi sia sorgenti di tipo generico, quali punti e linee a cui può essere assegnata una potenza sonora definibile dall'utente, sia sorgenti di traffico stradale (e ferroviario) per le quali la DIN 18005 dà la possibilità di utilizzare un algoritmo ben definito, che richiede alcuni dati standard di input. In aggiunta vengono considerati anche i parcheggi di auto, i tram, il traffico marittimo e fluviale, gli impianti portuali, le imbarcazioni a motore da diporto, le zone industriali.

Nel caso in cui si vogliano definire direttamente le caratteristiche di emissione sonora di una sorgente (sia essa puntiforme, lineare o superficiale), il modello richiede di specificare il tipo di sorgente ponendo in alternativa le seguenti:

- Sorgente di traffico stradale;
- Sorgente di traffico ferroviario;
- Sorgente di tipo industriale.

Tale scelta influenza la scelta di un tipico spettro di emissione, in quanto il modello non lavora per bande di frequenza, bensì a larga banda: dunque, la scelta di uno spettro è necessaria al fine di determinare gli effetti di eventuali diffrazioni su ostacoli sul percorso delle onde sonore. Per quanto riguarda la modellizzazione del traffico stradale, che viene considerato come una sorgente lineare posta a 0.5 m al di sopra della superficie della strada, la DIN 18005 prevede, oltre all'inserimento di parametri geometrici e acustici (pendenza della strada, superficie della strada, ecc.), i seguenti parametri:

- M densità del traffico in termini di veicoli/h;
- p percentuale di veicoli pesanti;

In alternativa, è possibile specificare il parametro DTV, che rappresenta la densità di traffico medio giornaliero. Nel caso in cui la strada in questione attraversi i

quartieri di una città, si pone spesso il problema di rappresentare in modo efficace le riflessioni multiple dovute alle sezioni ad U di tali percorsi cittadini.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai testi integrali delle norme di riferimento.

## 2.6. LE SORGENTI SONORE - I DATI DI TRAFFICO

Il software di simulazione considera le strade come sorgenti sonore lineari e caratterizza il livello sonoro a partire dai dati di traffico autoveicolare.

Si è proceduto ad importare le planimetrie con relative strade, linee altimetriche ed edifici, in modo da modellizzare accuratamente la geomorfologia dell'area.

Sono stati inoltre inseriti i seguenti dati di input richiesti dal modello di calcolo, forniti dal Committente, e relativi all'infrastruttura in oggetto:

- attenuazione del rumore dovuto alle qualità fonoassorbenti del manto stradale in fase *post-operam*: asfalto di tipo fonoassorbente/bassoemissivo, in grado di abbattere almeno 3 dBA.
- velocità dei veicoli leggeri pari a 70 Km/h, e velocità dei veicoli pesanti pari a 70 Km/h per lo scenario *ante-operam*;
- velocità dei veicoli leggeri pari a 90 Km/h, e velocità dei veicoli pesanti pari a 70 Km/h per lo scenario *post-operam*;
- dati di traffico disponibili e suddivisi per tipologia di traffico (leggeri/pesanti) e periodo (diurno/notturno) per lo scenario *ante-operam* e *post-operam*.

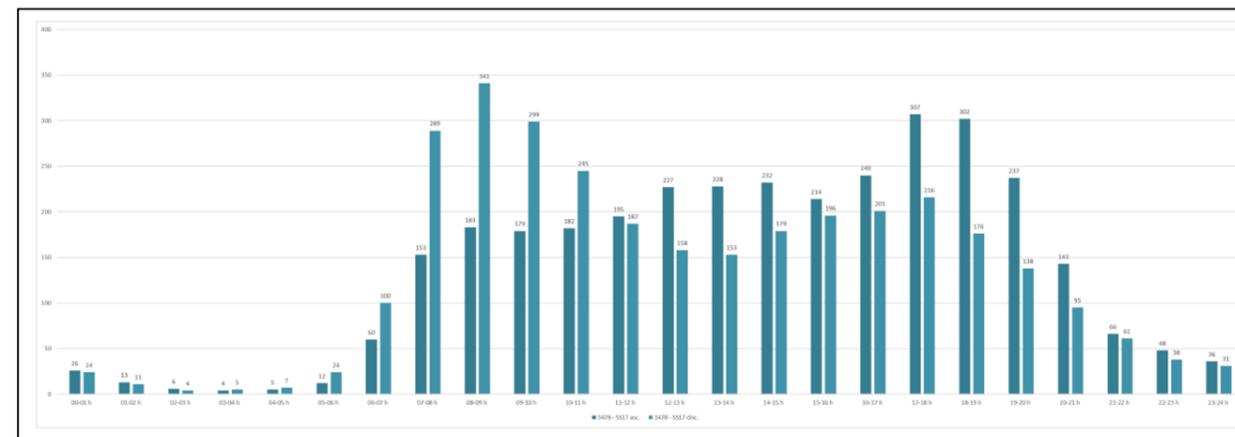
Come richiesto dal Committente, lo scenario di progetto (*post-operam*) è stato valutato all'anno 2036, e lo scenario attuale (*ante-operam*) all'anno 2017 in quanto i dati dell'anno 2020 non sono rappresentativi, dato il periodo di lockdown intercorso.

Di seguito si riportano i dati di traffico sia per lo scenario *ante-operam* che *post-operam*.

Si precisa che i dati di traffico richiesti dall'algoritmo di calcolo sono espressi in veicoli/ora distinti per mezzi leggeri e pesanti e periodo diurno e notturno; lo studio trasportistico utilizzato per il presente studio esplicita invece il valore del TGM per i veicoli leggeri e pesanti, così come riportato nella seguente tabella:

Anno di riferimento	2036
TGM Veicoli Leggeri (veicoli/giorno)	9732
TGM Mezzi Pesanti (veicoli/giorno)	345
TGM Totale (veicoli/giorno)	10077
Veicoli Equivalenti Totali	10594

Per la determinazione dei valori orari si è fatto riferimento al grafico 2.4 di pag. 16 dello studio trasportistico, di seguito riportato. Tale grafico riporta i valori dei flussi ascendenti e discendenti misurati nell'anno 2017, e suddiviso per fasce orarie in corrispondenza della sezione di misura n. 3478, ubicata lungo la SS 17 in prossimità di Barisciano (AQ).



Dal grafico di cui sopra è stato possibile ricavare i passaggi totali giornalieri, pari a 6476 veicoli, ed i passaggi totali notturni, pari a 294 veicoli.

A partire da tali dati, e considerando che il TGM all'anno 2036 sia di 10077 veicoli, si è stimato il passaggio dei veicoli totali notturni riferiti al 2036 mediante la seguente proporzione:

$$6476:294=10077:x$$

Da cui si ricava  $x \approx 457$  veicoli totali notturni, ovvero  $457/8 \approx 57$  veicoli totali orari in periodo notturno.

Dalla tabella sopra riportata è stato stimato il rapporto tra i veicoli totali e quelli pesanti, pari a  $10077/345 \approx 29$ .

Il numero di passaggi orari stimati dei veicoli pesanti in periodo notturno sarà quindi pari a  $57/29 \approx 2$ . Il numero di passaggi di veicoli leggeri in periodo notturno sarà quindi pari a  $57-2=55$ .

Considerando quindi che il numero di passaggi totali di veicoli leggeri in periodo notturno sia  $55 \times 8 = 440$ , il numero di passaggi totali di veicoli leggeri in periodo diurno sarà pari a  $9732 - 440 = 9292$ , ovvero  $9292/16 \approx 581$  veicoli leggeri orari diurni.

Considerando infine un rapporto tra i veicoli leggeri e pesanti pari a  $55/2 \approx 28$ , il numero di veicoli orari in periodo notturno sarà pari a  $581/28 \approx 21$ .

La stessa procedura è stata utilizzata per determinare i valori orari di traffico per lo scenario ante operam, utilizzando come valori di riferimento quelli riportati nella seguente tabella, e riferiti allo scenario attuale.

Anno di riferimento	2017
TGM Veicoli Leggeri (veicoli/giorno)	7812
TGM Mezzi Pesanti (veicoli/giorno)	263
Veicoli Equivalenti Totali	8470

Il tutto è riassunto nelle seguenti tabelle.

SCENARIO ANTE-OPERAM			
Veicoli leggeri (veicoli/ora)		Veicoli pesanti (veicoli/ora)	
Periodo diurno (06-22)	Periodo notturno (22-06)	Periodo diurno (06-22)	Periodo notturno (22-06)
409	39	16	2
SCENARIO POST-OPERAM			
Veicoli leggeri (veicoli/ora)		Veicoli pesanti (veicoli/ora)	
Periodo diurno (06-22)	Periodo notturno (22-06)	Periodo diurno (06-22)	Periodo notturno (22-06)
581	55	21	2

Volendo fare una verifica dei risultati ottenuti, si può fare una stima del TGM totale a partire dai dati orari stimati, e confrontarlo con il TGM dello studio trasportistico, ovvero:

$$(581 \times 16) + (55 \times 8) + (21 \times 16) + (2 \times 8) = 10088 \text{ veicoli/giorno}$$

Tale valore è praticamente uguale al TGM di cui allo studio trasportistico, salvo piccolo scostamento in eccesso dovuto agli arrotondamenti nei calcoli.

Si precisa che per lo scenario *post-operam*, è stato assunto che il volume di traffico presente sulle complanari di nuova realizzazione sia pari al 5% di quello stimato sull'asse principale.

Per quanto riguarda la caratterizzazione del parco veicolare, si può ritenere che in generale i veicoli attualmente circolanti siano costituiti essenzialmente da veicoli a benzina, gasolio, GPL ed in piccolissima parte da veicoli elettrici ed ibridi, i quali sono caratterizzati da avere emissioni acustiche molto più basse rispetto ai veicoli convenzionali. Nella seguente tabella si riportano i dati elaborati a livello nazionale dall'osservatorio Autopromotec su dati ACI.

**Parco circolante di autovetture – quote % alimentazioni**

Alimentazione	2020	2021
benzina	45,5%	45,1%
diesel	43,8%	42,8%
GPL	6,7%	6,8%
metano	2,5%	2,4%
ibride+PHEV	1,4%	2,6%
elettriche	0,1%	0,3%
<b>totale</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Come si evince anche dalla tabella di cui sopra, negli ultimi anni si sta assistendo ad un sensibile aumento di circolazione di veicoli elettrici ed ibridi; si può presumibilmente ritenere quindi, che nell'anno di riferimento 2036, il parco veicolare circolante sarà costituito da un maggior numero di auto elettriche ed ibride rispetto alla situazione attuale, ed in generale da un maggior numero di auto a basse emissioni sia acustiche che di inquinanti atmosferici. Poiché la stima dei livelli di rumore in fase post operam, è stato condotto con algoritmi di calcolo che fanno comunque riferimento alle attuali normative vigenti ed all'attuale stato di "evoluzione tecnica", si può fondatamente ritenere che la situazione di progetto valutata sia comunque sovrastimata in quanto, come già detto, vi è la tendenza alla messa in circolazione di veicoli con sempre meno emissioni di rumore.

Nella seguente tabella, tratta dal sito <https://www.anfia.it/it/automobile-in-cifre/statistiche-italia/parco-circolante> (ANFIA: Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica), si riportano i dati relativi al numero e tipo di veicoli circolanti nelle provincie abruzzesi nell'anno 2021.

Province	Autovetture	Autocarri	Motrici e trattori	Autobus	Totale autoveicoli	Rimorchi e Semirimorchi (*)	Motocicli	Motocarri e quadricicli	N.I.
Provinces	Passenger cars	Trucks	Road tractors	Buses	Total motor vehicles	Trailers/Semitrailers	Motor-cycles	Three-wheelers	not identified
Chieti	264.354	39.873	1.925	1.914	308.066	3.493	47.671	2.787	
L'Aquila	216.969	31.196	979	592	249.736	2.432	27.298	2.645	
Pescara	202.350	25.973	1.068	249	229.640	2.266	40.448	1.290	1
Teramo	216.136	32.349	869	543	249.897	1.926	34.740	1.249	
Abruzzo	899.809	129.391	4.841	3.298	1.037.339	10.117	150.157	7.971	1

Per quanto riguarda la S.R. 261 (sorgente concorsuale di rumore), la modellizzazione acustica è avvenuta a partire dai valori medi dei livelli equivalenti delle misure eseguite con tecnica MAOG come sopra specificato, sia per il periodo diurno che notturno.

Per la modellizzazione del rumore ferroviario, il software di simulazione considera le tratte ferroviarie come sorgenti sonore lineari. In particolare sono stati acquisiti i dati di traffico dalla R.F.I. per la tratta ferroviaria L'Aquila-Sulmona. Come input al modello di simulazione, sono stati acquisiti i dati relativi al numero di passaggi dei convogli in periodo diurno e notturno, lunghezza orientativa dei convogli e velocità massima tipica (pari a 100 Km/h per la tipologia di traffico ferroviario della tratta in esame, costituito da treni regionali).

## 2.7. VALIDAZIONE DEL MODELLO PREVISIONALE

Per verificare la validità del modello previsionale utilizzato sono stati eseguiti calcoli in condizioni attuali nei punti dove sono stati eseguiti i rilievi fonometrici settimanali (calibrazione dei ricettori), di breve durata (calibrazione delle sorgenti), e nel punto dove è stato eseguito il rilievo fonometrico giornaliero (calibrazione delle sorgenti). Si precisa che per le misure di breve durata i dati di traffico sono stati conteggiati manualmente nello stesso periodo di tempo in cui era in corso la misura di rumore. Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati dei livelli di rumore calcolati e misurati.

### RILIEVI SETTIMANALI - CALIBRAZIONE DEI RICETTORI

Postazione	Periodo diurno			Periodo notturno		
	LAeq misurato [dB]	Laeq calcolato [dB]	Δ [dB]	LAeq misurato [dB]	Laeq calcolato [dB]	Δ [dB]
S1	61.8	61.3	<b>0.5</b>	52.1	51.4	<b>0.7</b>
S2	62.5	64.4	<b>-1.9</b>	54.6	54.7	<b>-0.1</b>

### RILIEVI DI BREVE DURATA - CALIBRAZIONE DELLE SORGENTI

Postazione	LAeq misurato [dB]	Laeq calcolato [dB]	Δ [dB]
P1	68.8	68.9	<b>-0.1</b>
P2	68.5	69.4	<b>-0.9</b>
P3	68.4	69.6	<b>-1.2</b>
P4	65.5	66.1	<b>-0.6</b>

### RILIEVO GIORNALIERO - CALIBRAZIONE DELLE SORGENTI

Postazione	LAeq misurato [dB]	Laeq calcolato [dB]	Δ [dB]
G1	62.0	63.6	<b>-1.6</b>

Per quanto riguarda la calibrazione della sorgente "ferrovia" si precisa che, seppur la velocità massima tipica per la tipologia di treni in oggetto è di 100 Km/h (dato peggiorativo per le emissioni acustiche utilizzato in fase di modellizzazione), ai fini della calibrazione del modello di calcolo è stata stimata, date le caratteristiche della linea ferroviaria in prossimità del punto di misura, una velocità dei convogli media pari a 70 Km/h.

Dall'analisi delle tabelle di cui sopra, il modello di calcolo tende mediamente a sovrastimare i livelli di rumore se confrontati con i dati misurati, ma in ogni caso si può ritenere calibrato in quanto, per tutti i punti di calibrazione dei ricettori e di calibrazione delle sorgenti, lo scarto tra i valori misurati e calcolati è contenuto entro i 2 dB, in accordo con quanto stabilito dall'Appendice E della norma UNI 11143-1.

## 2.8. LO SCENARIO ANTE-OPERAM

Dall'elaborazione dei dati allo stato attuale è risultato lo scenario *ante-operam* in periodo diurno e notturno. L'elaborazione ha riguardato un totale di n. 386 ricettori.

In particolare, ai fini della verifica del rispetto dei valori limite, si sono considerati sia gli edifici di tipo civile/abitativo, sia gli edifici non abitativi (capannoni, edifici diroccati/in costruzione, ecc.), e la valutazione è stata eseguita ad 1 metro dalla facciata maggiormente esposta al rumore della strada ad un'altezza di 4 m, così come richiesto dal D.M. 16/03/98. Non sono stati considerati nell'elaborazione gli edifici che saranno oggetto di espropri e/o demolizioni a causa degli interventi in oggetto.

Si precisa che, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del DPCM 14/11/1997, i valori limite differenziali di immissione, da verificare negli ambienti abitativi di cui all'art. 1 lettera I del DPR n. 142/2004, non si applicano alle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime.

Al fine di considerare la condizione più critica in termini di propagazione del rumore, è stata trascurata l'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico e del terreno, mentre sono stati considerati come ostacoli alla propagazione gli edifici e gli ostacoli dovuti alla morfologia dell'area in esame, come dislivelli e colline. Il modello di

calcolo tiene inoltre in considerazione le condizioni di propagazione indotte dalla divergenza geometrica, considerando la propagazione semicilindrica delle onde sonore mediante la seguente relazione:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} r - 5$$

dove  $L_p$  è il livello di pressione sonora valutato ad una distanza  $r$  dalla sorgente avente potenza sonora per unità di lunghezza  $L_w$ .

I risultati della simulazione sono riportati nella seguente tabella.

Le planimetrie con evidenza del clima acustico relativamente allo stato attuale diurno e notturno sono riportati negli appositi elaborati planimetrici.

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitativo	Edificio non abitativo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
1		x	45.35	35.62
2	x		48.99	38.61
3	x		47.34	37.29
4		x	47.10	36.74
5	x		49.65	39.02
6		x	50.62	40.45
7	x		49.20	39.31
8	x		50.06	38.84
9	x		56.89	46.00
10	x		62.96	52.61
11		x	58.16	47.78
12		x	57.31	46.73
13	x		59.24	48.93
14	x		59.08	48.76
15	x		51.33	40.73
16	x		51.51	41.22
17		x	47.49	37.25
18	x		53.58	43.50
19	x		55.04	44.97
20	x		66.73	56.76
21	x		61.60	51.45
22	x		68.73	58.79
23	x		59.29	49.01
24	x		52.92	43.11
25	x		49.41	39.39
26	x		50.02	40.12
27	x		51.63	41.34
28	x		53.35	43.56
29	x		52.69	42.95
30	x		55.74	45.66
31	x		57.47	47.64
32	x		62.01	51.99
33	x		61.75	51.67
34	x		60.80	50.64
35	x		59.62	49.38
36	x		48.36	39.04
37	x		48.44	39.48

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitativo	Edificio non abitativo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
38	x		49.29	40.06
39	x		50.29	40.68
40	x		50.67	40.99
41	x		52.27	42.58
42	x		51.93	42.16
43	x		55.71	45.82
44	x		53.88	44.01
45	x		52.42	42.65
46	x		56.91	46.82
47	x		59.62	49.64
48	x		63.23	53.27
49	x		61.39	51.43
50	x		64.02	54.09
51	x		58.91	48.69
52	x		60.42	50.27
53	x		63.31	45.98
54	x		60.33	50.18
55	x		59.36	49.19
56	x		59.93	49.78
57	x		61.90	42.78
58	x		60.92	44.14
59	x		60.00	49.89
60	x		61.20	42.65
61	x		59.94	49.83
62	x		59.36	49.17
63	x		56.61	46.15
64	x		58.61	48.71
65	x		54.08	44.23
66	x		49.93	40.14
67	x		49.65	39.85
68	x		50.14	40.32
69	x		52.29	42.91
70		x	51.06	41.65
71	x		52.89	43.25
72	x		56.87	47.03
73		x	51.50	41.96
74		x	56.39	46.51
75	x		58.14	48.30
76		x	61.74	51.85
77		x	56.23	46.48
78		x	53.68	43.84
79		x	52.78	43.11
80	x		49.23	39.83
81	x		47.54	38.12
82	x		58.48	48.69
83	x		54.29	44.61
84		x	61.53	51.66
85		x	57.06	47.28
86	x		55.04	45.17
87	x		63.66	53.75
88	x		55.05	45.26
89		x	66.59	56.67
90		x	54.32	44.52
91	x		63.89	53.97

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitato	Edificio non abitato	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
92		x	57.37	47.49
93	x		50.83	41.83
94	x		47.29	38.28
95	x		50.80	41.54
96	x		50.49	41.16
97	x		52.11	42.33
98	x		61.01	51.08
99	x		62.90	52.99
100	x		58.14	48.25
101	x		48.70	39.37
102	x		49.35	39.88
103	x		54.08	44.24
104	x		56.96	47.06
105	x		61.90	52.00
106	x		50.82	41.18
107	x		50.86	41.19
108	x		53.33	43.49
109	x		59.73	49.85
110	x		60.25	50.49
111	x		61.31	51.42
112	x		58.13	48.47
113	x		52.38	43.21
114	x		60.70	50.86
115	x		50.09	40.48
116	x		56.37	46.53
117	x		52.48	42.81
118	x		60.46	50.59
119	x		54.54	44.86
120	x		50.02	40.40
121	x		50.06	40.43
122	x		51.67	41.90
123	x		51.87	42.05
124	x		56.64	46.80
125	x		66.90	56.98
126	x		50.16	40.27
127	x		56.06	46.26
128	x		56.84	47.00
129	x		65.94	56.02
130	x		62.53	52.62
131	x		53.20	43.54
132	x		50.71	41.14
133	x		49.67	39.90
134		x	45.71	36.21
135	x		43.79	34.61
136	x		47.49	38.05
137	x		42.50	33.50
138	x		44.47	34.92
139	x		41.68	33.42
140	x		47.13	37.64
141	x		47.37	37.75
142	x		45.85	36.44
143	x		40.06	31.94
144	x		40.93	32.88
145	x		40.74	32.38

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitato	Edificio non abitato	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
146	x		41.76	33.45
147	x		37.88	29.78
148	x		42.47	33.23
149	x		40.61	31.38
150	x		38.98	29.40
151	x		36.80	28.16
152	x		45.61	36.03
153	x		45.33	35.53
154	x		42.26	33.01
155	x		39.55	30.11
156	x		37.65	29.11
157	x		38.76	30.23
158	x		36.54	27.52
159	x		38.16	29.86
160	x		34.60	26.44
161	x		36.46	28.55
162	x		34.76	26.00
163	x		37.68	29.67
164	x		37.22	28.67
165	x		37.76	29.59
166	x		36.43	27.77
167	x		35.75	26.97
168	x		36.36	27.70
169	x		39.58	31.43
170	x		38.82	30.86
171	x		41.08	32.86
172	x		41.73	33.37
173	x		40.82	32.21
174	x		38.23	30.19
175	x		37.91	29.53
176	x		42.89	34.45
177	x		43.16	35.46
178	x		38.53	30.29
179	x		39.26	30.90
180	x		39.92	31.47
181	x		40.48	32.10
182	x		40.98	32.56
183	x		39.09	29.89
184	x		38.83	29.68
185	x		43.15	34.47
186	x		45.61	37.72
187	x		40.62	31.56
188	x		42.05	32.62
189	x		43.74	35.63
190	x		49.39	40.08
191	x		49.11	39.32
192	x		53.04	43.16
193	x		51.27	41.50
194	x		55.50	45.68
195	x		54.48	44.73
196	x		58.17	48.32
197	x		69.80	59.88
198	x		68.42	58.50
199	x		59.97	50.14

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitativo	Edificio non abitativo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
200	x		66.37	56.45
201	x		57.46	47.65
202	x		65.01	55.10
203	x		56.19	46.32
204	x		68.04	58.12
205	x		48.67	39.32
206	x		45.27	36.11
207	x		49.61	39.83
208	x		54.41	44.55
209	x		60.46	50.61
210		x	57.35	47.49
211	x		56.32	46.42
212	x		41.97	33.43
213		x	42.39	34.44
214	x		42.47	34.63
215	x		42.75	34.72
216	x		44.97	35.68
217		x	42.71	34.42
218	x		43.00	34.44
219	x		42.16	34.03
220	x		45.76	37.39
221	x		47.45	38.37
222	x		47.16	38.20
223	x		46.37	37.60
224	x		48.16	38.91
225	x		46.92	38.03
226	x		49.22	40.15
227	x		49.66	40.13
228	x		61.58	51.65
229	x		62.39	52.50
230	x		65.33	55.42
231	x		64.86	54.94
232	x		61.02	51.11
233	x		62.06	52.15
234	x		66.94	57.03
235	x		60.09	50.22
236	x		54.16	44.52
237	x		52.05	42.51
238	x		55.99	46.21
239	x		44.35	36.11
240	x		45.34	37.19
241	x		47.88	39.53
242	x		49.26	40.53
243	x		46.72	38.76
244	x		44.06	36.49
245	x		45.04	37.46
246	x		44.10	36.00
247	x		44.92	36.82
248	x		40.96	32.91
249	x		41.77	33.86
250	x		41.51	33.78
251	x		42.64	35.36
252	x		40.97	33.39
253	x		42.26	34.74

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitativo	Edificio non abitativo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
254	x		41.19	33.86
255	x		40.48	33.16
256	x		41.37	33.79
257	x		61.99	52.13
258	x		60.76	50.87
259	x		53.65	43.77
260	x		52.93	43.11
261	x		58.87	48.96
262	x		58.93	49.05
263	x		57.23	47.37
264	x		61.24	51.33
265	x		56.94	47.17
266	x		52.89	43.21
267	x		48.12	39.16
268	x		50.13	40.61
<b>269</b>	Ricettore sensibile (scuola)		<b>52.12</b>	42.95
270	x		52.14	42.62
271	x		50.27	41.08
272	x		47.45	38.79
273	x		46.83	38.32
274	x		49.93	40.73
275	x		48.78	39.61
276	x		48.47	39.47
277	x		48.39	39.50
278	x		46.34	38.09
279	x		46.94	38.54
280	x		47.43	38.50
281	x		45.56	36.56
282	x		47.88	39.47
283	x		47.47	39.06
284	x		44.24	35.59
285	x		45.71	36.67
286		x	49.87	40.37
287	x		45.95	37.74
288	x		46.29	37.78
289	x		46.04	37.83
290	x		44.88	36.65
291	x		44.88	36.70
292	x		41.72	33.92
293	x		42.24	34.55
294		x	42.57	33.70
295	x		41.84	34.62
296		x	42.72	35.02
297	x		42.69	35.13
298	x		42.15	33.62
299	x		63.80	53.88
300	x		58.86	48.97
301		x	55.31	45.74
302		x	50.56	41.46
<b>303</b>	Ricettore sensibile (scuola)		<b>51.62</b>	42.33
<b>304</b>	Ricettore sensibile (scuola)		<b>51.87</b>	42.73
305	x		60.38	50.48
306	x		60.60	50.68
307	x		60.51	50.62

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
308	x		60.60	50.75
309	x		53.90	44.42
310	x		55.71	46.22
311		x	53.04	43.57
312	x		61.57	51.65
313	x		57.68	47.91
314	x		58.31	48.43
315	x		57.55	47.76
316	x		54.67	44.96
317	x		52.77	43.08
318	x		50.20	40.75
319		x	54.55	44.96
320		x	49.70	40.12
321		x	55.72	45.90
322		x	51.68	42.23
323		x	59.41	49.56
324		x	53.65	44.03
325		x	54.81	45.25
326		x	50.40	41.40
327		x	50.33	41.60
328		x	50.93	41.19
329		x	48.32	39.12
330		x	53.24	43.70
331	x		49.87	40.49
332		x	58.11	48.27
333	x		57.01	47.34
334	x		57.50	47.72
335	x		54.13	44.66
336		x	63.28	53.39
337	x		55.10	45.27
338	x		65.46	55.56
339	x		64.77	54.85
340	x		68.90	58.97
341	x		61.27	51.38
342	x		65.95	56.06
343	x		61.78	51.90
344	x		54.71	44.91
345	x		49.73	39.94
346		x	48.35	38.54
347		x	49.03	39.32
348	x		68.96	59.04
349		x	59.95	50.09
350		x	58.57	48.70
351	x		59.15	49.28
352	x		54.43	45.00
353	x		60.45	50.59
354	x		62.93	53.04
355	x		65.28	55.39
356	x		51.74	42.26
357	x		61.76	51.88
358	x		58.39	48.61
359	x		52.37	42.82
360	x		48.51	38.97
361		x	68.76	58.86

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
362	x		50.42	41.46
363	x		52.98	43.70
364	x		54.87	45.11
365	x		53.53	44.29
366	x		60.67	50.87
367	x		51.42	42.04
368	x		54.58	45.01
369	x		61.65	51.75
370	x		59.02	49.09
371	x		49.24	39.62
372	x		52.35	42.74
373	x		49.30	39.56
374	x		49.59	39.83
375	x		49.90	40.16
376		x	48.51	38.77
377	x		50.62	40.80
378		x	60.93	51.02
379		x	51.89	42.36
380	x		60.48	50.60
381	x		59.73	49.85
382	x		60.49	50.63
383	x		60.54	50.70
384		x	59.85	49.97
385		x	56.59	46.75
386	x		51.69	41.99

Dalla Tabella di cui sopra si evince che allo stato attuale (scenario *ante-operam*), vi sono superamenti dei limiti di immissione di cui alla Tabella 2 Allegato I del D.P.R. n.142/2004 per i ricettori R269, R303 e R304 (scuole), il cui limite diurno è pari a 50 dB(A).

## 2.9. LO SCENARIO IN CORSO D'OPERA

Per la fase di esecuzione delle lavorazioni, in sede di elaborazione del presente progetto, sono state previste due aree di cantiere, descritte compiutamente nell'apposito capitolo della "Relazione descrittiva di cantierizzazione" e di seguito individuate.

- Area di cantiere "alfa" di 36000 mq situata nei pressi della rotatoria R1 composta da:
  - area "alfa-1" di 9500 mq;
  - area "alfa-2" di 10000 mq;
  - area "alfa-3" di 8500 mq;
  - area "alfa-4" di 8000 mq.

In tale area è previsto il campo base con tutti gli apprestamenti necessari descritti nel seguito. Inoltre, parte dell'area è destinata a cantiere operativo per la prima parte dell'infrastruttura in progetto.

- Area di cantiere "bravo" di 19000 mq situata nei pressi di Basciano.

Tale area è dedicata a cantiere operativo per la seconda parte dell'infrastruttura in progetto, nonché per le opere d'arte maggiori.

Le suddette aree di cantiere sono adeguatamente collegate all'esistente viabilità principale e secondaria, avendo avuto cura, in funzione delle esigenze complessive della cantierizzazione dell'opera, di prevedere i necessari adeguamenti della geometria delle infrastrutture viarie esistenti. Per la realizzazione di tutti gli interventi sono state previste le espropriazioni ed occupazioni temporanee necessarie.

Come detto in precedenza, e come stabilito dalla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011, n.770/P, all'interno dei cantieri edili, stradali ed assimilabili, le macchine in uso dovranno essere conformi alle prescrizioni del *D.Lgs. n. 262 del 4 settembre 2002, "Attuazione della Direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto"*, ed in particolare il livello di potenza sonora garantito delle macchine ed attrezzature sotto elencate non deve superare il livello di potenza sonora ammissibile stabilito nella tabella seguente dei valori limite.

Tipo di macchina	Potenza netta installata $P_{in}$ kW potenza elettrica $P_{el}$ (*) in kW massa dell'apparecchio $m$ in kg ampiezza di taglio $L$ in cm	Livello ammissibile di potenza sonora in dB/1 pW	
		Fase I A partire da 3 gennaio 2002	Fase II A partire da 3 gennaio 2006
Mezzi di compattazione (rulli vibranti, piastre vibranti e vibrocosteripatori)	$P \leq 8$	108	105 <sup>(2)</sup>
	$8 < P \leq 70$	109	106 <sup>(2)</sup>
	$P > 70$	$89 + 11 \log P$	$86 + 11 \log P$ <sup>(2)</sup>
Apripista, pale caricatrici, terne cingolati	$P \leq 55$	106	103 <sup>(2)</sup>
	$P > 55$	$87 + 11 \log P$	$84 + 11 \log P$ <sup>(2)</sup>
Apripista, pale caricatrici, terne gommati: dumper, motolivellatrici; compattatori di rifiuti con pala caricatrice, carrelli elevatori con carico a sbalzo e motore a combustione, gru mobili, mezzi di compattazione (rulli statici) vibrofinitrici, compressori idraulici	$P \leq 55$	104	101 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
	$P > 55$	$85 + 11 \log P$	$82 + 11 \log P$ <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
Escavatori, montacarichi per materiali da cantiere, argani motozappe	$P \leq 15$	96	93
	$P > 15$	$83 + 11 \log P$	$80 + 11 \log P$
Martelli demolitori tenuti a mano	$m \leq 15$	107	105
	$15 < m < 30$	$94 + 11 \log m$	$92 + 11 \log m$ <sup>(2)</sup>
	$m \geq 30$	$96 + 11 \log m$	$94 + 11 \log m$
Gru a torre		$98 + \log P$	$96 + \log P$
Gruppi elettrogeni e gruppi elettrogeni di saldatura	$P_{el} \leq 2$	$97 + \log P_{el}$	$95 + \log P_{el}$
	$2 < P_{el} \leq 10$	$98 + \log P_{el}$	$96 + \log P_{el}$

	$P_{el} > 10$	$97 + \log P_{el}$	$95 + \log P_{el}$
Motocompressori	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \log P$	$95 + 2 \log P$
Tosaerba, tagliaerba elettrici e tagliabordi elettrici	$L \leq 50$	96	94 <sup>(2)</sup>
	$50 < L \leq 70$	100	98
	$70 < L \leq 120$	100	98 <sup>(2)</sup>
	$L > 120$	105	103 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>  $P_{el}$  per gruppi elettrogeni di saldatura: corrente convenzionale di saldatura moltiplicata per la tensione convenzionale a carico relativa al valore più basso del fattore di utilizzazione del tempo indicato dal fabbricante.

$P_{el}$  per gruppi elettrogeni potenza principale conformemente a ISO 8528-1:1993, punto 13.3.2

<sup>(2)</sup> I valori della fase II sono meramente indicativi per i seguenti tipi di macchine e attrezzature:

- rulli vibranti con operatore a piedi;
- piastre vibranti (> 3 kW);
- vibrocosteripatori;
- apripista (muniti con cingoli d'acciaio);
- pale caricatrici (muniti di cingoli d'acciaio > 55 kW);
- carrelli elevatori con motore a combustione interna con carico a sbalzo;
- vibrofinitrici dotate di rasiera con sistema di compattazione;
- martelli demolitori con motore a combustione interna tenuti a mano ( $15 < m < 30$ );
- tosaerba, tagliaerba elettrici e tagliabordi elettrici.

I valori definitivi dipenderanno dall'eventuale modifica della direttiva a seguito della relazione di cui all'articolo 20, paragrafo 1. Qualora la direttiva non subisse alcuna modifica, i valori della fase I si applicheranno anche alla fase II.

<sup>(3)</sup> Per le gru mobili dotate di un solo motore, i valori della fase I si applicano fino al 3 gennaio 2008. Dopo tale data si applicano i valori della fase II.

Nel verificare il rispetto del livello di potenza sonora ammissibile, il livello di potenza sonora misurato deve essere approssimato al numero intero (se la differenza è inferiore a 0,5 arrotondare per difetto; se la differenza è superiore o uguale a 0,5 arrotondare in eccesso).

L'impatto acustico per la fase in corso d'opera è stato eseguito sulla base di quanto riportato nell'elaborato "Relazione descrittiva di cantierizzazione" (T00CA00CANRE00) e nell'elaborato "Prime indicazioni per la stesura del Piano di Sicurezza" (T00SI00SICRE01), considerando le seguenti opere principali e maggiormente impattanti.

- Realizzazione Viadotto VI.001
- Realizzazione Galleria artificiale GA.001
- Realizzazione Sottovia scatolare ST.001
- Realizzazione Sottovia scatolare ST.002
- Realizzazione Ponticello al Km 8+053
- Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere ALFA
- Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere BRAVO
- Viabilità dei mezzi di cantiere
- Allargamento della sede stradale, realizzazione di svincoli, complanari, rotoatorie e pavimentazione

Ai fini della previsione dell'impatto da rumore in corso d'opera, è stato utilizzato il software IMMI 2010 con la libreria ISO 9613. Conformemente a quanto stabilito dalla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P, è stato valutato il livello sonoro equivalente LAeq generato dalle attività lavorative, e rilevato in facciata ad edifici con ambienti abitativi più prossimi al cantiere; successivamente i valori calcolati, sono stati confrontati con il valore limite pari a 70 dB(A).

Le planimetrie con evidenza del clima acustico relativamente alle principali opere e lavorazioni previste per la fase di cantiere sono riportati negli appositi elaborati planimetrici.

### **Realizzazione Viadotto VI.001**

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impalcato misto acciaio-calcestruzzo con schema statico a trave appoggiata con luce in asse impalcato pari a 38 m.

L'impalcato è caratterizzato da 4 travi longitudinali principali, poste ad interasse trasversale pari a 3.1 m, in composizione con una soletta in calcestruzzo, di larghezza totale variabile 15.90 m (spalla 1) e 12 m (spalla 2). Lo sbalzo laterale presenta pertanto luce compresa tra 1.35 e 3.35 m.

La sezione trasversale dell'impalcato prevede quattro travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 1600 mm disposte ad interasse trasversale di 3100 mm costante e traversi reticolari posti a passo longitudinale di 3800 mm.

I traversi verticali intermedi sono reticolari aventi aste con sezione a doppia L. e collegano a due a due le travi longitudinali, i traversi di spalla sono reticolari e collegano tutte e quattro le travi, inoltre in corrispondenza della spalla 1 dove si ha l'allargamento dell'impalcato, il traverso prevede anche un puntone diagonale fra la soletta e l'intradosso della trave longitudinale esterna per sostenere lo sbalzo.

Strutturalmente, l'insieme metallico viene concepito come una coppia di cassoncini torsiorigidi. Le travi principali vengono quindi collegate, a coppie, da un controvento di torsione con schema a biella semplice. Tale controvento viene predisposto in intradosso, ed in estradosso sezione (il controvento di estradosso garnatisce la circuitazione del flusso torsionale in fase 1).

Le anime delle travi metalliche vengono irrigidite da stiffeners, posti ad interasse pari a 3800 mm, sui quali vengono predisposti i collegamenti dei traversi.

L'impalcato ha cordoli da 750 mm. La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi, è gettata in opera e presenta spessore complessivo di 260 mm, al lordo delle lastre

tipo predalles di spessore 60 mm. La solidarizzazione della soletta alle travi metalliche è affidata a idonei connettori a taglio di tipo a piolo Nelson.

Il sistema di vincolo viene individuato con riferimento ad una strategia di protezione sismica basata sull'utilizzo di isolatori elastomerici ad alta dissipazione.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per la realizzazione dell'opera ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Trivella - Lw= 107 dB(A)
- Escavatore - Lw= 96 dB(A)
- Autobetonpompa - Lw= 112 dB(A)
- Pala caricatrice - Lw= 106 dB(A)
- Gru - Lw= 105 dB(A)
- Autocarro = Lw= 103 dB(A)

Si precisa che, al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricettore abitativo maggiormente esposto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

Id ricevitore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R339	63.0	<b>70</b>
R341	59.7	
R344	61.6	

Dalla tabella di cui sopra si evince che i valori calcolati sono inferiori al valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

### Realizzazione Galleria Artificiale GA.001

La galleria artificiale è ubicata fra la progressiva pk 0+028.95 e la progressiva pk 0+133.95 dell'asse stradale denominato CN4 nell'ambito del Progetto Definitivo per l'Adeguamento del tratto S.Gregorio-S.Pio delle Camere, dal km 45+000 al km 58+000, della S.S. 17 "dell'Appennino Abruzzese ad Appulo Sannitico", Tronco Antrodoco-Navelli.

Gli elementi strutturali dell'opera sono i seguenti:

- paratie di pali in c.a. del diametro di 120 cm e interasse 1.4 m, di lunghezza 25.00 m sia per la fila interna che per quella esterna, utilizzati sia per il contenimento dello scavo che come strutture portanti verticali della soletta di copertura;
- cordolo di coronamento delle palificate, di larghezza pari a 1.60 m e spessore di 1,00 m su cui appoggia il solettone superiore di copertura;
- solettone superiore di copertura piena in calcestruzzo armato gettato in opera di altezza pari a 1.40 m alle estremità e altezza pari a 1.50 m in mezzzeria;
- solettone di fondazione in calcestruzzo armato dello spessore di 1.20 m eseguito in opera.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per la realizzazione dell'opera ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Trivella - Lw= 107 dB(A)
- Escavatore - Lw= 96 dB(A)
- Autobetonpompa - Lw= 112 dB(A)
- Pala caricatrice - Lw= 106 dB(A)
- Gru - Lw= 105 dB(A)
- Autocarro = Lw= 103 dB(A)

Si precisa che, al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricevitore abitativo maggiormente esposto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

Id ricevitore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R317	44.7	<b>70</b>

Dalla tabella di cui sopra si evince che i valori calcolati sono inferiori al valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

### Realizzazione Sottovia Scatolare ST.001

La struttura è costituita da una successione di archi prefabbricati in cemento armato uguali fra loro, posati su due cordoli di fondazione anch'essi in cemento armato.

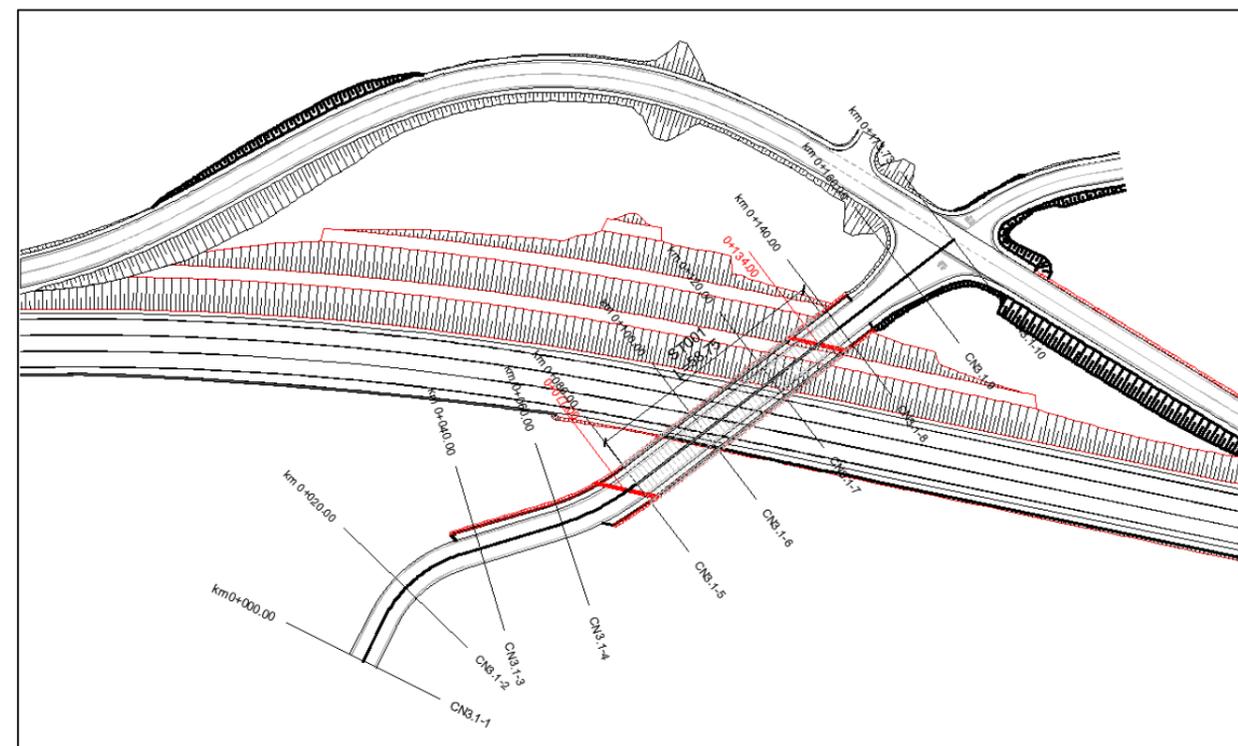
Ogni arco è costituito da due elementi prefabbricati: identici a forma di  $\Gamma$ , che, a montaggio ultimato, costituiscono ciascuno un semi-arco, formato da un ritto, una trave inclinata a  $45^\circ$  e una trave orizzontale.

I vari elementi prefabbricati che costituiscono la struttura sono posati in opera affiancati tra loro. L'armatura è in parte inserita all'interno degli elementi prefabbricati, in parte inserita in opera negli appositi vani fra un prefabbricato e l'altro e nelle articolazioni. Successivamente i prefabbricati sono solidarizzati tra loro con un getto di calcestruzzo in opera che congloba le armature aggiunte in opera e rende la struttura monolitica.

Con riferimento alla posa in opera si prevede la movimentazione di conci prefabbricati. Le attività saranno pertanto quelle di realizzazione basamento di fondazione e successiva movimentazione di elementi strutturali prefabbricati con ausilio di autogru.

Per l'esecuzione delle attività sarà previsto l'impiego di apparecchi di sollevamento e piattaforme di lavoro elevabili per consentire lavori in quota, previa segregazione della zona alla base e di tutta l'area oggetto di movimentazione elementi prefabbricati.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per la realizzazione dell'opera ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Escavatore -  $L_w = 96$  dB(A)
- Pala caricatrice -  $L_w = 106$  dB(A)
- Gru -  $L_w = 105$  dB(A)
- Autocarro =  $L_w = 103$  dB(A)

Si precisa che, al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricevitore abitativo maggiormente esposto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

Id ricevitore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R258	59.9	<b>70</b>
R261	66.8	
R262	66.8	
R263	63.9	
R264	66.7	
R265	61.5	

Dalla tabella di cui sopra si evince che i valori calcolati sono inferiori al valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

### Realizzazione Sottovia Scatolare ST.002

Il sottovia è ubicato alla progressiva km 7+468 dell'asse stradale principale.

Presenta una larghezza interna netta di 6.50m occupata da una zona carrabile larga 5.00 m e da due cunette laterali di raccolta delle acque meteoriche larghe 0.75m ciascuna.

L'altezza interna netta in asse tracciamento risulta di 5.00 m.

L'opera si sviluppa con asse rettilineo per una lunghezza complessiva pari a 11.95 m determinati dalla larghezza della piattaforma dell'asse principale di 10.50 m affiancata dai due cordoli di 0.70 m ciascuno necessari per il montaggio delle barriere di sicurezza e da ulteriori 5cm che consentono di compensare la curvatura dell'asse principale mantenendo retta la geometria planimetrica del sottovia.

La soletta superiore presenta uno spessore di 0.65 m come anche le due pareti laterali, mentre la platea presenta uno spessore di 0.70 m.

La pendenza trasversale che consente un corretto scolo delle acque meteoriche è realizzata mediante variazione dello spessore del pacchetto di pavimentazione.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per la realizzazione dell'opera ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla Direttiva 2000/14/CE, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Escavatore -  $L_w = 96$  dB(A)
- Autobetonpompa -  $L_w = 112$  dB(A)
- Pala caricatrice -  $L_w = 106$  dB(A)
- Autocarro =  $L_w = 103$  dB(A)

Si precisa che, al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricevitore abitativo maggiormente esposto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

Id ricevitore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R331	54.8	<b>70</b>

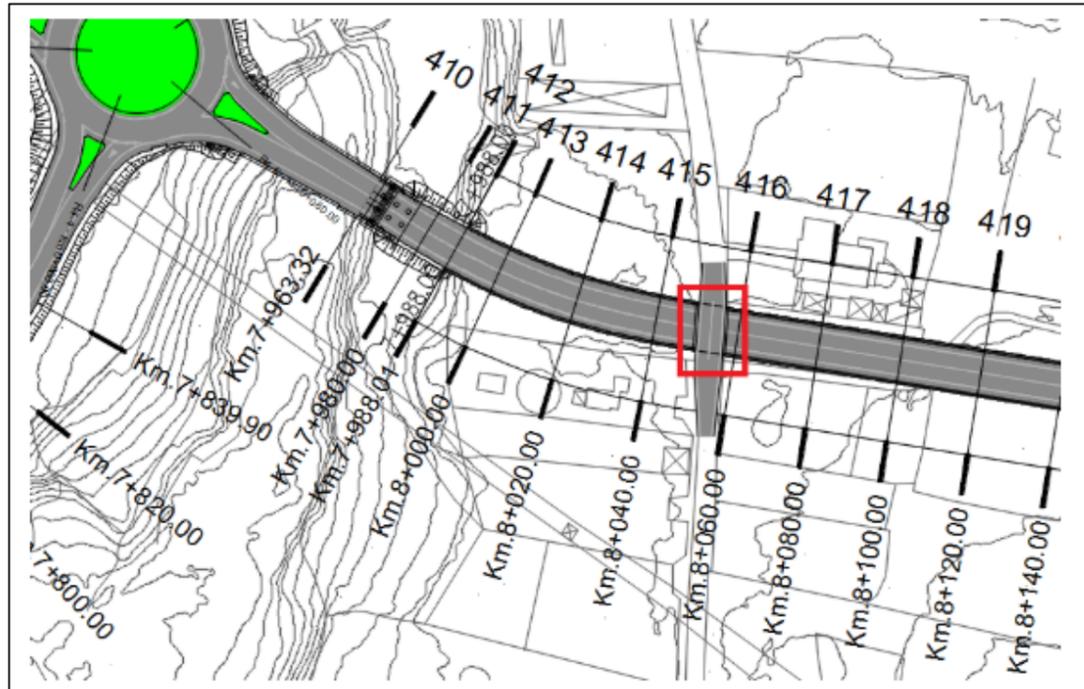
Dalla tabella di cui sopra si evince che i valori calcolati sono inferiori al valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

### Realizzazione Ponticello al Km 8+063

L'intervento consiste nella realizzazione di un ponticello carrabile a doppia corsia di marcia con luce di calcolo, misurata agli assi dei dispositivi di appoggio, di 15.12 m e composto da travi affiancate in c.a.p. a cavi aderenti di sezione 70x50h cm e soletta collaborante in c.a. gettato in opera con spessore pari a 25 cm. Le caratteristiche principali del nuovo manufatto sono di seguito sintetizzate:

- Larghezza impalcato: 7.80 m (da filo esterno cordolo)
- Lunghezza impalcato: 16.14 m (da filo interno paraghiaia)
- Interasse travi: 0.72 m
- Numero travi: 10

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per la realizzazione dell'opera ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla Direttiva 2000/14/CE, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Trivella - Lw= 107 dB(A)
- Escavatore - Lw= 96 dB(A)
- Pala caricatrice - Lw= 106 dB(A)

- Gru - Lw= 105 dB(A)
- Autocarro = Lw= 103 dB(A)

Al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricettore abitativo maggiormente esposto.

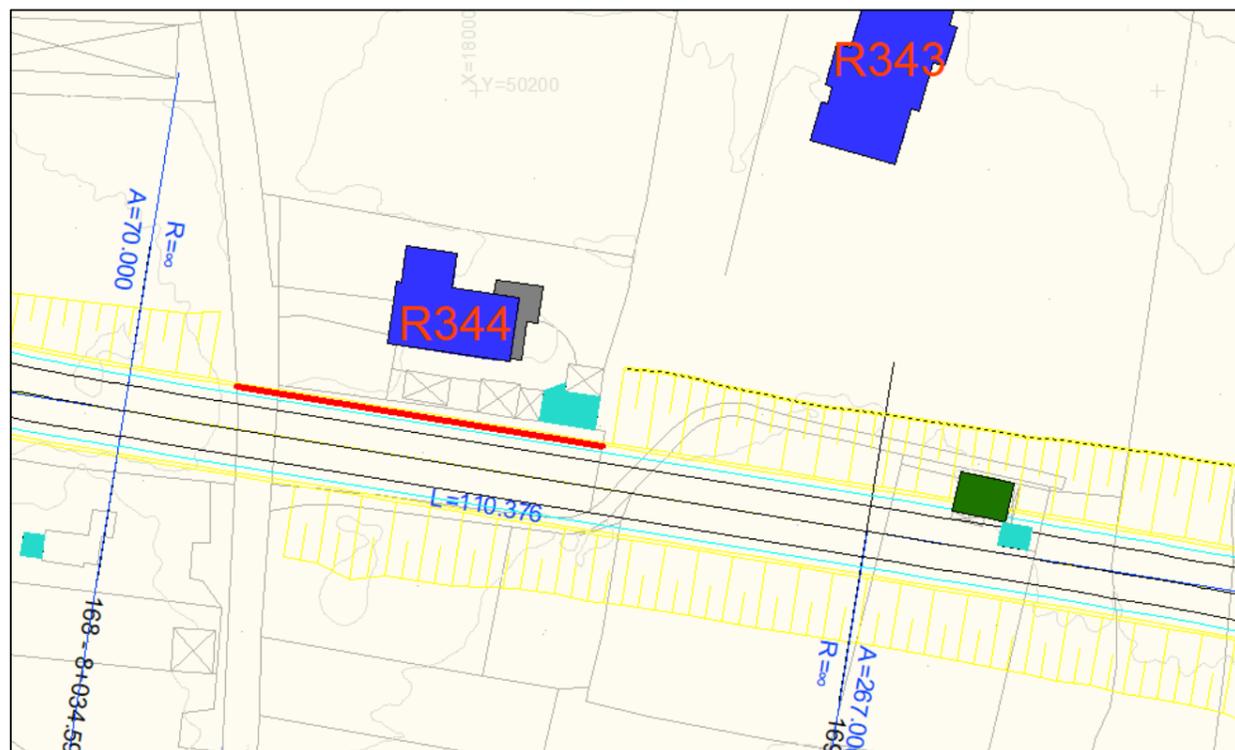
Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

Id ricettore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R339	59.7	<b>70</b>
R341	60.6	
R343	53.0	
R344	<b>72.1</b>	

Dalla tabella di cui sopra si evince che in corrispondenza del ricettore R344 il valore calcolato supera il valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P. Al fine di contenere il livello di rumore nei limiti di legge deve essere prevista per questa fase l'installazione di una barriera provvisoria in sostituzione della normale recinzione di cantiere. Il dimensionamento della suddetta barriera è riassunto nella seguente tabella.

Progressiva inizio (Km)	Progressiva fine (Km)	Lunghezza (m)	Altezza (m)	Leq(A) Post mitigazione (dB)
8+051	8+105	54	2	68.9

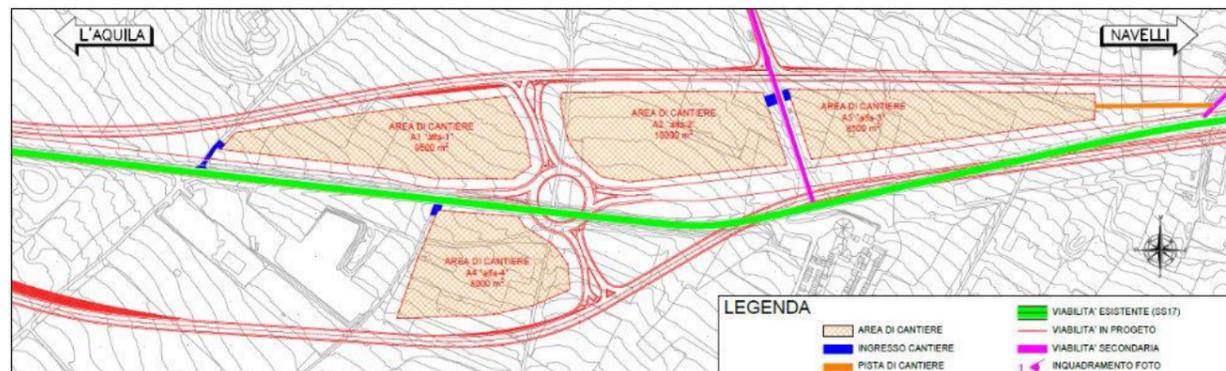
Nella seguente immagine si riporta uno stralcio planimetrico con indicazione della barriera provvisoria (indicata dalla linea rossa).



**Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere ALFA**

All'interno del cantiere denominato ALFA sono previste aree in cui verranno effettuate operazioni di carico e scarico materiale.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per queste attività ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Pala caricatrice - Lw= 106 dB(A)
- Autocarro = Lw= 103 dB(A)

Si precisa che, al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricettore abitativo maggiormente esposto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

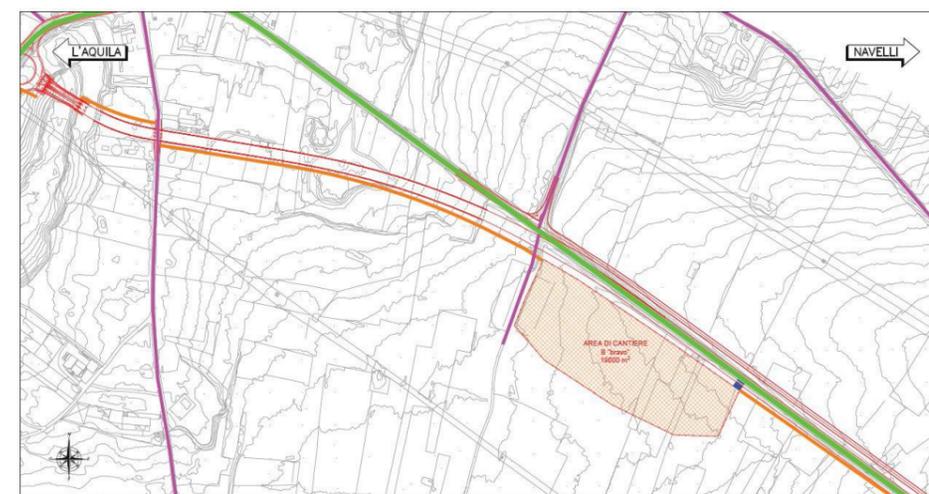
Id ricettore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R88	60.0	<b>70</b>

Dalla tabella di cui sopra si evince che i valori calcolati sono inferiori al valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

**Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere BRAVO**

All'interno del cantiere denominato BRAVO sono previste aree in cui verranno effettuate operazioni di carico e scarico materiale.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



Le principali macchine che saranno utilizzate per queste attività ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Pala caricatrice -  $L_w = 106$  dB(A)
- Autocarro =  $L_w = 103$  dB(A)

Si precisa che, al fine di considerare la condizione più critica in termini di immissioni acustiche, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine, modellizzate come sorgenti puntiformi di rumore, in corrispondenza del punto dell'area di intervento più vicino al ricettore abitativo maggiormente esposto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati dei calcoli previsionali eseguiti in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, ad un metro dalla facciata e ad un'altezza di 1.5 m.

Id ricettore	Leq calcolato (dBA)	Leq limite (dBA)
R345	47.3	<b>70</b>

Dalla tabella di cui sopra si evince che i valori calcolati sono inferiori al valore limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

### **Viabilità dei mezzi di cantiere**

La viabilità dei mezzi di cantiere è finalizzata alla movimentazione ed allo stoccaggio dei materiali in apposite aree di cantiere, ed al conferimento dei materiali di risulta, terre da scavo o sbancamento presso discarica autorizzata.

La viabilità degli autocarri avverrà lungo appositi percorsi dedicati che sono stati previsti in prossimità della sede oggetto di adeguamento della SS17.

Questa fase operativa è stata modellizzata con una sorgente lineare di rumore ai sensi della ISO 9613, e le principali macchine che saranno utilizzate per queste attività ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Autocarro =  $L'_w = 82$  dB(A)

dove  $L'_w$  è la potenza sonora per unità di lunghezza dell'autocarro.

Tale valore è stato assunto considerando il fatto che i mezzi hanno obbligo di procedere all'interno dei percorsi dedicati ad una velocità massima di 10 Km/h.

Dai calcoli eseguiti per questa fase lavorativa è emerso che il valore limite di 70 dB(A) di cui alla Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P, risulta essere rispettato già a circa 6 m dall'autocarro in transito.

In base a quanto finora esposto, e considerando che il transito dei mezzi avverrà generalmente ad una distanza superiore a 6 m dagli edifici abitativi più vicini, si può fondatamente ritenere che tale fase lavorativa non comporterà un superamento dei limiti di cui alla Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

### **Allargamento della sede stradale, realizzazione di svincoli, complanari, rotatorie e pavimentazione**

Le fasi lavorative per tale tipologia di interventi possono essere riassunte come di seguito specificato.

#### *Scavo*

La prima fase di lavoro per la costruzione di una sede stradale consiste nello sbancamento in corrispondenza di tutto il suo tracciato. La quantità, di materiale da rimuovere viene stabilita durante la fase progettuale tenendo presente il risultato dello studio del terreno.

#### *Stesura del fondo*

Una volta terminata la fase di scavo è necessario procedere con la creazione del fondo e sottofondo stradale. Tramite l'utilizzo di ruspe viene effettuato un primo spianamento del terreno su cui poi si procederà, tramite la stesura di cemento o bitume granulare stabilizzato alla produzione di strati di sottofondo che dovranno essere perfettamente livellati e compattati. Tale strato della strada riveste una elevata importanza in quanto dovrà supportare tutto il carico di lavoro e la relativa pressione del traffico.

#### *Stesura stabilizzato*

la stesura dello stabilizzato serve appunto per stabilizzare la strada. Viene utilizzato un conglomerato di terra naturale, che può essere la stessa precedentemente rimossa durante la fase di studio del terreno, mista a stabilizzato di vacca miscelato con dei catalizzatori.

Sulla base del suo spessore viene determinata la resistenza ed il grado di distribuzione del carico di superficie.

### *Posa in opera del conglomerato bituminoso*

Durante questa fase vengono applicati più strati di conglomerato bituminoso tramite il macchinario vibrofinitrice stradale. Sono previsti interventi manuali, effettuati tramite l'ausilio di attrezzature come pale e rastrelli solo nei punti in cui il macchinario non riesce ad operare, ad esempio in prossimità di tombini o vicino ai cigli del marciapiede.

Le principali macchine che saranno utilizzate per la realizzazione delle opere ed i relativi livelli di potenza sonora stabiliti dalla *Direttiva 2000/14/CE*, o desunti da schede tecniche di macchine tipo, sono di seguito riportati.

- Escavatore -  $L_w = 96$  dB(A)
- Pala caricatrice -  $L_w = 106$  dB(A)
- Autocarro =  $L_w = 103$  dB(A)
- Finitrice -  $L_w = 108$  dB(A)
- Rullo di compattazione -  $L_w = 107$  dB(A)

A differenza della realizzazione delle opere d'arte, che sono interventi da realizzarsi in aree ben definite e circoscritte, le fasi lavorative sopra descritte interesseranno sostanzialmente tutto il tracciato, e di conseguenza il cantiere opererà lungo tutto il fronte stradale. Durante l'avanzamento del fronte del cantiere quindi, alcune fasi lavorative saranno eseguite inevitabilmente in vicinanza a ricettori abitativi, e si prevede che per alcuni di questi, in particolare laddove si renda specificatamente necessario l'utilizzo di attrezzature particolarmente rumorose (escavatore, pala, rullo di compattazione, ecc.), possa essere superato il limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P.

In base a quanto affermato, il posizionamento di barriere mobili provvisorie da cantiere, la cui altezza è generalmente pari a 2 m, potrebbe non garantire il rispetto dei limiti di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P. Dai calcoli eseguiti per queste fasi lavorative è emerso che:

- Il valore limite dei 70 dB(A) risulta essere superato per i ricettori posti a distanze inferiori a 40 m dal ciglio esterno delle aree oggetto di interventi.
- L'adozione di barriere mobili provvisorie da cantiere, di lunghezza dell'ordine dei 50 m e di altezza pari a 2 m in sostituzione alle normali recinzioni da cantiere, risultano idonee a proteggere i ricettori posti tra 25 m e 40 m dal ciglio esterno delle aree oggetto di interventi.

- Per i ricettori posti a distanze inferiori ai 25 m dal ciglio esterno delle aree oggetto di interventi, si stima che i valori limite di cui alla Delibera della Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P possano essere comunque superati.

In ogni caso si precisa che, per le attività di cantiere che per motivi eccezionali, contingenti e documentabili, non siano in condizione di garantire il rispetto dei limiti di rumore, a seguito di domanda corredata da valutazione di previsione di impatto acustico, redatta da un tecnico competente in acustica ambientale, è possibile concedere l'applicazione di valori limite superiori, previo parere di ARTA (Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente) e ASL.

Sarà in ogni caso cura delle imprese esecutrici:

- assicurarsi che il cantiere si doti di tutti gli accorgimenti utili al contenimento delle emissioni sonore sia con l'impiego delle più idonee attrezzature operanti in conformità alle direttive CE in materia di emissione acustica ambientale, che tramite idonea organizzazione dell'attività, in particolar modo quando le lavorazioni mediante utilizzo di attrezzature particolarmente rumorose (escavatore, pala, rullo di compattazione, ecc.) siano eseguite a distanze inferiori a 40 m da ricettori abitativi;
- al fine di minimizzare il disturbo da rumore derivante dalle lavorazioni, posizionare barriere mobili provvisorie in sostituzione alle normali recinzioni da cantiere, qualora le lavorazioni mediante utilizzo di attrezzature particolarmente rumorose (escavatore, pala, rullo di compattazione, ecc.) siano eseguite a distanze inferiori a 40 m da ricettori abitativi;
- dare preventiva informazione alle persone potenzialmente disturbate dalla rumorosità del cantiere su tempi e modi di esercizio, data di inizio e fine dei lavori.
- effettuare l'attività lavorativa nei giorni feriali dalle ore 7.00 alle ore 20.00; l'esecuzione di lavorazioni particolarmente rumorose (ad es. escavazioni, demolizioni, impiego di martelli demolitori, betoniere, gru, ecc.), deve essere limitata, di norma, agli intervalli orari 8.00-13.00 e 15.00-19.00.
- verificare il rispetto del valore limite;

## 2.10. LO SCENARIO POST-OPERAM

Dall'elaborazione dei dati allo stato attuale è risultato lo scenario *post-operam* in periodo diurno e notturno. L'elaborazione ha riguardato un totale di n. 386 ricettori.

In particolare, ai fini della verifica del rispetto dei valori limite, si sono considerati sia gli edifici di tipo civile/abitativo, sia gli edifici non abitativi (capannoni, edifici diroccati/in costruzione, ecc.), e la valutazione è stata eseguita ad 1 metro dalla facciata maggiormente esposta al rumore della strada ad un'altezza di 4 m, così come richiesto dal D.M. 16/03/98. Non sono stati considerati nell'elaborazione gli edifici che saranno oggetto di espropri e/o demolizioni a causa degli interventi in oggetto.

Si precisa che, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del DPCM 14/11/1997, i valori limite differenziali di immissione, da verificare negli ambienti abitativi di cui all'art. 1 lettera I del DPR n. 142/2004, non si applicano alle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime.

Al fine di considerare la condizione più critica in termini di propagazione del rumore, è stata trascurata l'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico e del terreno, mentre sono stati considerati come ostacoli alla propagazione gli edifici e gli ostacoli dovuti alla morfologia dell'area in esame, come dislivelli e colline. Il modello di calcolo tiene inoltre in considerazione le condizioni di propagazione indotte dalla divergenza geometrica, considerando la propagazione semicilindrica delle onde sonore mediante la seguente relazione:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} r - 5$$

dove  $L_p$  è il livello di pressione sonora valutato ad una distanza  $r$  dalla sorgente avente potenza sonora per unità di lunghezza  $L_w$ .

I risultati della simulazione sono riportati nella seguente tabella.

Le planimetrie con evidenza del clima acustico relativamente allo stato di progetto diurno e notturno sono riportati negli appositi elaborati planimetrici.

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitativo	Edificio non abitativo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
1		x	45.58	35.64
2	x		49.25	38.70
3	x		47.57	37.32
4		x	47.34	36.76
5	x		49.88	39.07
6		x	50.88	40.52
7	x		49.47	39.37
8	x		50.36	38.94
9	x		57.23	46.11

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitativo	Edificio non abitativo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
10	x		63.31	52.68
11		x	58.39	47.76
12		x	57.52	46.71
13	x		59.44	48.90
14	x		59.24	48.68
15	x		51.43	40.74
16	x		51.61	41.14
17		x	47.55	37.12
18	x		53.74	43.47
19	x		55.20	44.92
20	x		67.00	56.74
21	x		61.67	51.34
22	x		68.69	58.45
23	x		59.41	48.88
24	x		53.04	43.01
25	x		49.60	39.41
26	x		50.13	39.99
27	x		51.68	41.19
28	x		53.42	43.42
29	x		52.71	42.72
30	x		55.85	45.56
31	x		57.81	47.66
32	x		62.39	52.06
33	x		61.97	51.61
34	x		60.92	50.50
35	x		59.73	49.25
36	x		48.50	38.93
37	x		48.57	39.30
38	x		49.38	39.88
39	x		50.42	40.52
40	x		50.78	40.84
41	x		52.67	42.53
42	x		52.27	42.06
43	x		56.09	45.87
44	x		54.07	43.88
45	x		52.54	42.49
46	x		57.26	46.87
47	x		60.07	49.77
48	x		64.07	53.72
49	x		62.12	51.79
50	x		63.61	53.35
51	x		58.93	48.48
52	x		60.46	50.21
53	x		63.32	45.96
54	x		60.35	50.14
55	x		59.38	49.15
56	x		59.95	49.75
57	x		61.91	42.75
58	x		60.92	44.08
59	x		60.02	49.86
60	x		61.21	42.63
61	x		59.95	49.80
62	x		59.37	49.14
63	x		56.62	46.14

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
64	x		59.12	48.86
65	x		54.43	44.25
66	x		50.20	40.12
67	x		49.97	39.80
68	x		50.46	40.29
69	x		52.58	42.84
70		x	51.36	41.63
71	x		53.26	43.27
72	x		57.40	47.18
73		x	51.82	41.83
74		x	57.03	46.71
75	x		58.77	48.50
76		x	61.52	51.30
77		x	56.61	46.41
78		x	53.82	43.71
79		x	52.93	43.00
80	x		49.74	40.08
81	x		47.66	38.06
82	x		58.68	48.47
83	x		54.73	44.69
84		x	61.72	51.41
85		x	57.39	47.22
86	x		55.35	45.05
87	x		63.27	53.02
88	x		55.74	45.50
89		x	61.97	51.66
90		x	53.87	43.73
91	x		64.66	54.36
92		x	57.11	46.80
93	x		50.74	41.27
94	x		47.62	38.25
95	x		51.07	41.47
96	x		50.79	41.08
97	x		52.26	42.08
98	x		61.46	51.11
99	x		63.43	53.11
100	x		57.74	47.44
101	x		49.17	39.48
102	x		49.73	39.93
103	x		54.44	44.23
104	x		57.17	46.97
105	x		62.45	52.20
106	x		51.55	41.46
107	x		51.87	41.69
108	x		54.00	43.72
109	x		61.57	51.27
110	x		62.60	52.38
111	x		61.95	51.66
112	x		58.59	48.49
113	x		52.71	43.20
114	x		61.10	50.86
115	x		50.39	40.44
116	x		57.68	47.18
117	x		52.59	42.63

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
118	x		60.14	49.89
119	x		54.38	44.39
120	x		50.07	40.10
121	x		50.18	40.19
122	x		51.38	41.28
123	x		51.48	41.34
124	x		55.63	45.47
125	x		62.80	52.57
126	x		49.33	39.15
127	x		54.87	44.77
128	x		55.24	45.15
129	x		63.14	52.93
130	x		61.90	51.68
131	x		52.78	42.80
132	x		50.00	40.10
133	x		49.63	39.54
134		x	45.85	36.00
135	x		43.94	34.39
136	x		47.48	37.78
137	x		42.78	33.50
138	x		44.37	34.53
139	x		42.02	33.40
140	x		47.32	37.48
141	x		47.61	37.75
142	x		46.13	36.49
143	x		40.44	31.95
144	x		41.14	32.74
145	x		41.10	32.32
146	x		42.04	33.30
147	x		37.96	29.50
148	x		42.69	33.13
149	x		40.64	31.04
150	x		38.99	29.09
151	x		37.00	28.04
152	x		45.62	35.67
153	x		45.76	35.70
154	x		43.59	33.94
155	x		41.21	31.49
156	x		37.86	28.97
157	x		39.78	30.81
158	x		37.01	27.51
159	x		38.90	29.96
160	x		34.73	26.21
161	x		36.60	28.34
162	x		34.95	25.90
163	x		38.52	30.23
164	x		37.84	29.08
165	x		38.83	30.52
166	x		37.05	28.13
167	x		36.43	27.44
168	x		36.69	27.70
169	x		40.18	31.75
170	x		39.43	31.18
171	x		40.97	32.46

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
172	x		41.85	33.08
173	x		40.75	31.91
174	x		38.72	30.42
175	x		38.20	29.46
176	x		42.81	34.04
177	x		43.72	35.66
178	x		38.77	30.14
179	x		39.93	31.37
180	x		40.63	31.87
181	x		40.97	32.25
182	x		41.91	33.17
183	x		38.56	29.02
184	x		38.00	28.48
185	x		43.33	34.35
186	x		46.26	38.02
187	x		40.62	31.21
188	x		42.92	33.21
189	x		43.20	35.29
190	x		49.02	39.09
191	x		50.06	40.07
192	x		53.48	43.27
193	x		51.95	41.93
194	x		55.51	45.36
195	x		54.34	44.29
196	x		57.93	47.77
197	x		68.97	58.73
198	x		67.79	57.56
199	x		59.97	49.79
200	x		66.09	55.84
201	x		57.55	47.39
202	x		64.82	54.58
203	x		56.14	45.92
204	x		67.60	57.36
205	x		48.54	38.98
206	x		45.51	35.63
207	x		49.75	39.62
208	x		54.51	44.34
209	x		60.56	50.36
210		x	57.49	47.28
211	x		47.38	37.12
212	x		40.51	31.93
213		x	42.49	34.20
214	x		42.61	34.43
215	x		42.91	34.54
216	x		45.36	35.76
217		x	42.25	33.74
218	x		43.04	34.23
219	x		42.06	33.77
220	x		45.75	37.12
221	x		47.63	38.17
222	x		47.27	37.72
223	x		46.69	37.41
224	x		48.24	38.53
225	x		46.99	37.62

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
226	x		49.42	39.89
227	x		50.00	40.20
228	x		61.67	51.40
229	x		62.47	52.23
230	x		65.28	55.04
231	x		64.87	54.62
232	x		61.14	50.89
233	x		62.21	51.96
234	x		66.89	56.66
235	x		60.26	50.06
236	x		54.51	44.52
237	x		52.31	42.43
238	x		56.04	45.96
239	x		44.64	36.13
240	x		45.39	36.97
241	x		47.81	39.24
242	x		49.16	40.21
243	x		46.79	38.66
244	x		43.94	36.01
245	x		45.22	37.27
246	x		44.14	35.91
247	x		45.08	36.60
248	x		41.21	32.96
249	x		41.78	33.60
250	x		41.57	33.70
251	x		42.71	35.15
252	x		41.20	33.34
253	x		42.29	34.49
254	x		41.35	33.74
255	x		40.57	32.94
256	x		41.15	33.38
257	x		62.03	51.85
258	x		60.76	50.55
259	x		53.80	43.60
260	x		52.81	42.66
261	x		58.86	48.63
262	x		58.81	48.62
263	x		57.15	46.98
264	x		61.03	50.82
265	x		56.89	46.81
266	x		52.88	42.94
267	x		48.13	38.68
268	x		50.23	40.39
269	Ricettore sensibile (scuola)		52.18	42.63
270	x		52.06	42.17
271	x		50.48	40.84
272	x		48.57	39.87
273	x		48.26	38.93
274	x		49.88	40.40
275	x		49.07	39.77
276	x		48.65	39.17
277	x		48.48	39.34
278	x		46.23	37.56
279	x		46.98	38.27

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
280	x		47.77	38.22
281	x		45.95	37.05
282	x		48.01	39.33
283	x		47.60	38.91
284	x		44.01	34.91
285	x		45.76	36.44
286		x	49.92	40.11
287	x		46.03	37.48
288	x		46.25	37.50
289	x		46.19	37.60
290	x		44.75	36.10
291	x		44.86	36.31
292	x		41.90	33.83
293	x		42.53	34.56
294		x	42.57	33.24
295	x		41.60	33.92
296		x	42.89	34.51
297	x		42.72	34.85
298	x		42.61	33.87
299	x		63.50	53.27
300	x		58.72	48.52
301		x	55.31	45.44
302		x	50.51	41.09
<b>303</b>	Ricettore sensibile (scuola)		<b>51.67</b>	41.97
<b>304</b>	Ricettore sensibile (scuola)		<b>51.84</b>	42.47
305	x		60.26	50.06
306	x		60.47	50.25
307	x		60.42	50.23
308	x		60.59	50.44
309	x		53.79	44.06
310	x		55.62	45.86
311		x	53.06	43.29
312	x		61.61	51.39
313	x		57.76	47.69
314	x		58.43	48.26
315	x		57.61	47.52
316	x		54.58	44.52
317	x		52.66	42.77
318	x		50.13	40.50
319		x	54.72	44.76
320		x	49.58	39.85
321		x	56.35	46.12
322		x	52.20	42.28
323		x	58.55	48.29
324		x	53.46	43.38
325		x	54.27	44.32
326		x	50.52	40.98
327		x	50.38	41.13
328		x	50.42	40.30
329		x	48.84	39.76
330		x	52.65	42.75
331	x		49.58	39.95
332		x	56.92	46.75
333	x		56.08	46.11

Id ricettore (R)	Edificio civile/abitarivo	Edificio non abitarivo	LeqA diurno (dB)	LeqA notturno (dB)
334	x		56.53	46.49
335	x		53.10	43.17
336		x	56.63	46.46
337	x		51.04	40.95
338	x		54.57	44.36
339	x		56.60	46.48
340	x		52.85	42.93
341	x		55.91	45.93
342	x		52.49	42.77
343	x		58.71	48.59
344	x		65.90	55.69
345	x		49.64	39.52
346		x	49.50	39.25
347		x	50.29	40.19
348	x		68.11	57.87
349		x	60.15	49.93
350		x	59.28	49.05
351	x		60.99	50.75
352	x		56.42	46.34
353	x		56.26	46.22
354	x		61.90	51.70
355	x		58.39	48.18
356	x		50.25	40.67
357	x		54.35	44.31
358	x		52.45	42.51
359	x		48.93	39.33
360	x		46.77	37.12
361		x	55.44	45.25
362	x		48.57	39.61
363	x		48.46	39.10
364	x		49.04	39.17
365	x		50.19	41.08
366	x		53.08	43.21
367	x		48.99	39.56
368	x		50.58	41.02
369	x		54.67	44.42
370	x		53.52	43.20
371	x		48.07	38.34
372	x		50.07	40.53
373	x		48.61	38.59
374	x		48.91	38.90
375	x		49.24	39.23
376		x	47.83	37.88
377	x		49.99	39.87
378		x	55.35	45.01
379		x	52.10	42.38
380	x		64.12	53.88
381	x		61.87	51.59
382	x		60.75	50.58
383	x		60.88	50.71
384		x	60.40	50.21
385		x	57.07	46.89
386	x		52.06	42.06

Dalla Tabella di cui sopra si evince che allo stato di progetto (scenario *post-operam*), vi sono superamenti dei limiti di immissione di cui alla Tabella 2 Allegato I del D.P.R. n.142/2004 per i ricettori R269, R303 e R304 (scuole), il cui limite diurno è pari a 50 dB(A).

#### 2.11. VERIFICA DEI LIMITI DI SOGLIA PER LA CONCURSUALITA' DELLE SORGENTI

Dallo studio di censimento dei ricettori, è emerso che alcuni fabbricati sono esposti, oltre al rumore della sorgente principale S.S.17, anche al rumore di altre sorgenti concorsuali, ovvero l'infrastruttura ferroviaria e la S.R. 261. È stato quindi valutato, per ciascun ricettore esposto anche al rumore di una o entrambe le sorgenti concorsuali, sia il livello di rumore  $L_i$  relativo alla sola sorgente principale, sia il livello di soglia  $L_s$  a cui deve pervenire, a seguito di eventuale risanamento, ogni singola sorgente; il livello di soglia è stato valutato imponendo che la somma dei contributi egualmente ponderati, non superasse il valore della sorgente avente massima immissione.

Nella seguente tabella si riportano i risultati elaborati dal modello di simulazione relativamente alla fase *post-operam*, al fine di verificare se l'infrastruttura in progetto, deve essere oggetto di risanamento acustico.

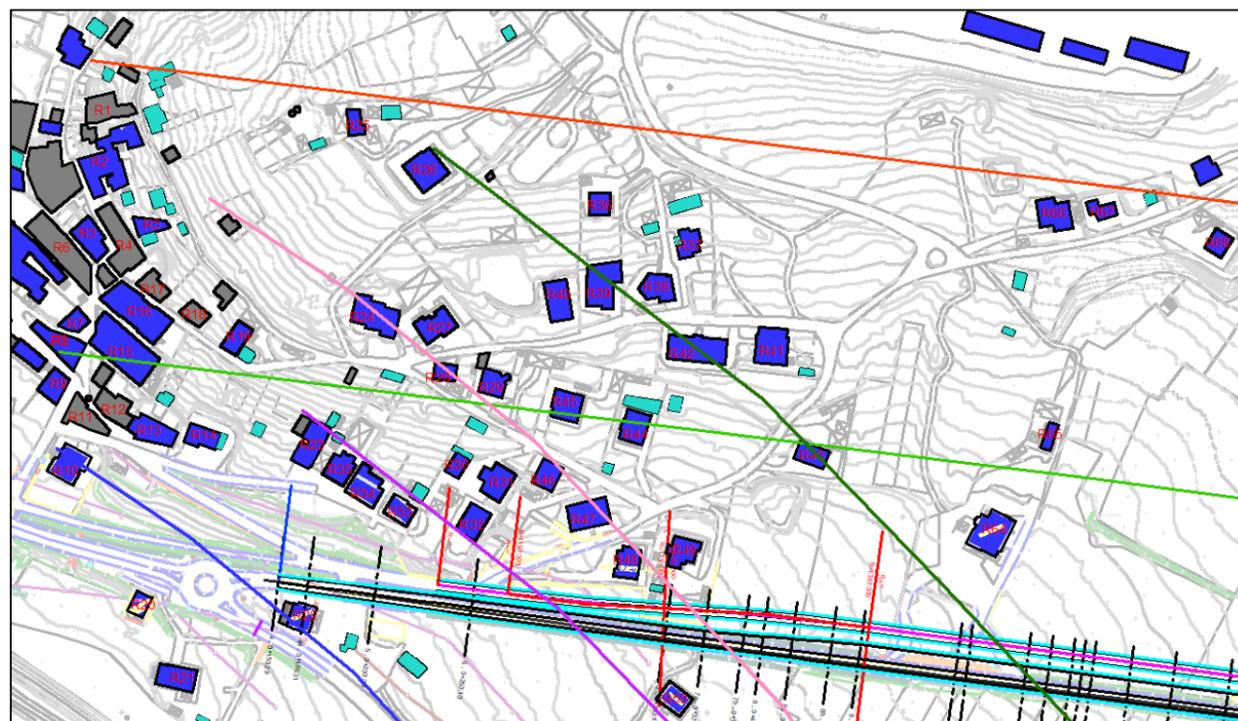
Id ricettore (R)	Li (dBA) Sorgente principale SS17 Periodo diurno	Li (dBA) Sorgente principale SS17 Periodo notturno	Ls (dBA) Periodo diurno	Ls (dBA) Periodo notturno
10	62.44	52.22	67.0	57.0
11	56.17	45.39	68.8	58.8
12	54.82	43.20	68.8	58.8
13	59.30	48.69	68.8	58.8
14	59.30	48.75	68.8	58.8
15	47.51	35.32	68.8	58.8
16	49.90	38.94	62.0	52.0
17	47.76	36.75	62.0	52.0
18	52.38	41.37	62.0	52.0
19	53.76	43.08	62.0	52.0
20	62.96	52.36	68.8	58.8
21	59.07	48.93	65.2	55.2
22	64.15	53.87	65.2	55.2
23	58.18	48.01	66.4	56.4
24	51.45	41.19	60.2	50.2
26	49.00	38.36	62.0	52.0
27	50.31	39.43	62.0	52.0
28	52.29	42.13	62.9	52.9
29	51.60	41.31	62.0	52.0
30	55.02	44.59	67.9	57.9

Id ricettore (R)	Li (dBA) Sorgente principale SS17 Periodo diurno	Li (dBA) Sorgente principale SS17 Periodo notturno	Ls (dBA) Periodo diurno	Ls (dBA) Periodo notturno
31	57.49	46.83	67.9	57.9
32	61.44	51.18	66.4	56.4
33	60.82	50.59	66.4	56.4
34	59.69	49.48	66.4	56.4
35	58.59	48.41	66.4	56.4
39	49.44	39.50	62.0	52.0
40	49.91	39.65	62.0	52.0
42	51.29	41.01	62.0	52.0
43	55.71	45.38	68.8	58.8
44	53.35	43.01	68.8	58.8
45	51.53	41.29	68.8	58.8
46	56.86	46.47	68.8	58.8
47	59.09	48.90	67.9	57.9
48	63.87	53.56	67.9	57.9
49	61.90	51.59	68.8	58.8
50	63.31	53.06	67.9	57.9
51	57.14	46.92	66.4	56.4
52	55.05	45.04	61.4	51.4
53	51.71	41.87	61.4	51.4
54	53.48	43.55	61.4	51.4
55	51.80	41.83	61.4	51.4
56	51.67	41.68	61.4	51.4
57	47.84	38.32	61.4	51.4
58	45.47	35.90	61.4	51.4
59	51.00	41.27	61.4	51.4
60	45.60	36.03	61.4	51.4
61	50.35	40.74	61.4	51.4
62	49.05	39.65	61.4	51.4
63	50.27	40.64	63.8	53.8

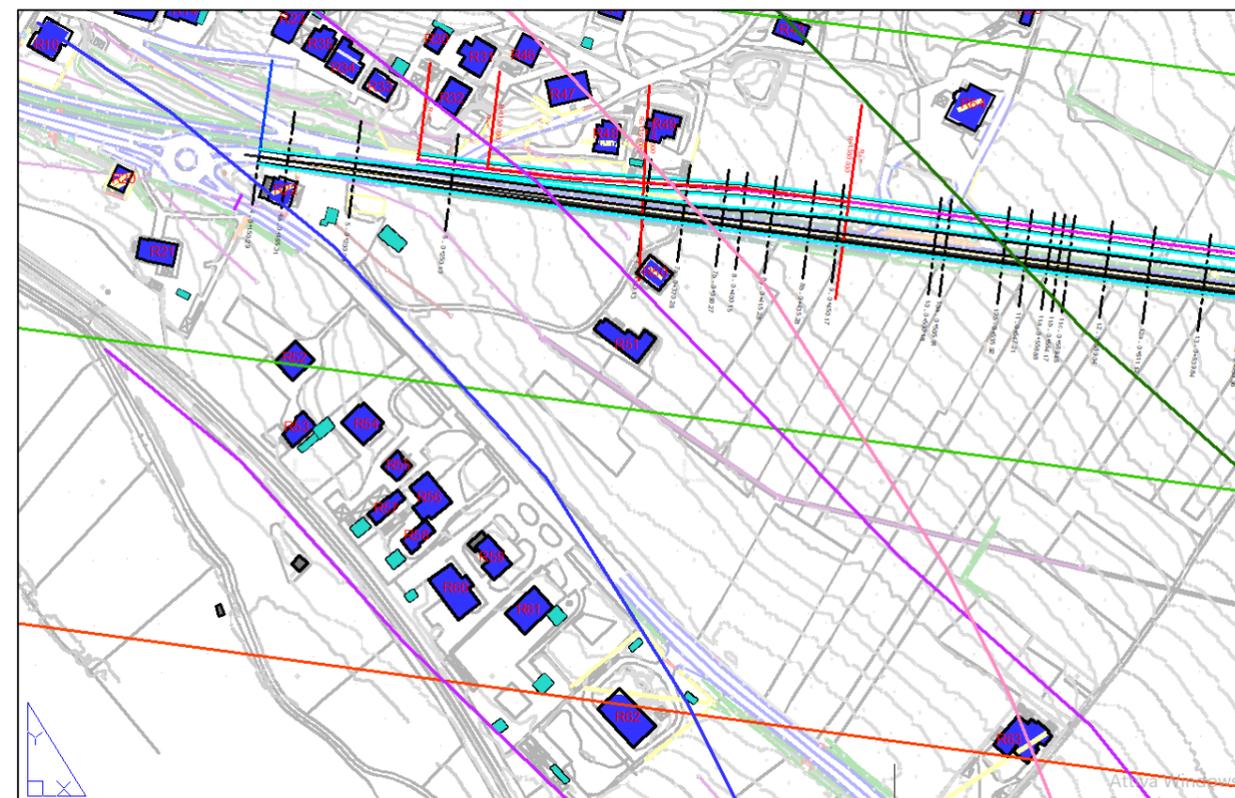
Dalla tabella di cui sopra si evince che, per tutti i ricettori considerati, il livello  $L_i$  della sorgente principale (S.S.17) non supererà i livelli di soglia  $L_s$ .

Si precisa inoltre che, come si evince dalla Tabella di cui al paragrafo 2.9., sono rispettati, per ciascun ricettore considerato oggetto di concorsualità delle sorgenti di rumore, anche i limiti di zona  $L_{zona}$ , pari a 70 dB(A) in periodo diurno e 60 dB(A) in periodo notturno.

A completamento, si riportano di seguito gli stralci planimetrici con indicazione dei tratti ricadenti in aree di concorsualità.



- Fascia acustica A SS17 (DPR n.142/04)
- Fascia acustica B SS17 (DPR n.142/04)
- Fascia acustica A - Ferrovia (DPR n.459/98)
- Fascia acustica B - Ferrovia (DPR n.459/98)
- Fascia acustica A - SR 261 (DPR n.142/04)
- Fascia acustica B - SR 261 (DPR n.142/04)



- Fascia acustica A SS17 (DPR n.142/04)
- Fascia acustica B SS17 (DPR n.142/04)
- Fascia acustica A - Ferrovia (DPR n.459/98)
- Fascia acustica B - Ferrovia (DPR n.459/98)
- Fascia acustica A - SR 261 (DPR n.142/04)
- Fascia acustica B - SR 261 (DPR n.142/04)

### 3. CONSIDERAZIONI SU EVENTUALI INTERVENTI PER IL RISPETTO DEI LIMITI

A seguito dei superamenti dei limiti assoluti di immissione in facciata ai ricettori R269, R303, e R304, si riportano alcune considerazioni effettuate sulla base dell'art. 6 del D.P.R. n.142 del 30 marzo 2004. Tale articolo stabilisce infatti che, qualora in base a valutazioni tecniche, *economiche* o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori deve essere assicurato, per le scuole, il rispetto del limite diurno di 45 dB(A). I valori devono essere valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1.5 m dal pavimento.

Si deve considerare infatti che dallo studio previsionale è emerso che, se si volesse installare una barriera antirumore fonoisolante e/o fonoassorbente per contenere il rumore presso i ricettori oggetto di superamento al di sotto dei limiti di cui alla Tabella 2 Allegato I del D.P.R. n.142/2004, sarebbe necessario che la stessa barriera abbia lunghezza pari ad oltre 300 m ed altezza pari a 3 m, in quanto i ricettori in oggetto distano anche oltre 100 m dalla SS 17. Le barriere antirumore infatti risultano essere più efficaci per i ricettori posti in vicinanza alla strada, in quanto all'aumentare della distanza l'effetto di diffrazione ai bordi ed all'estremità superiore della barriera sono maggiori, con necessità di prevedere barriere di lunghezza via via maggiore, e con conseguente aumento dei costi delle opere di mitigazione.

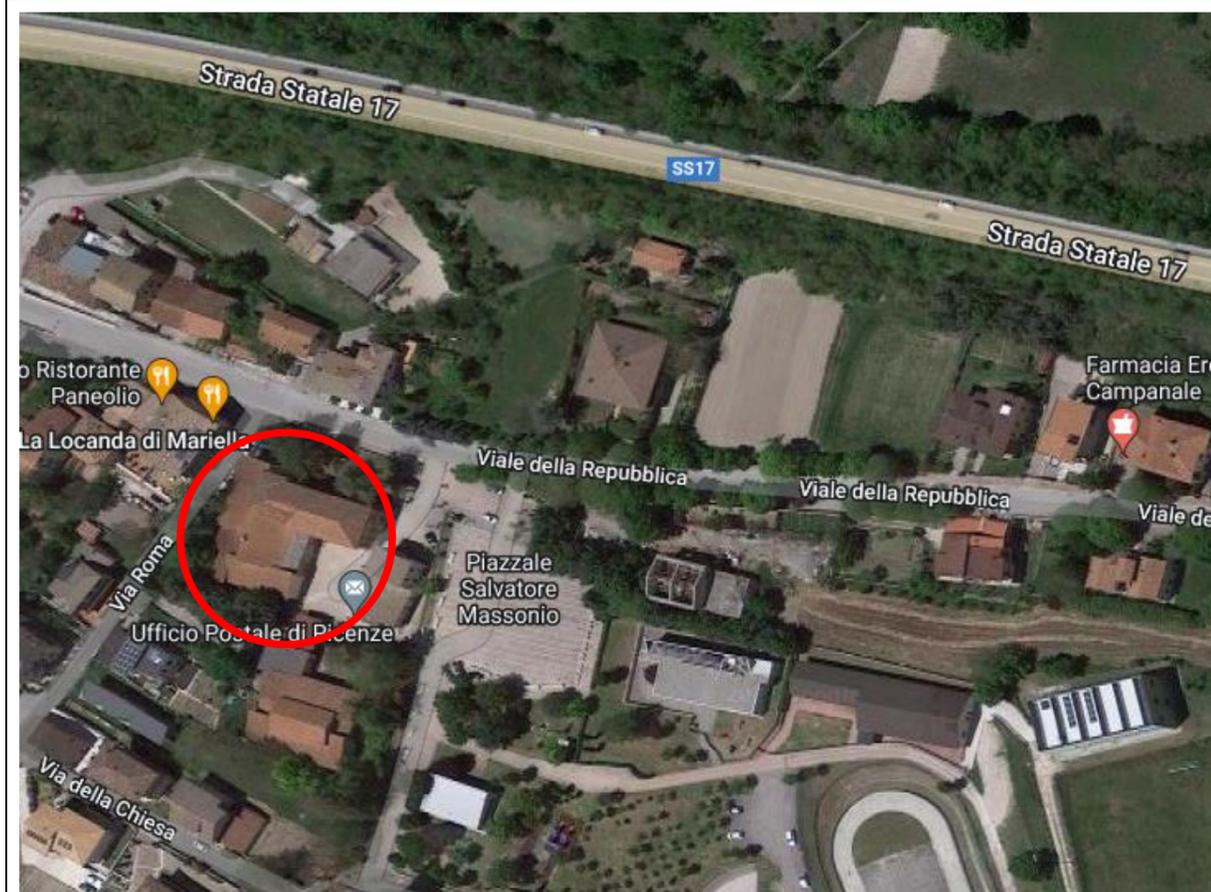
Alle brevi distanze invece prevale l'effetto di isolamento acustico delle barriere, creando per i ricettori più vicini una "zona d'ombra del rumore", cosa molto meno evidente all'aumentare della distanza.

In base a quanto detto, valutando quindi anche il rapporto costi/benefici, si ritiene opportuno procedere alla verifica dell'effettiva opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, come anche previsto nel Piano di Azione di cui al D.Lgs. 194/2005 relativo all'anno 2013, seppur non ancora formalmente approvato.

A tal fine, sono state eseguite delle misure di rumore all'interno dei ricettori R269 e R304 ai sensi dell'art. 6 del D.P.R. n.142 del 30 marzo 2004, al fine di verificare l'effettiva opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, qualora il limite diurno di 45 dB(A) fosse superato.

Si riportano di seguito delle schede di dettaglio relative ai 3 ricettori scolastici.

#### Ricettore R269 – Scuola elementare e materna "IGNAZIO SILONE"



Ubicazione: Via della Repubblica, 67026 – Poggio Picenze (AQ)

Coordinate GPS: 42°19'18.07"N 13°32'36.26"E

Distanza dal tracciato di progetto: 100 m

Stato di conservazione:  *Oggetto di opere di miglioramento sismico, riparazione dei danni, recupero e rifunzionalizzazione – Autorizzazione Soprintendenza n. 6342 del 12/11/2020*

Tipologia infissi: infissi in vetro singolo con telaio in alluminio

**Ricettore R303 – Scuola materna "IGNAZIO SILONE"**



Ubicazione: Via della Repubblica, 67026 – Poggio Picenze (AQ)

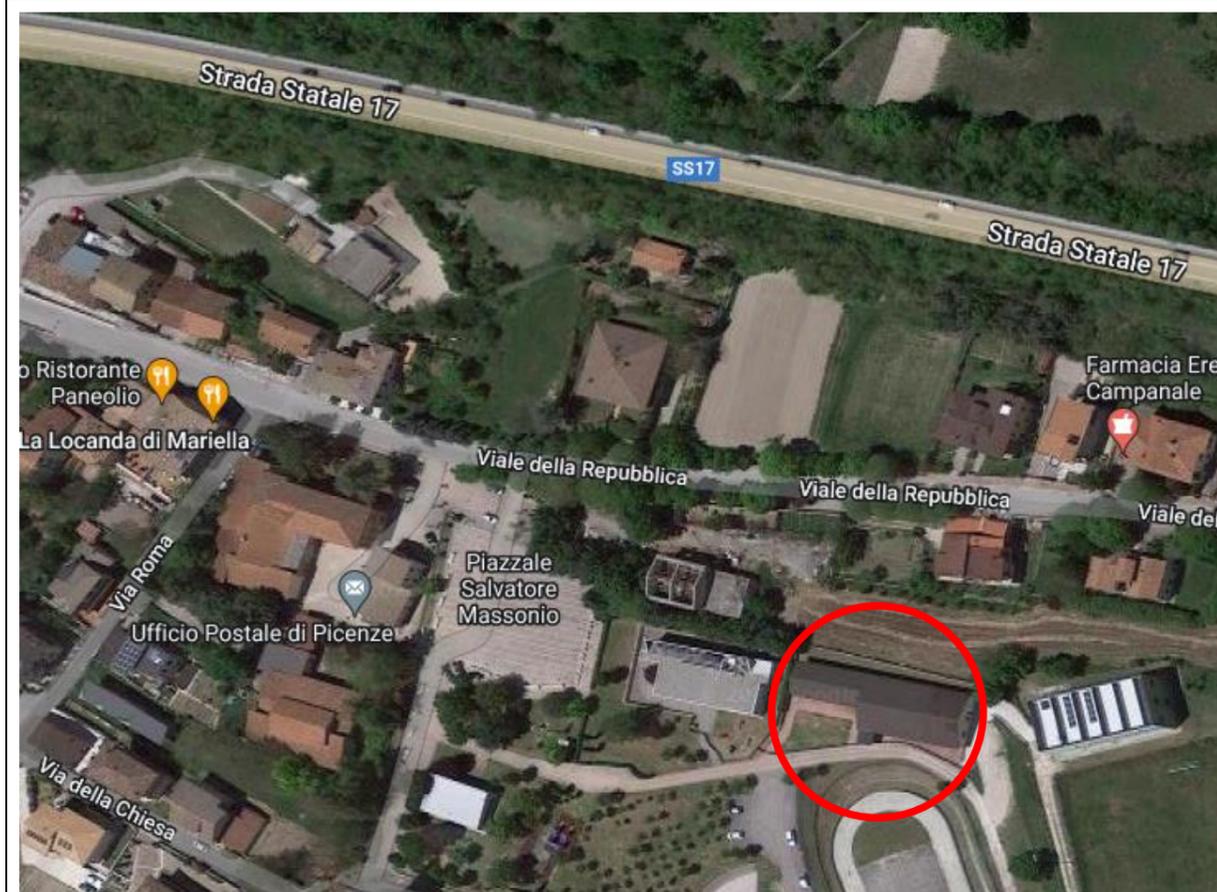
Coordinate GPS: 42°19'16.71"N 13°32'41.30"E

Distanza dal tracciato di progetto: 126 m

Stato di conservazione: ottimo

Tipologia infissi: infissi in doppio vetro con telaio in PVC

**Ricettore R304 – Scuola elementare "IGNAZIO SILONE"**



Ubicazione: Via della Repubblica, 67026 – Poggio Picenze (AQ)

Coordinate GPS: 42°19'16.51"N 13°32'43.37"E

Distanza dal tracciato di progetto: 124 m

Stato di conservazione: ottimo

Tipologia infissi: infissi in doppio vetro con telaio in PVC

Si precisa che non è stato possibile eseguire misure di rumore all'interno del ricettore R303 (scuola materna) in quanto, per motivi di sicurezza, non è stato consentito l'accesso all'interno della fascia oraria più critica in termini di immissioni acustiche (tra le ore 09 e le ore 16 di giorni feriali, come si evince dalle misure di breve durata eseguite), data la presenza degli alunni. Si sottolinea tuttavia come tale ricettore è comunque posto ad una distanza maggiore rispetto agli altri due oggetto di misurazioni e che, anche dai risultati dei calcoli in facciata, è esposto ad un livello di rumore inferiore, seppur di poco, rispetto agli altri due, sia per lo scenario *ante-operam* che *post-operam*.

Nella seguente tabella si riportano i risultati sintetici delle misure eseguite, mentre i rapporti dettagliati delle misure sono riportati negli appositi elaborati.

Postazione	LAeq misurato [dB]	LAeq limite [dB] (art. 6 del D.P.R. n.142/04)
R269	34.2	<b>45.0</b>
P304	30.4	<b>45.0</b>

Dall'analisi della tabella di cui sopra, si evince che i limiti di cui all'art. 6 del D.P.R. n.142 del 30 marzo 2004 risultano essere attualmente rispettati; si prevede che i limiti siano rispettati anche per lo scenario *post-operam* in quanto, dai risultati dei calcoli in facciata ai 3 ricettori, si evince che i valori simulati siano praticamente uguali tra lo scenario *ante-operam* e *post-operam*: l'apporto di immissione di rumore dovuto al maggior volume di traffico previsto per lo scenario *post-operam*, viene ad essere infatti compensato dalla posa in opera di asfalto di tipo fonoassorbente/bassoemissivo previsto in progetto, rispetto a quello tradizionale attualmente presente.

Sulla base delle considerazioni finora effettuate, si ritiene che non devono essere previsti interventi diretti ai ricettori in quanto i valori limite di cui all'art. 6 del D.P.R. n. 142/04 sono rispettati sia per lo scenario *ante-operam* che *post-operam*.

#### 4. CONCLUSIONI

Nel presente studio è stato valutato l'impatto acustico relativamente al progetto *S.S. 17 DELL'APPENNINO ABRUZZESE ED APPULO-SANNITICO TRONCO ANTRODOCO-NAVELLI - ADEGUAMENTO TRATTO S. GREGORIO-S. PIO DELLE CAMERE DAL KM 45+000 AL KM 58+000*.

In particolare sono stati valutati gli impatti acustici relativi ai seguenti scenari:

- ante-operam
- corso d'opera
- post-operam

**In base a quanto finora considerato, e sulla base della simulazione dell'impatto acustico eseguita, si prevede che l'impatto acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale sia contenuto nei limiti di legge sia per lo scenario ante-operam che post-operam.**

Per lo scenario in corso d'opera, si prevede che il valore limite di cui alla Giunta Regionale 14/11/2011 n.770/P, possa essere superato per i ricettori posti a distanze inferiori ai 25 m dal ciglio esterno delle aree oggetto di interventi. **In ogni caso si ribadisce che, per le attività di cantiere che per motivi eccezionali, contingenti e documentabili, non siano in condizione di garantire il rispetto dei limiti di rumore, a seguito di domanda corredata da valutazione di previsione di impatto acustico redatta da un tecnico competente in acustica ambientale, è possibile concedere l'applicazione di valori limite superiori, previo parere di ARTA (Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente) e ASL.**

## PARTE 2 - VIBRAZIONI

### 1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il problema delle vibrazioni negli e degli edifici ha assunto sempre maggiore importanza sia in relazione alla diversa tipologia strutturale delle moderne costruzioni, sia per il continuo aumento delle sorgenti vibratorie, nonché per la maggiore sensibilità dell'uomo all'impatto ambientale; ne segue quindi che, con sempre maggiore frequenza, si conducono valutazioni di impatto ambientale non solo da rumore - aspetto già regolamentato dalle attuali normative tecniche e legislative - ma anche da vibrazioni.

Le vibrazioni possono arrecare disturbo alle persone, danneggiamento delle apparecchiature utilizzate, riduzione dell'efficienza operativa delle strutture e, nei casi più gravi, possono anche costituire dei rischi per la stessa integrità strutturale o architettonica degli edifici.

Gli effetti delle vibrazioni sulle strutture sono particolarmente critici in corrispondenza di determinate frequenze; infatti, possono generarsi dei fenomeni di amplificazione della risposta strutturale anche a fronte di "piccole" sollecitazioni.

Ciò è ancora più critico quando la struttura (o il terreno di sottofondazione) versa in uno stato tensionale gravoso (presenza di un quadro fessurativo esteso, non coesione delle masse murarie e del terreno) e/o oltre il limite elastico. Per ridurre le vibrazioni indotte dal traffico veicolare, una delle maggiori e più impattanti sorgenti vibrazionali, possono essere attuate diverse azioni, come ad esempio il miglioramento della sovrastruttura stradale o la realizzazione di schermi e barriere nel terreno; tutti interventi che post operam possono risultare economicamente molto onerosi.

Altre sorgenti vibrazionali la cui trattazione è particolarmente importante sono quelle connesse alle attività dei cantieri per la realizzazione di piccole e grandi opere ed all'attività stessa di particolari tipologie di aziende; anche in questo caso gli interventi a valle della progettazione e della realizzazione possono risultare particolarmente gravosi sia in termini economici che di difficoltà realizzativa, benché, in alcuni casi, il controllo delle vibrazioni è strettamente connesso all'efficienza produttiva di particolari impianti.

Da qui emerge l'importanza di uno studio previsionale che possa consentire in fase di progettazione o di realizzazione di prevedere i giusti accorgimenti tecnici, non solo orientati alla prevenzione di danni per eccessiva usura dei macchinari e conseguenti interruzioni della produzione (manutenzione predittiva), ma anche per evitare future problematiche legate a disturbo nei confronti di terze parti.

Per determinare correttamente i livelli di vibrazione, è necessario anzitutto condurre uno studio di caratterizzazione dinamica della sorgente (contenuto spettrale, livelli di eccitazione, energia, ecc.) nonché uno studio di propagazione delle onde vibratorie in superficie e nel sottosuolo; è quest'ultimo un aspetto di notevole complessità, infatti la conoscenza delle caratteristiche e della conformazione geologica del terreno possono spesso risultare di difficile determinazione.

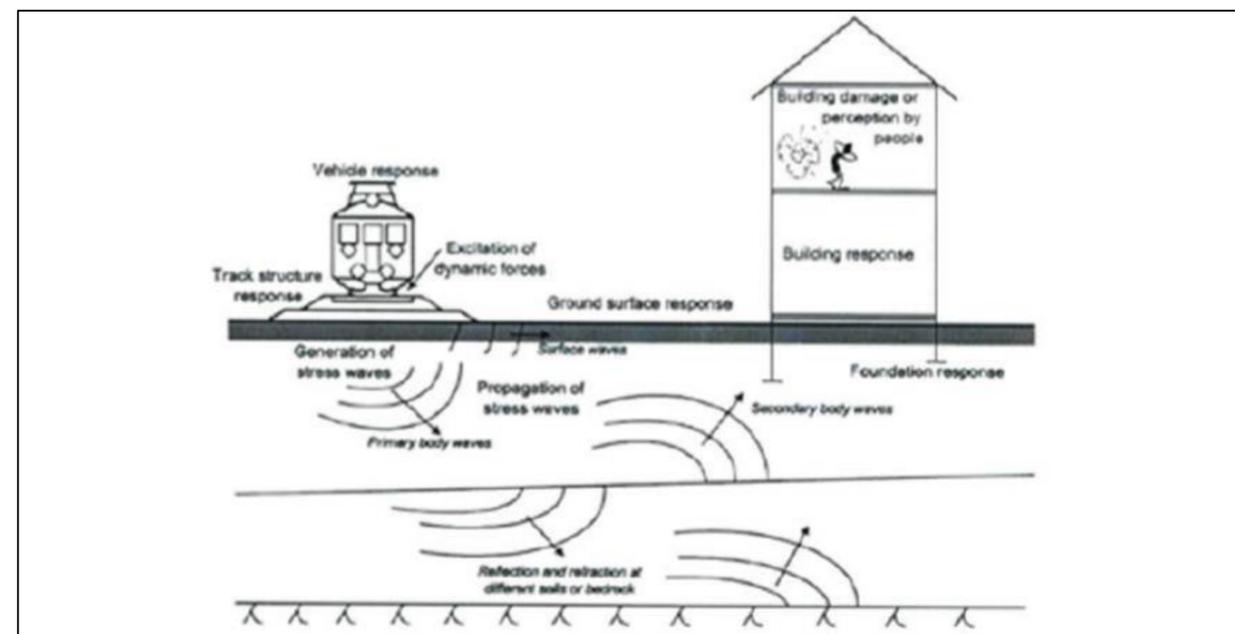


Fig.1 - Schematizzazione della generazione e propagazione di fenomeni vibratorii

## 2. GENERALITA' SUI FENOMENI VIBRATORI E RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel caso delle vibrazioni la legislazione italiana non ha ancora adottato criteri valutativi, né identificato dei valori limite per i fenomeni vibratorii che possano indurre disturbo negli edifici o danni strutturali. Per valutare effetti e possibili impatti per esposizione a vibrazione, si fa quindi riferimento alle tecniche di buona prassi, identificate con la normativa tecnica nazionale ed internazionale (UNI, ISO, ANSI, ecc).

Qui di seguito vengono riportati i principali documenti (norme ISO ed UNI) attualmente vigenti sull'inquinamento indotto dalle vibrazioni ai quali, in mancanza di specifiche norme di legge, si fa normalmente riferimento nella trattazione della specifica componente ambientale.

- Norma ISO 4866, "Mechanical Vibration and shock – vibration of fixed structures – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures"
- Norma UNI 9916, "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"
- Norma ISO 2631-2, "Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Vibration in buildings (1 to 80 Hz)"
- Norma UNI 9614, "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", successivamente integrata dalla Norma UNI 11048 "Vibrazioni meccaniche ed urti – Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo", e poi aggiornata nel suo complesso nel 2017.

Le numerose esperienze in materia di valutazione d'impatto ambientale indotte dai fenomeni di vibrazione hanno generalmente permesso di individuare valori limite di soglia e, più in generale, criteri di sicurezza, oltre i quali si possono verificare danni alle strutture o disturbo agli abitanti delle zone limitrofe alla sorgente vibratoria.

I limiti stabiliti a livello normativo dagli standard tecnici nazionali ed internazionali sono stati individuati considerando diversi parametri, quali il range di frequenza e di ampiezza della vibrazione, le caratteristiche temporali del fenomeno (continuo o transiente), il numero di eventi transienti, il tempo di esposizione, l'influenza del suolo, il tipo e lo stato di conservazione delle strutture da salvaguardare.

Tra i parametri caratteristici dell'onda vibratoria, quello che sperimentalmente viene più utilizzato è la velocità massima delle particelle che può provocare spostamenti differenziali di fondazioni, sollecitazioni, innesco di frane in zone caratterizzate da condizioni di equilibrio limite, e, per valori più elevati, anche fratturazione negli ammassi rocciosi. Sulla base di queste considerazioni, le normative tecniche esprimono i livelli massimi di vibrazione in termini di massima componente di velocità delle particelle, o massimo vettore o massimo pseudovettore di velocità delle particelle. Le normative vigenti cercano di fornire gli elementi necessari per ricostruire uno scenario internazionale definito in materia di misurazioni di vibrazioni, anche se, in alcuni punti, non è ancora completo, come la mancanza della valutazione dell'influenza del tipo di terreno, o la libera scelta di una parte della catena di misura (modalità di accoppiamento tra trasduttore e superficie di misura). A questo proposito, la più importante ed esauriente norma attualmente disponibile è la ISO 4866, che contiene disposizioni e linee guida adottate come principale riferimento dalla maggior parte delle normative internazionali.

### 2.2. STANDARD NORMATIVI PER LA VALUTAZIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONI ALLE PERSONE

#### La norma ISO 2631-2

La Norma ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi X, Y e Z, per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è compreso tra 1 e 80 Hz, mentre il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione, definito come:

$$a(RMS) = \frac{1}{T} \int a^2(t) dt$$

dove:

$a(t)$  è l'accelerazione istantanea in funzione del tempo

$T$  è la durata dell'integrazione nel tempo del quadrato dell'accelerazione istantanea

La Norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità, che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta, in termini di annoyance della popolazione.

Nella seguente Tabella, sono indicati i valori numerici per le curve base delle accelerazioni riferite, rispettivamente, all'asse Z, agli assi X e Y ed agli assi combinati X, Y e Z.

FREQUENZA	ACCELERAZIONE x 10		
	Asse Z	Assi X,Y	Assi combinati
1	10	3.6	3.6
1.25	8.9	3.6	3.6
1.6	8	3.6	3.6
2	7	3.6	3.6
2.5	6.3	4.51	3.72
3.15	5.7	5.68	3.87
4	5	7.21	4.07
5	5	9.02	4.3
6.3	5	11.4	4.6
8	5	14.4	5
10	6.3	18	6.3
12.5	7.81	22.5	7.8
16	10	28.9	10
20	12.5	36.1	12.5
25	15.6	45.1	15.6
31.5	19.7	56.8	19.7
40	25	72.1	25
50	31.3	90.2	31.3
63	39.4	114	39.4
80	50	144	50

In sintesi, la seguente Tabella riepiloga i valori limite riferiti alla terna di assi cartesiani con origine nel torace, l'asse z passante per il coccige e la testa, l'asse x passante per la schiena ed il petto e l'asse y passante per le spalle.

Asse di riferimento	Frequenza (Hz)	Valore limite dell'accelerazione
z	1 + 4	$5 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2 + 3 \text{ dB per ottava}$
	4 + 8	$5 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$
	8 + 80	$5 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2 + 6 \text{ dB per ottava}$
x - y	1 + 2	$3,6 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$
	2 + 80	$3,6 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2 + 6 \text{ dB per ottava}$

La Norma ISO indica inoltre i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base dell'accelerazione e delle velocità definite in frequenza (frequenza centrale di banda in terze di ottava), allo scopo di determinare le curve limite al variare del periodo di riferimento (diurno o notturno), del tipo di vibrazione (continue o intermittenti, transitorie), oltre che del tipo di insediamento (ospedale, laboratori di precisione, residenze, uffici ed industrie).

La seguente Tabella illustra i valori numerici dei fattori di moltiplicazione delle curve base, definiti considerando lo stato dell'arte degli studi di settore.

Tipo di edificio	Periodo del giorno	Accelerazione ponderata ( $\text{mm/s}^2$ )		
		Vibrazioni continue o intermittenti	Vibrazioni transienti e shock ripetitivi	Eventi singoli che ricorrono spesso in un giorno
Zone critiche (ospedali, teatri, etc.)	Giorno	7 + 14	10 + 20	10 + 20
	Notte	7 + 14	10 + 20	10 + 20
Residenziale	Giorno	28 + 56	40 + 80	150 + 300
	Notte	14 + 28	20 + 40	50 + 100
Uffici	Giorno	28 + 56	40 + 80	400 + 800
	Notte	28 + 56	40 + 80	400 + 800
Workshop	Giorno	56 + 120	80 + 200	500 + 1000
	Notte	56 + 120	80 + 200	500 + 1000

Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso del corpo umano e ne deve essere rilevato il valore RMS di accelerazione perpendicolarmente alla superficie vibrante.

Nel caso di edifici residenziali, nei quali non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può essere usato da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate nei tre assi.

#### La norma UNI 9614

La Norma UNI 9614 definisce il metodo di misura delle vibrazioni, di livello costante o non costante, immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi. Essa prescrive la valutazione delle accelerazioni (valore efficace espresso in dB, rispetto ad un'accelerazione di riferimento di  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>) secondo gli usuali tre assi di propagazione (Figura 2), ponderate in frequenza secondo le curve riportate nella successiva Figura 3 o, se la misura è effettuata in terzi di ottava, mediante la tabella riportata al paragrafo 4.2 della norma stessa.

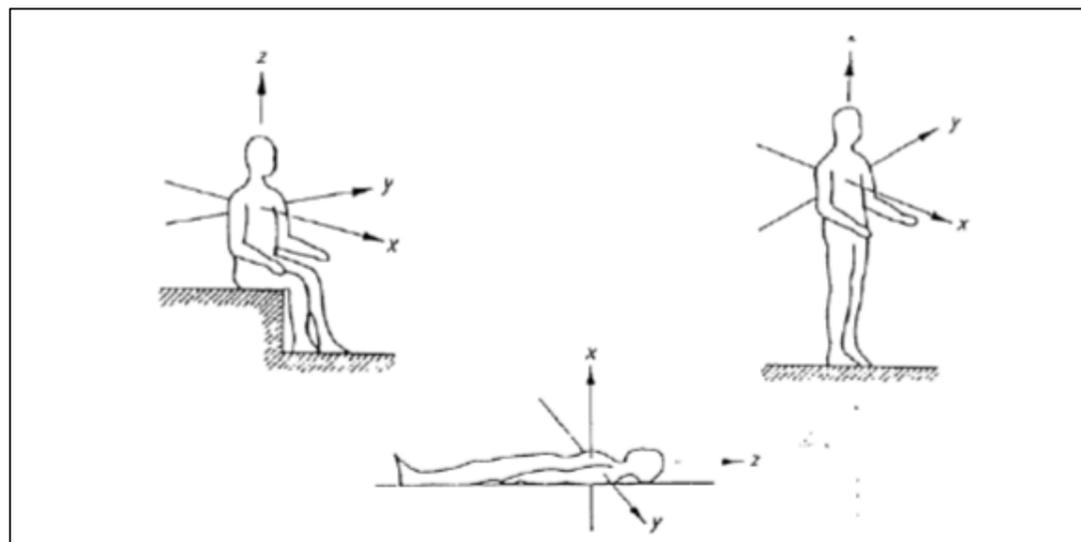


Fig.2 - Assi standard di propagazione delle vibrazioni per le varie posture

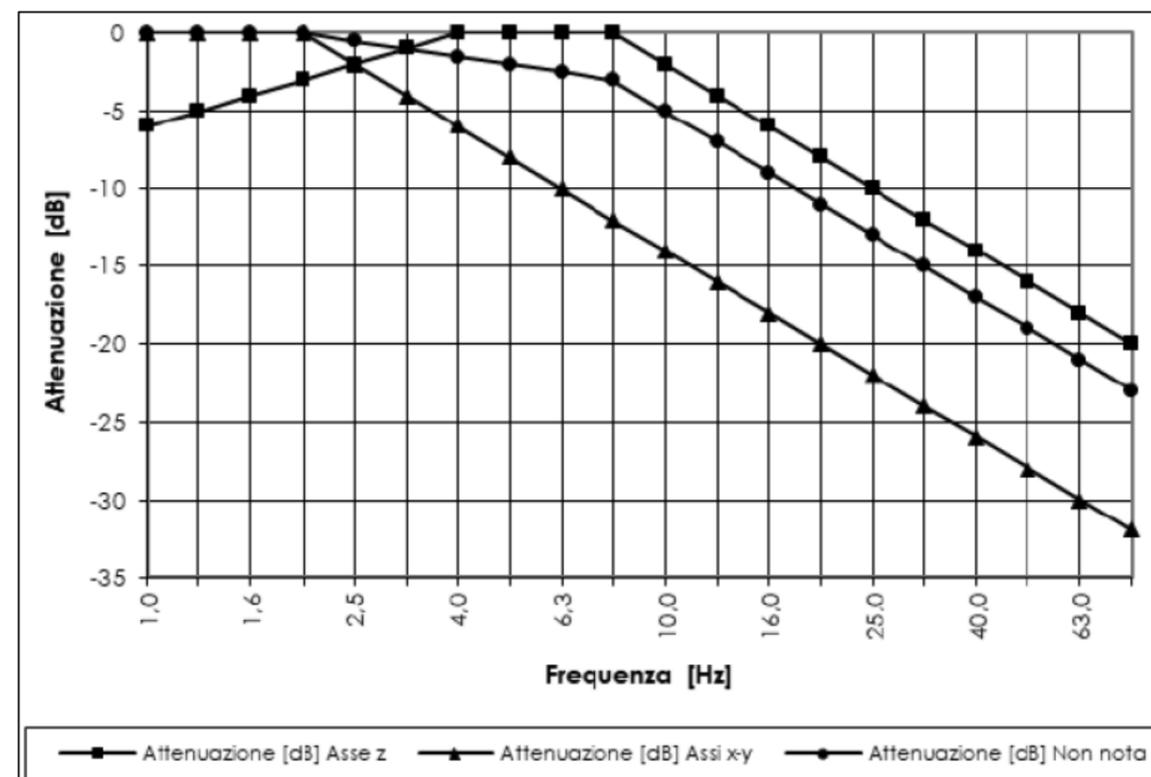


Fig.3 - Curve di ponderazione delle vibrazioni

La norma considera tre diversi fenomeni vibratorii, in funzione della variabilità nel tempo:

- si definiscono fenomeni vibratorii di livello costante quei fenomeni i cui livelli di vibrazione, ponderati nel tempo utilizzando una media esponenziale con costante di tempo "Slow", presentano, durante il periodo di riferimento o di osservazione, una variazione di ampiezza inferiore ai 5 dB;
- si definiscono vibrazioni impulsive quelle originate da eventi di breve durata e che danno luogo ad un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo, seguito da un decadimento che può causare una serie di oscillazioni della struttura, che però si estinguono velocemente nel tempo (meno di 2 secondi);
- nel caso in cui non si verifica nessuna delle condizioni precedenti, il fenomeno vibratorio è considerato di livello non costante o, in casi specifici, di tipo intermittente.

La norma non stabilisce dei criteri per la determinazione della scala temporale di riferimento: si intuisce quindi che uno stesso fenomeno di livello "non costante" potrà essere considerato di breve durata o al contrario di lunga durata o addirittura impulsivo; il tutto dipende dal tempo di riferimento considerato.

Ai fini della valutazione del disturbo, si definiscono inoltre le vibrazioni residue come somma di tutte le vibrazioni di qualunque origine (vibrazioni prodotte da sorgenti diverse da quelle in esame, vibrazioni di fondo, rumore elettrico della catena di misura) con l'esclusione delle vibrazioni dovute alla sorgente esaminata o da esaminare. Si intuisce, in questo caso, che una valutazione del disturbo da vibrazioni arrecate da una particolare sorgente può essere influenzato anche notevolmente dalla presenza delle vibrazioni residue; influenza tanto più importante quanto più le vibrazioni attese, indotte dalla sorgente in esame, sono di lieve entità.

La norma UNI 9614 definisce poi un criterio per valutare l'affidabilità e la qualità delle misure effettuate in relazione alle vibrazioni residue e quindi, indirettamente, la qualità della stima del disturbo. In particolare, definito  $\Delta L_w = L_{w,t} - L_{w,r}$  la differenza tra il livello di vibrazione totale ("in esame") misurato a sorgente attiva ed il livello di vibrazione residua:

- se  $\Delta L_w > 10$  dB, non è necessaria alcuna correzione del segnale in quanto trascurabile;
- se  $6 \text{ dB} < \Delta L_w < 10$  dB, è necessaria la correzione del segnale, ovvero al livello totale deve essere sottratto il livello residuo;
- se  $\Delta L_w < 6$  dB, è necessaria la correzione del segnale ma, a differenza del caso precedente, le conclusioni e le valutazioni del disturbo sono solo indicative.

La correzione del segnale consiste nel sottrarre al livello "totale" il livello residuo:

$$L_{w,c} = 10 \log(10^{L_{w,t}} - 10^{L_{w,r}})$$

dove:

$L_{w,c}$  è il livello di vibrazione corretto

$L_{w,t}$  è il livello di vibrazione totale

$L_{w,r}$  è il livello di vibrazione residuo

I locali o gli edifici vengono classificati in funzione della relativa destinazione d'uso, ovvero aree critiche, abitazioni, uffici o fabbriche. Una diversa sensibilità viene attribuita alle abitazioni nel periodo diurno, definito dalle ore 7.00 alle ore 22.00, e nel periodo notturno, compreso tra le 22.00 e le 7.00 del giorno dopo.

Nell'Appendice della norma, si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve essere svolta confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza o i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con una serie di valori riportati nella seguente Tabella.

Destinazione d'uso	a [m/s <sup>2</sup> ]	L [dB]
<b>Asse Z</b>		
Aree critiche	5.0·10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (Periodo Notturno)	7.0·10 <sup>-3</sup>	77
Abitazioni (Periodo Diurno)	10.0·10 <sup>-3</sup>	80
Uffici	20.0·10 <sup>-3</sup>	86
Fabbriche	40.0·10 <sup>-3</sup>	92
<b>Assi X,Y</b>		
Aree critiche	3.6·10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni (Periodo Notturno)	5.0·10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (Periodo Diurno)	7.2·10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14.4·10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	28.8·10 <sup>-3</sup>	89

Qualora i valori o i livelli delle vibrazioni in esame dovessero superare i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Detti limiti sono validi sia per le vibrazioni continue sia per quelle non continue; in quest'ultimo caso però l'accelerazione ponderata equivalente, espressa in unità fisiche o in dB, deve essere misurata/valutata su un intervallo di tempo T, rappresentativo del fenomeno (come già detto in precedenza la norma non lo definisce), e quindi attraverso le seguenti formule:

$$A_{w,eq} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 dt \right]^{0.5}$$

$$L_{w,eq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \left[ \frac{a_w(t)}{a_0} \right]^2 dt \right]$$

dove:

$a_w(t)$  è l'accelerazione ponderata espressa in  $m/s^2$

$L_{w,eq}(t)$  e  $A_{w,eq}(t)$  rappresentano i livelli continui equivalenti dell'accelerazione calcolati sul periodo  $T$  espressi rispettivamente in dB ed in  $m/s^2$

$T$  è la durata del fenomeno espresso in secondi

$a_0$  è l'accelerazione di riferimento  $10^{-6} m/s^2$

Il campo di frequenza stabilito dalla norma è tra 1 ed 80 Hz, per cui il filtro da applicare, in caso di rilievi sperimentali, deve tagliare la banda del segnale di frequenza superiore agli 80 Hz.

Inoltre, a seconda dell'asse lungo il quale si esegue la misura, bisogna applicare determinati fattori di ponderazione a ciascuna ottava o terzo di ottava, ovvero va applicato un filtro al segnale analogico prelevato dal sensore di misura.

La norma UNI 9614 definisce anche le modalità di scelta dei punti di misura; in particolare, qualora il soggetto esposto si trovi prevalentemente in una posizione determinata, l'accelerometro/punto di valutazione va riferito al pavimento in corrispondenza:

- dei piedi, se il soggetto è eretto
- dei glutei, se il soggetto è seduto
- del ventre, se il soggetto è disteso

Quindi la norma prevede che l'accelerometro usato per la misura, o il punto in cui valutare teoricamente l'accelerazione, deve essere posizionato nella zona in cui il soggetto si trova prevalentemente esposto; se è impossibile valutare a priori tale posizione, la norma prescrive che i rilievi siano effettuati al centro dell'ambiente in esame.

Ai fini della valutazione del disturbo, inoltre, la norma definisce il fattore di cresta come il rapporto tra valore di picco ed il valore efficace (o RMS) dell'accelerazione ponderata in frequenza. Il valore efficace di norma dovrebbe essere misurato su un tempo maggiore di un minuto. È consigliato valutare il fattore di cresta in quanto gli effetti delle vibrazioni aventi un fattore di cresta maggiore di 6 possono essere sottostimati dai criteri di valutazione riportati in precedenza.

#### La norma UNI 9614 – Aggiornamento al 2017

Nel settembre 2017, dopo una lunga fase preparatoria, è stato emanato l'aggiornamento della norma UNI 9614:1990. L'aggiornamento si è reso necessario per mettere a punto un approccio più moderno alla valutazione del disturbo da vibrazioni e per tenere conto dei progressi delle tecniche di misura e della normativa internazionale vigente.

La norma, come già illustrato, riguarda il metodo di misurazione delle vibrazioni immerse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici ed i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi. La nuova versione della norma modifica la vecchia, introducendo un approccio innovativo per le modalità di valutazione dei disturbi da vibrazioni, facendo riferimento alla norma ISO 2631.2:2003, per i metodi di misura e valutazione.

La norma è applicabile a tutti i fenomeni che possono originare vibrazioni negli edifici, come, ad esempio, traffico su gomma o su rotaia, attività industriali o di specifici macchinari, attività di cantiere, esplosioni, ecc.; non è invece applicabile a vibrazioni derivanti da fenomeni sismici, alla valutazione di danni strutturali, architettonici o "cosmetici" agli edifici, per la quale esistono altre norme di riferimento, all'esame di problematiche connesse all'igiene sul lavoro, o alle attività di manutenzione preventiva/predittiva di macchinari o di influenza su strumenti particolarmente sensibili. Non si applica inoltre a casi di frequenze vibrazionali inferiori al terzo di banda d'ottava centrato a 1 Hz.

La grandezza cinematica di riferimento rappresentativa del disturbo è individuata nell'**accelerazione assoluta**, che necessita di una misura diretta per mezzo di sensori accelerometrici, con misura simultanea sui tre assi ortogonali di riferimento per la struttura dell'edificio o del corpo umano (per convenzione: asse Z verticale).

Le postazioni di misura vanno individuate sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti, escludendo quindi eventuali ambienti di servizio (ripostigli, servizi igienici, cantine, solai, corridoi, giardini, vie di accesso, balconi/terrazzi, scale, pianerottoli e ambienti non abitabili secondo le vigenti normative indipendentemente dal loro reale uso). Le misure per la valutazione del

disturbo alla persona vanno eseguite, in generale, sui pavimenti o, in subordine, su elementi strutturali che possono essere a diretto contatto con il corpo umano durante la normale attività all'interno dell'ambiente o su superfici di appoggio per mobili utilizzati per il riposo, ma non su soffitti, controsoffitti, mensole, vetrate, suppellettili, mobili, letti e arredi in generale. Vanno anche evitate posizioni di misura su superfici a scarsa aderenza con le strutture (piastrelle non aderenti al massetto), morbide e/o cedevoli (tappeti, moquette, ecc.) o per le quali l'ampiezza delle vibrazioni può derivare anche da cattivo stato di manutenzione.

Ovviamente i punti di misura devono essere individuati nei punti ove si rileva il più elevato dei valori efficaci di accelerazione ponderata  $aw(t)$ , ma lontano da eventuali punti singolari. La seguente Figura 4 mostra alcune possibili individuazioni di punti di misura adeguati o non adeguati alle valutazioni oggetto della norma in esame.

L'edizione del 1990 invece prevede la conoscenza degli spettri di emissione, in bande di un terzo di ottava, delle vibrazioni prodotte dalle macchine utilizzate per le varie fasi di cantiere. Poiché tali dati, per la maggior parte delle macchine da cantiere sono disponibili in bibliografia, si può affermare che l'edizione del 1990 della norma UNI 9614 risulta sicuramente più idonea per una stima previsionale delle vibrazioni immesse dalle varie macchine utilizzate per le fasi di cantiere.

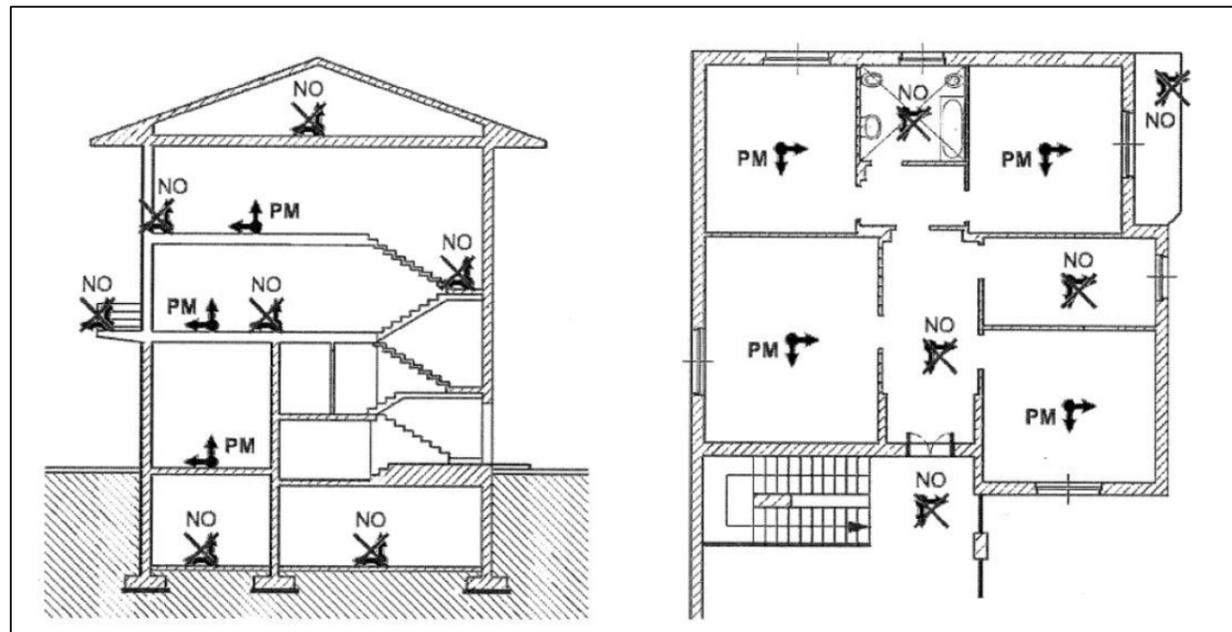


Fig.4 - Individuazione corretta e non corretta dei punti di misura

Per ulteriori dettagli si rimanda al testo completo della norma.

Dall'analisi di quanto sopra riportato si evince che, per la valutazione dei fenomeni vibratorii ai sensi della versione del 2017 della norma UNI 9614, è necessario eseguire misure sul campo in quanto la grandezza da determinare è l'accelerazione assoluta, che necessita di una misura diretta per mezzo di sensori accelerometrici.

### 3. STIMA DELLE VIBRAZIONI IN FASE CORSO D'OPERA

#### 3.1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in questione prevede l'adeguamento plano-altimetrico della S.S. n° 17 "dell'Appennino Abruzzese ed Appulo-Sannitico" per il tratto compreso tra la Progressiva Km 45+000 circa (innesto con la S.S. n°261 "della Valle Subequana") sino alla Progressiva 58+000.

Tra le finalità operative che il progetto di ammodernamento in sede ed in variante del tratto di strada in oggetto si prefigge, sono prioritarie il miglioramento della funzionalità e dell'affidabilità della direttrice viaria interessata dall'intervento, e nondimeno, la riqualificazione dell'intero sistema stradale pedemontano aquilano, inteso come prosecuzione della direttrice Amatrice - L'Aquila.

In particolare, con l'intervento presentato, il proponente intende raggiungere i seguenti obiettivi:

- la riduzione dei tempi di percorrenza con rettifiche plano-altimetriche di tracciato;
- l'incremento delle condizioni di sicurezza e di percorribilità anche nella stagione invernale;
- la decongestione dei punti critici di traffico (Barisciano-Castelnuovo);
- l'ammodernamento degli elementi della strada, quali pavimentazione e segnaletica, con l'impiego delle moderne tecnologie dei materiali componenti;
- un migliore inserimento dell'opera nell'ambiente e nel paesaggio.

La fase di progettazione definitiva è stata condotta tenendo conto delle indicazioni e degli indirizzi provenienti dagli studi precedenti, in particolare dal progetto preliminare e di quanto già sviluppato nel precedente Progetto Definitivo. Inoltre, ha fatto riferimento alla conferenza dei servizi tenuta il 20/12/2001 ed alle richieste delle Amministrazioni Comunali interessate oltre che alle disposizioni ricevute dal Compartimento Anas di L'Aquila.

Secondo le illustrate direttive ed obiettivi generali di riferimento territoriale ed ambientale e con riferimento all'evoluzione storica del territorio, le finalità operative che il "Progetto di ammodernamento in sede ed in variante del tratto compreso tra l'abitato di S. Gregorio (prog.va km 45+000 ca) e la progr.va km 58+000" si prefigge è quello di migliorare la funzionalità ed affidabilità di tale direttrice viaria quale asse di **"Sistema pedemontano - recupero dei centri**

**minori"** in prosecuzione della direttrice Amatrice L'Aquila e di inserire tale collegamento nel sistema di infrastrutture regionali e nazionali.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, il progetto è stato elaborato tenendo conto dei seguenti criteri suggeriti dal Compartimento ANAS di L'Aquila.

**Sezione tipo:** conforme a quella per strade tipo C1 ex Tipo IV delle norme CNR/80, con piattaforma stradale di m 10,50, costituita da due corsie di m 3,75, due banchine di m 1,50 oltre a due arginelli in terra da m 1,05 ciascuno.

**Piazzole di sosta:** previste a distanza di m 500 una dall'altra, ad eccezione dei casi in cui le intersezioni hanno impedito tale posizionamento o lo hanno reso superfluo, oppure era impedito dalle corsie di arrampicamento.

**Intersezioni a rotatoria:** sono previste sei intersezioni a rotatoria sulla viabilità principale in modo tale da consentire adeguati e sicuri collegamenti con le località servite.

**Viabilità complanari e poderali:** tali viabilità consentono il collegamento delle località all'asse principale e riuniscono i vari accessi adesso presenti in punti singoli (rotatorie) più sicuri e in minor numero.

**Velocità di base:** velocità di progetto (velocità di base) quella di km/h 60 con intervallo di velocità  $60 \leq V_p \leq 100$ .

In rapporto ad essa sono state dimensionate le altre caratteristiche della strada secondo quanto stabilito dal D.M. del 5/11/2001.

Il miglioramento del tracciato è stato inoltre guidato dalle seguenti considerazioni:

- g) rispetto dei possibili futuri programmi viari dell'ANAS nel senso di attuare una soluzione complessiva che non comporti in futuro né costose opere di adeguamento né complicazioni tecnico-costruttive in vista di nuovi ampliamenti della rete e/o allacci aggiuntivi ad altre strade esistenti.
- h) recupero di tutta la viabilità esistente, sia per i brevi nuovi tratti ora citati, sia per le necessarie strade consortili e collegamento dei centri gravitanti sulla strada e adducanti alle intersezioni previste a rotatoria;
- i) rispetto degli strumenti urbanistici vigenti, (con particolare riferimento al Piano Regolatore dei Comuni di L'Aquila, Poggio Picenze, Barisciano e San. Pio), ed altri piani di settore che regolano il territorio interessato.
- j) modifica, allargamento e parziale rettifica dell'attuale sede stradale, limitando le varianti a brevissimi tratti, laddove esigenze inderogabili di funzionalità e sicurezza, nonché particolari caratteristiche orografiche, rendono impossibile il mantenimento in sito della strada (variante di Barisciano e Castelnuovo).

- k) limitazione massima nella previsione di nuove strade consortili, rampe, ecc. e di opere d'arte onerose e complesse se non dove queste soluzioni risultino convenienti sia economicamente che costruttivamente;
- l) costruzione di un viadotto dove le particolari condizioni orografiche e di sicurezza d'uso non hanno consentito altre soluzioni tecniche.

Ne è derivato la conferma di una sostanziale permanenza dell'attuale assetto ambientale ed inoltre con l'ammodernamento del collegamento si incrementano vantaggi e benefici sia per gli utenti sia per la collettività.

Infatti, si determinano riflessi positivi per la qualità dell'aria e del rumore:

- qualità dell'aria: la migliore regolarità di deflusso veicolare per effetto dell'ammodernamento comporta una migliore carburazione dei motori a benzina e diesel, e quindi una minore inquinazione unitaria dell'atmosfera da parte dei veicoli di transito. In presenza di maggiore transito si dovrebbe mantenere sostanzialmente inalterato il bilancio di qualità dell'aria.
- qualità del rumore: essa migliora considerevolmente nella misura in cui il flusso veicolare acquista regolarità di marcia, eliminandosi le accelerazioni, le frenature e le riprese da cui deriva, per effetto di moto transitorio, la massima emissione di spettri acustici disturbanti.

Nel contesto degli obiettivi innanzi indicati si descrive, la soluzione proposta caratterizzata dal recupero totale del tracciato esistente ad eccezione dei tratti interessanti i centri abitati di Barisciano e Castelnuovo.

### 3.2. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE ATTIVITA' DI CANTIERE

Le principali opere ed attività previste per la realizzazione del progetto in oggetto sono di seguito riportate:

- Realizzazione Viadotto VI.001
- Realizzazione Galleria artificiale GA.001
- Realizzazione Sottovia scatolare ST.001
- Realizzazione Sottovia scatolare ST.002
- Realizzazione Ponticello al Km 8+053
- Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere ALFA
- Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere BRAVO
- Viabilità dei mezzi di cantiere

- Allargamento della sede stradale, realizzazione di svincoli, complanari, rotoie e pavimentazione

#### **Realizzazione Viadotto VI.001**

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impalcato misto acciaio-calcestruzzo con schema statico a trave appoggiata con luce in asse impalcato pari a 38 m.

L'impalcato è caratterizzato da 4 travi longitudinali principali, poste ad interasse trasversale pari a 3.1 m, in composizione con una soletta in calcestruzzo, di larghezza totale variabile 15.90 m (spalla 1) e 12 m (spalla 2). Lo sbalzo laterale presenta pertanto luce compresa tra 1.35 e 3.35 m.

La sezione trasversale dell'impalcato prevede quattro travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 1600 mm disposte ad interasse trasversale di 3100 mm costante e traversi reticolari posti a passo longitudinale di 3800 mm.

I traversi verticali intermedi sono reticolari aventi aste con sezione a doppia L. e collegano a due a due le travi longitudinali, i traversi di spalla sono reticolari e collegano tutte e quattro le travi, inoltre in corrispondenza della spalla 1 dove si ha l'allargamento dell'impalcato, il traverso prevede anche un puntone diagonale fra la soletta e l'intradosso della trave longitudinale esterna per sostenere lo sbalzo.

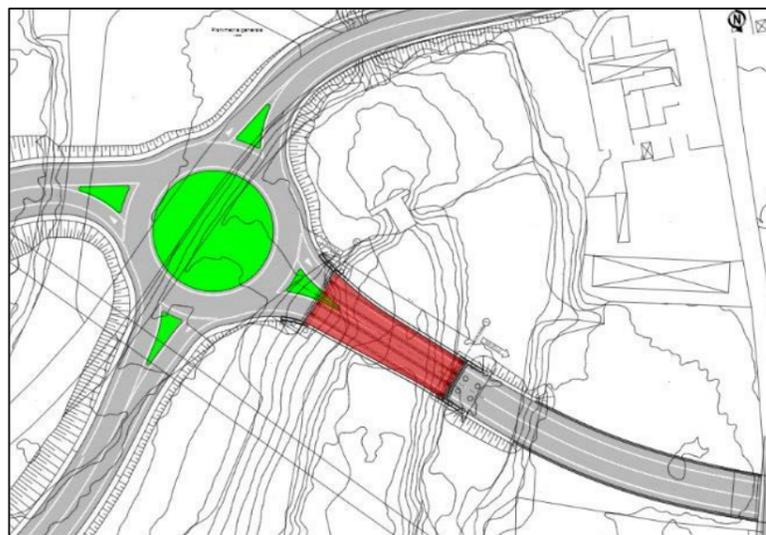
Strutturalmente, l'assieme metallico viene concepito come una coppia di cassoncini torsiorigidi. Le travi principali vengono quindi collegate, a coppie, da un controvento di torsione con schema a biella semplice. Tale controvento viene predisposto in intradosso, ed in estradosso sezione (il controvento di estradosso garnisce la circuitazione del flusso torsionale in fase 1).

Le anime delle travi metalliche vengono irrigidite da stiffeners, posti ad interasse pari a 3800 mm, sui quali vengono predisposti i collegamenti dei traversi.

L'impalcato ha cordoli da 750 mm. La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi, è gettata in opera e presenta spessore complessivo di 260 mm, al lordo delle lastre tipo predalles di spessore 60 mm. La solidarizzazione della soletta alle travi metalliche è affidata a idonei connettori a taglio di tipo a piolo Nelson.

Il sistema di vincolo viene individuato con riferimento ad una strategia di protezione sismica basata sull'utilizzo di isolatori elastomerici ad alta dissipazione.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



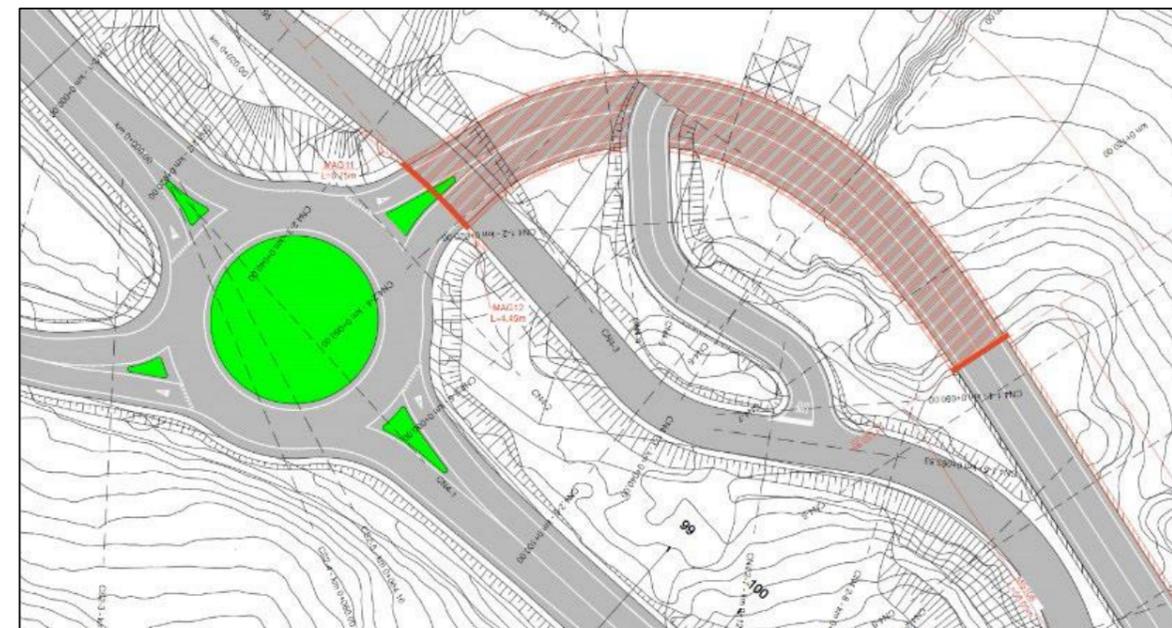
### **Realizzazione Galleria Artificiale GA.001**

La galleria artificiale è ubicata fra la progressiva pk 0+028.95 e la progressiva pk 0+133.95 dell'asse stradale denominato CN4 nell'ambito del Progetto Definitivo per l'Adeguamento del tratto S.Gregorio-S.Pio delle Camere, dal km 45+000 al km 58+000, della S.S. 17 "dell'Appennino Abruzzese ad Appulo Sannitico", Tronco Antrodoco-Navelli.

Gli elementi strutturali dell'opera sono i seguenti:

- paratie di pali in c.a. del diametro di 120 cm e interasse 1.4 m, di lunghezza 25.00 m sia per la fila interna che per quella esterna, utilizzati sia per il contenimento dello scavo che come strutture portanti verticali della soletta di copertura;
- cordolo di coronamento delle palificate, di larghezza pari a 1.60 m e spessore di 1,00 m su cui appoggia il solettone superiore di copertura;
- solettone superiore di copertura piena in calcestruzzo armato gettato in opera di altezza pari a 1.40 m alle estremità e altezza pari a 1.50 m in mezzeria;
- solettone di fondazione in calcestruzzo armato dello spessore di 1.20 m eseguito in opera.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



### **Realizzazione Sottovia Scatolare ST.001**

La struttura è costituita da una successione di archi prefabbricati in cemento armato uguali fra loro, posati su due cordoli di fondazione anch'essi in cemento armato.

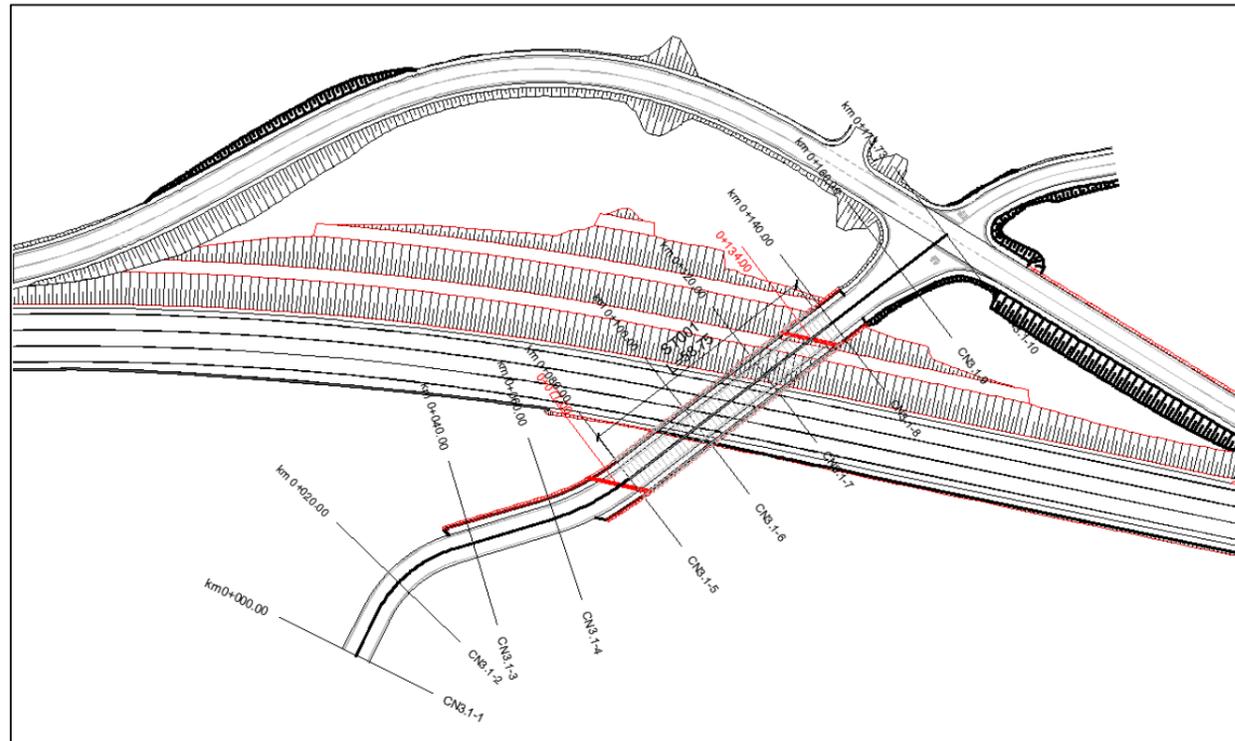
Ogni arco è costituito da due elementi prefabbricati: identici a forma di  $\Gamma$ , che, a montaggio ultimato, costituiscono ciascuno un semi-arco, formato da un ritto, una trave inclinata a 45° e una trave orizzontale.

I vari elementi prefabbricati che costituiscono la struttura sono posati in opera affiancati tra loro. L'armatura è in parte inserita all'interno degli elementi prefabbricati, in parte inserita in opera negli appositi vani fra un prefabbricato e l'altro e nelle articolazioni. Successivamente i prefabbricati sono solidarizzati tra loro con un getto di calcestruzzo in opera che congloba le armature aggiunte in opera e rende la struttura monolitica.

Con riferimento alla posa in opera si prevede la movimentazione di conci prefabbricati. Le attività saranno pertanto quelle di realizzazione basamento di fondazione e successiva movimentazione di elementi strutturali prefabbricati con ausilio di autogrù.

Per l'esecuzione delle attività sarà previsto l'impiego di apparecchi di sollevamento e piattaforme di lavoro elevabili per consentire lavori in quota, previa segregazione della zona alla base e di tutta l'area oggetto di movimentazione elementi prefabbricati.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



### Realizzazione Sottovia Scatolare ST.002

Il sottovia è ubicato alla progressiva km 7+468 dell'asse stradale principale.

Presenta una larghezza interna netta di 6.50m occupata da una zona carrabile larga 5.00 m e da due cunette laterali di raccolta delle acque meteoriche larghe 0.75m ciascuna.

L'altezza interna netta in asse tracciamento risulta di 5.00 m.

L'opera si sviluppa con asse rettilineo per una lunghezza complessiva pari a 11.95 m determinati dalla larghezza della piattaforma dell'asse principale di 10.50 m affiancata dai due cordoli di 0.70 m ciascuno necessari per il montaggio delle

barriere di sicurezza e da ulteriori 5cm che consentono di compensare la curvatura dell'asse principale mantenendo retta la geometria planimetrica del sottovia.

La soletta superiore presenta uno spessore di 0.65 m come anche le due pareti laterali, mentre la platea presenta uno spessore di 0.70 m.

La pendenza trasversale che consente un corretto scolo delle acque meteoriche è realizzata mediante variazione dello spessore del pacchetto di pavimentazione.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.

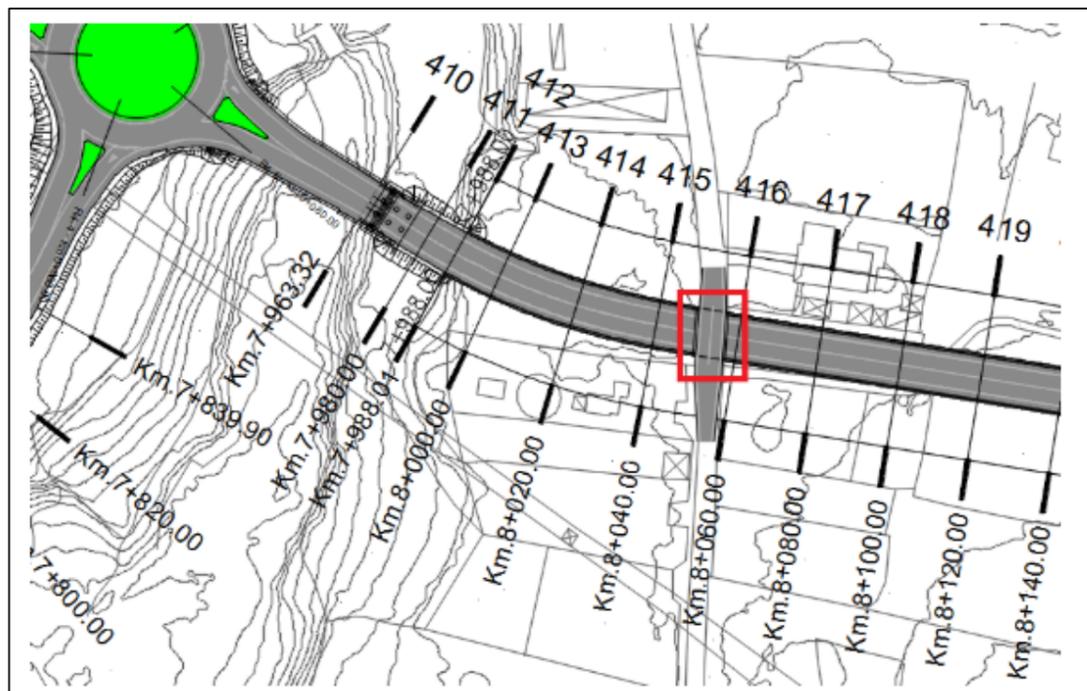


### Realizzazione Ponticello al Km 8+063

L'intervento consiste nella realizzazione di un ponticello carrabile a doppia corsia di marcia con luce di calcolo, misurata agli assi dei dispositivi di appoggio, di 15.12 m e composto da travi affiancate in c.a.p. a cavi aderenti di sezione 70x50h cm e soletta collaborante in c.a. gettato in opera con spessore pari a 25 cm. Le caratteristiche principali del nuovo manufatto sono di seguito sintetizzate:

- Larghezza impalcato: 7.80 m (da filo esterno cordolo)
- Lunghezza impalcato: 16.14 m (da filo interno paraghiaia)
- Interasse travi: 0.72 m
- Numero travi: 10

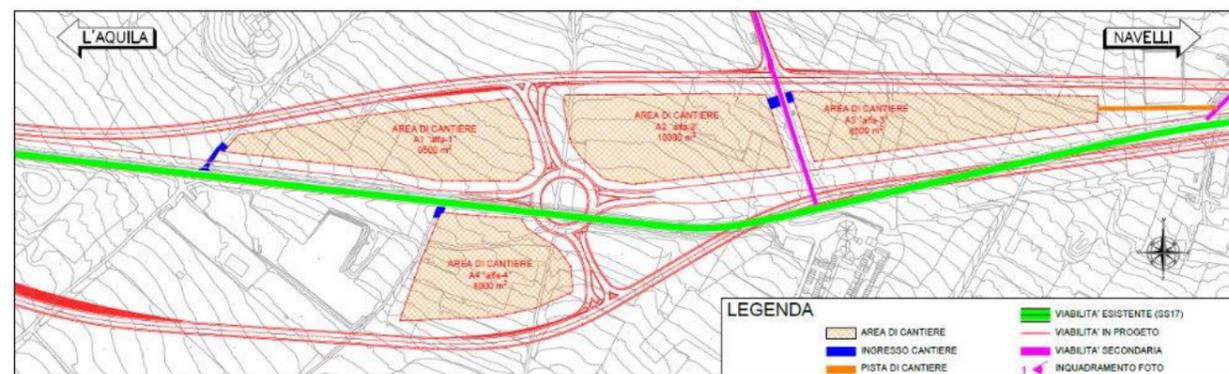
Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



### Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere ALFA

All'interno del cantiere denominato ALFA sono previste aree in cui verranno effettuate operazioni di carico e scarico materiale.

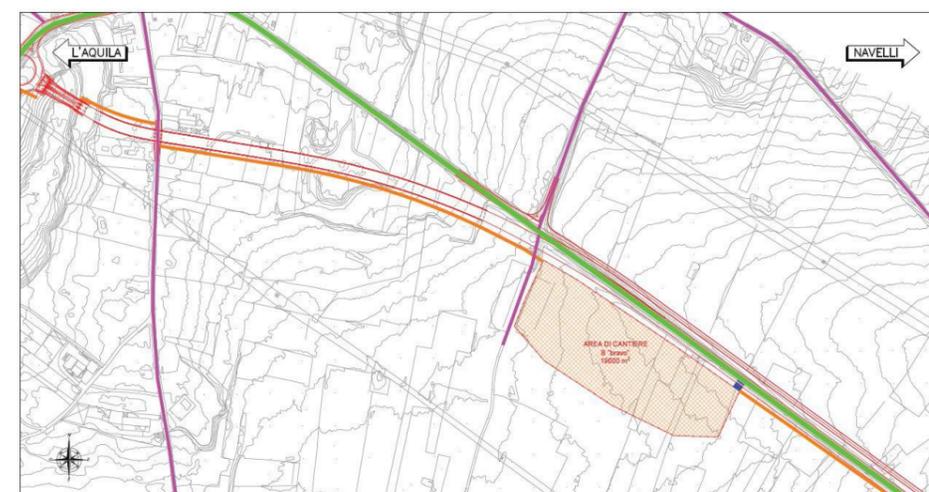
Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



### Attività di carico e scarico materiale c/o cantiere BRAVO

All'interno del cantiere denominato BRAVO sono previste aree in cui verranno effettuate operazioni di carico e scarico materiale.

Lo stralcio planimetrico di progetto è di seguito riportato.



### Viabilità dei mezzi di cantiere

La viabilità dei mezzi di cantiere è finalizzata alla movimentazione ed allo stoccaggio dei materiali in apposite aree di cantiere, ed al conferimento dei materiali di risulta, terre da scavo o sbancamento presso discarica autorizzata.

La viabilità degli autocarri avverrà lungo appositi percorsi dedicati che sono stati previsti in prossimità della sede oggetto di adeguamento della SS17.

### Allargamento della sede stradale, realizzazione di svincoli, complanari, rotonde e pavimentazione

Le fasi lavorative per tale tipologia di interventi possono essere riassunte come di seguito specificato.

#### Scavo

La prima fase di lavoro per la costruzione di una sede stradale consiste nello sbancamento in corrispondenza di tutto il suo tracciato. La quantità, di materiale da rimuovere viene stabilita durante la fase progettuale tenendo presente il risultato dello studio del terreno.

### Stesura del fondo

Una volta terminata la fase di scavo è necessario procedere con la creazione del fondo e sottofondo stradale. Tramite l'uso di ruspe viene effettuato un primo spianamento del terreno su cui poi si procederà, tramite la stesura di cemento o bitume granulare stabilizzato alla produzione di strati di sottofondo che dovranno essere perfettamente livellati e compattati. Tale strato della strada riveste una elevata importanza in quanto dovrà supportare tutto il carico di lavoro e la relativa pressione del traffico.

### Stesura stabilizzato

la stesura dello stabilizzato serve appunto per stabilizzare la strada. Viene utilizzato un conglomerato di terra naturale, che può essere la stessa precedentemente rimossa durante la fase di studio del terreno, mista a stabilizzato di vacca miscelato con dei catalizzatori.

Sulla base del suo spessore viene determinata la resistenza ed il grado di distribuzione del carico di superficie.

### Posa in opera del conglomerato bituminoso

Durante questa fase vengono applicati più strati di conglomerato bituminoso tramite il macchinario vibrofinitrice stradale. Sono previsti interventi manuali, effettuati tramite l'ausilio di attrezzature come pale e rastrelli solo nei punti in cui il macchinario non riesce ad operare, ad esempio in prossimità di tombini o vicino ai cigli del marciapiede.

Dall'analisi delle varie opere ed attività prese in considerazione per la realizzazione del progetto, si evince che saranno utilizzati due tipi di macchine, ovvero quelle per il trasporto del materiale, ovvero camion, dumper, autocarri, ecc., e quelle destinate alla realizzazione delle opere, ovvero escavatori, ruspe, pale, rulli, ecc..

### 3.3. METODOLOGIA DI CALCOLO

Come affermato al paragrafo 2.2., l'edizione del 1990 della norma UNI 9614 prevede la conoscenza degli spettri di emissione, in bande di un terzo di ottava, delle vibrazioni prodotte dalle macchine utilizzate per le varie fasi di cantiere. Poiché tali dati, per la maggior parte delle macchine da cantiere sono disponibili in bibliografia, si può affermare che l'edizione del 1990 della norma UNI 9614 risulta sicuramente più idonea per una stima previsionale delle vibrazioni immesse dalle varie macchine utilizzate per le fasi di cantiere.

Il fenomeno con cui un prefissato livello di vibrazioni imposto sul terreno si propaga nelle aree circostanti è correlato alla natura del terreno, alla frequenza del segnale ed alla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto. Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione indotti ai ricettori dalle attività di cantiere, ha impiegato simulazioni numeriche; di seguito, si illustrano i principali step procedurali seguiti.

Sono state inizialmente individuate le lavorazioni ritenute più impattanti dal punto di vista vibrazionale (per caratteristiche e numero di macchine impiegate) al fine di definire gli scenari di cantiere da valutare in relazione altresì alla eventuale presenza di ricettori. Ciascun mezzo appartenente agli scenari di cantiere individuati, è stato caratterizzato in termini di spettro di emissione tramite la rappresentazione della variazione in frequenza del livello di accelerazione generato ad una distanza di riferimento nota dalla sorgente vibratoria. Gli spettri impiegati (dati di letteratura) sono riferiti alla componente verticale (asse Z).

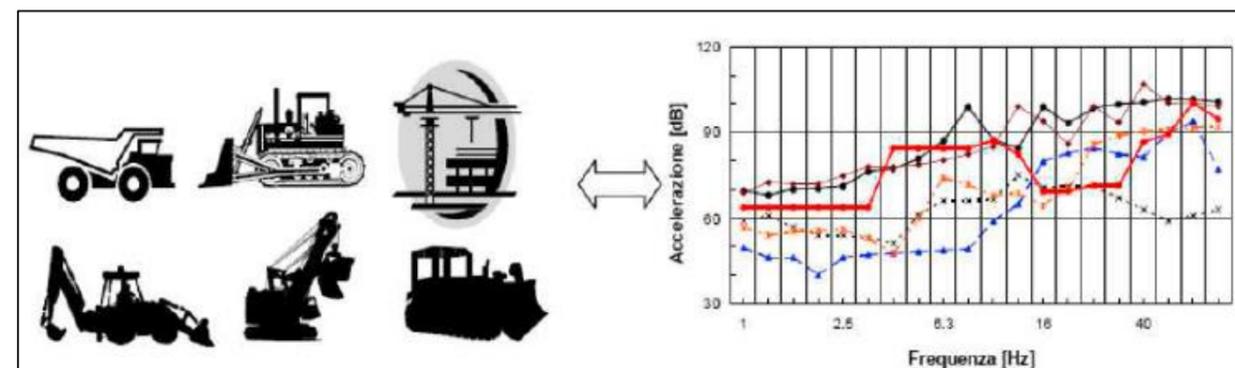


Fig.5 - Relazione tra mezzi d'opera e spettro di emissione delle vibrazioni

In ordine alla trasmissione di vibrazioni nel terreno, è necessario distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale: onde di compressione (onda P), onde di taglio (onda S) e onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L), le quali hanno velocità di propagazione differente in funzione del modulo di Poisson del terreno.

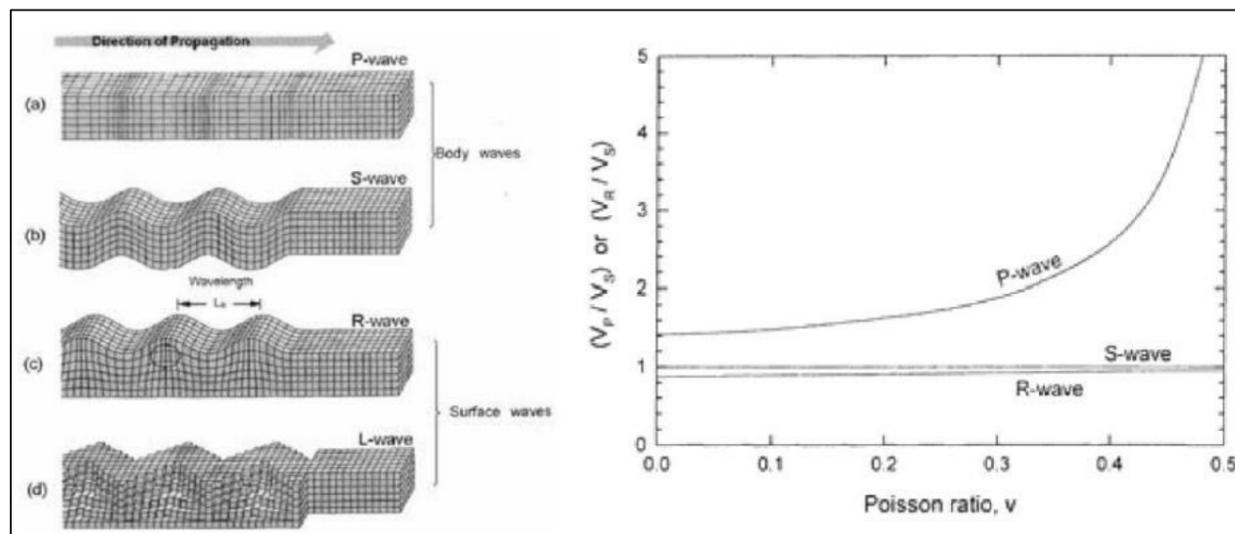


Fig.6 - Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relative delle onde P, R rispetto onde S (a destra)

L'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza  $d$ , per tutte le tre tipologie di onde considerate (P, S, R), è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f \cdot (\eta/c) \cdot (d-d_0)}$$

dove  $\eta$  è il fattore di perdita del terreno,  $c$  la velocità di propagazione in m/s,  $f$  la frequenza in Hz,  $d$  la distanza in m, e  $d_0$  la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5 m. L'esponente  $n$  varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni, ed è generalmente compreso tra 0.5 e 1.

Dalla formulazione di cui sopra, si evince che nei terreni più soffici l'attenuazione intrinseca del mezzo di propagazione è maggiore di quella nelle rocce compatte; le frequenze più alte, inoltre, sono attenuate più di quelle basse. La migliore propagazione delle vibrazioni (equivalente ad attenuazione molto bassa), pertanto, si ha in presenza di terreno rigido e a basse frequenze (in tal caso infatti il termine  $f \cdot \eta / c$  assume valori bassi).

### 3.4. RISULTATI DELLA MODELLIZZAZIONE

L'applicazione del modello descritto nel paragrafo precedente, ha consentito di effettuare una stima dei livelli di vibrazioni emesse dalle attività di cantiere. In particolare, coerentemente con la relazione di cantierizzazione, sono state considerate le fasi lavorative maggiormente impattanti, come già descritto nel paragrafo 3.2..

La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere utilizzando dati bibliografici, e di seguito riportati. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5 m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla sola componente verticale, considerata quella che fornisce il contributo maggiore.

Frequenza [Hz]	Escavatore cingolato	Pala cingolata	Autocarro	Martello	Impianto di frantumazione e vagliatura	Impianto di betonaggio / Betoniera	Trivella	Rullo
1	0,32	0,71	0,89	2,55	0,32	0,89	2,55	2,24
1,25	0,2	0,5	1,12	3,98	0,2	1,12	3,98	3,98
1,6	0,19	0,63	0,71	3,17	0,19	0,71	3,17	3,55
2	0,12	0,67	0,5	2,82	0,12	0,5	2,82	3,76
2,5	0,2	0,6	0,47	3,77	0,2	0,47	3,77	5,62
3,15	0,26	0,45	0,45	7,94	0,26	0,45	7,94	7,94
4	0,24	0,24	0,33	14,13	0,24	0,33	14,13	7,94
5	0,25	1,12	1,26	17,78	0,25	1,26	17,78	9,44
6,3	0,28	5,62	2,11	25,12	0,28	2,11	25,12	10,59
8	0,3	3,98	2	56,23	0,3	2	56,23	12,59
10	0,98	2,51	2,04	25,16	0,98	2,04	25,16	16,79
12,5	1,88	2,99	5,75	17,98	1,88	5,75	17,98	100
16	9,89	1,58	3,76	31,62	9,89	3,76	31,62	53,09
20	13,34	3,98	3,55	59,31	13,34	3,55	59,31	19,95
25	16,79	19,95	3,55	82,91	16,79	3,55	82,91	89,13
31,5	12,59	29,85	2,24	100	12,59	2,24	100	50,12
40	12,02	35,48	1,5	113,48	12,02	1,5	113,48	251,19
50	28,84	37,58	0,89	89,13	28,84	0,89	89,13	141,25
63	51,88	39,81	1,06	79,43	51,88	1,06	79,43	125,89
80	8,41	42,17	1,33	74,99	8,41	1,33	74,99	112,2

Ai fini dell'applicazione del modello di propagazione descritto, sono state assunte le seguenti ipotesi.

- Il modello di propagazione illustrato fa riferimento ai soli fenomeni che avvengono nel terreno supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato), senza tenere in considerazione la presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione che possono comportare variazioni dei livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi. I sistemi fondazione in generale producono, in modo condizionato alla tipologia, un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante. Pertanto, nel presente studio è stato considerato quale spettro al ricevitore (persona o edificio) quello calcolato in

campo libero non tenendo conto dell'effetto indotto dalle strutture di fondazione, verticali e di piano sul livello di vibrazione all'interno degli edifici. Tale assunzione è stata presa sulla base delle due considerazioni seguenti:

1. la mancanza di informazioni dettagliate sulle caratteristiche degli edifici, quali tipologia fondazionale, presenza di piani interrati, tipologia costruttiva (muratura, cemento armato ecc.) e dimensione della luce dei solai, che consentano di determinare le modalità di propagazione della sorgente vibratoria nell'edificio;
  2. la specificità di risposta di ogni edificio in termini di amplificazione o attenuazione del livello di vibrazione, nel campo di frequenze di interesse. Tale specificità rende difficile estendere il risultato ottenuto su di un edificio agli edifici circostanti, tranne nel caso di evidente somiglianza (tipologia di struttura verticale, numero di piani, tipologia di orizzontamento, anno di costruzione, stato di conservazione).
- Nell'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza  $d$  (cfr. paragrafo 3.3.), l'esponente  $n$  varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni; ai fini dell'analisi dei livelli massimi, si è proceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l'esponente  $n$  a 0.5.
  - Relativamente ai parametri legati alle caratteristiche geodinamiche del terreno interessato dal progetto (terreno di tipo consolidato), il fattore di perdita del terreno (fattore di smorzamento) è posto uguale a 0.04, mentre per la velocità di propagazione delle onde si è assunto un valore pari a 300 m/s.
  - Le macchine da cantiere sono assunte come sorgenti puntuali e come relativi livelli di riferimento sono stati utilizzati quelli misurati a distanza di 5 m dal centro della sorgente.
  - Al fine di considerare la condizione più critica in termini di emissione delle vibrazioni, per ciascuna fase/attività di cantiere, è stato considerato il funzionamento contemporaneo di tutte le macchine in corrispondenza del ciglio esterno delle varie aree di intervento, procedendo a sommare i singoli contributi emissivi in bande di un terzo di ottava, ed adottando la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614 (Vd. paragrafo 2.2.). Si presume infatti che la popolazione si troverà esposta indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della giacitura dei soggetti, che ovviamente non è predeterminabile in quanto variabile nel corso delle 24 ore.

- Relativamente al limite da non superare per non indurre disturbo, si assume a scopo cautelativo il valore di 77 dB per gli edifici abitativi in periodo diurno ai sensi della UNI 9614, in quanto in periodo notturno non è prevista attività di cantiere.

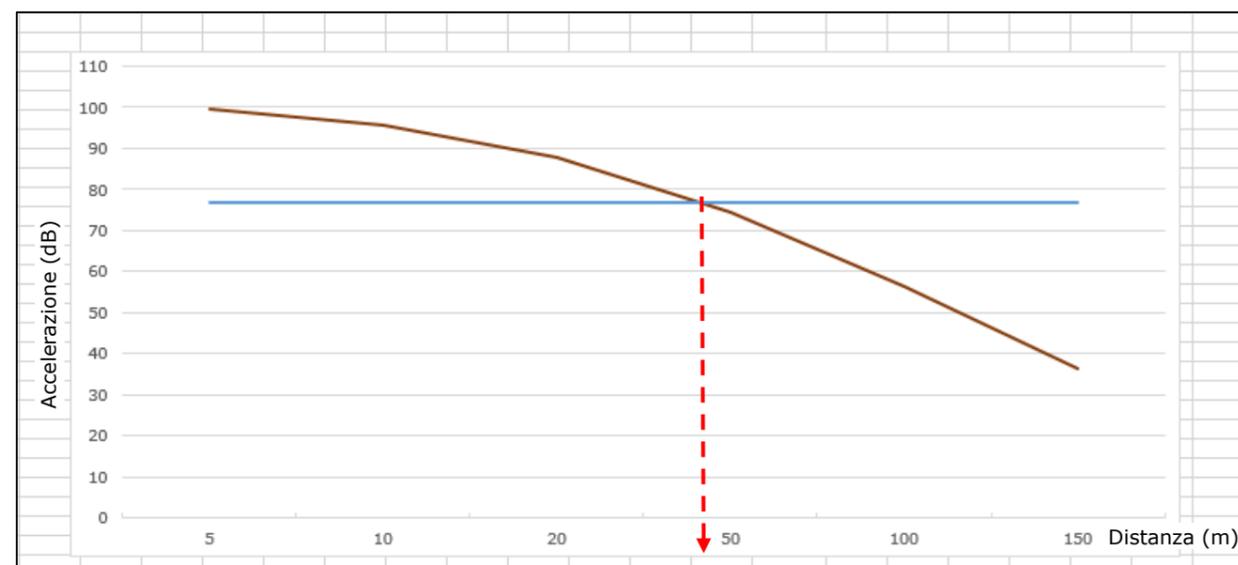
Sono di seguito riportati, per ciascuna fase/attività di cantiere esaminata, la tipologia di macchine utilizzate, la rappresentazione grafica dei calcoli derivanti dall'applicazione del modello sopra descritto con la relativa distanza di impatto, ed uno stralcio planimetrico con individuazione dell'area di interesse e dei ricettori interessati (come riferimento si rimanda agli elaborati planimetrici dei ricettori ed alle schede di censimento elaborati per lo studio acustico).

Si precisa infine che stante l'indisponibilità di dati sperimentali per tutti i macchinari presenti nel cantiere in esame, si è proceduto utilizzando quelli di macchine in grado di trasmettere al terreno sollecitazioni di simile entità, ma di cui sia noto lo spettro.

**Realizzazione Viadotto VI.001**

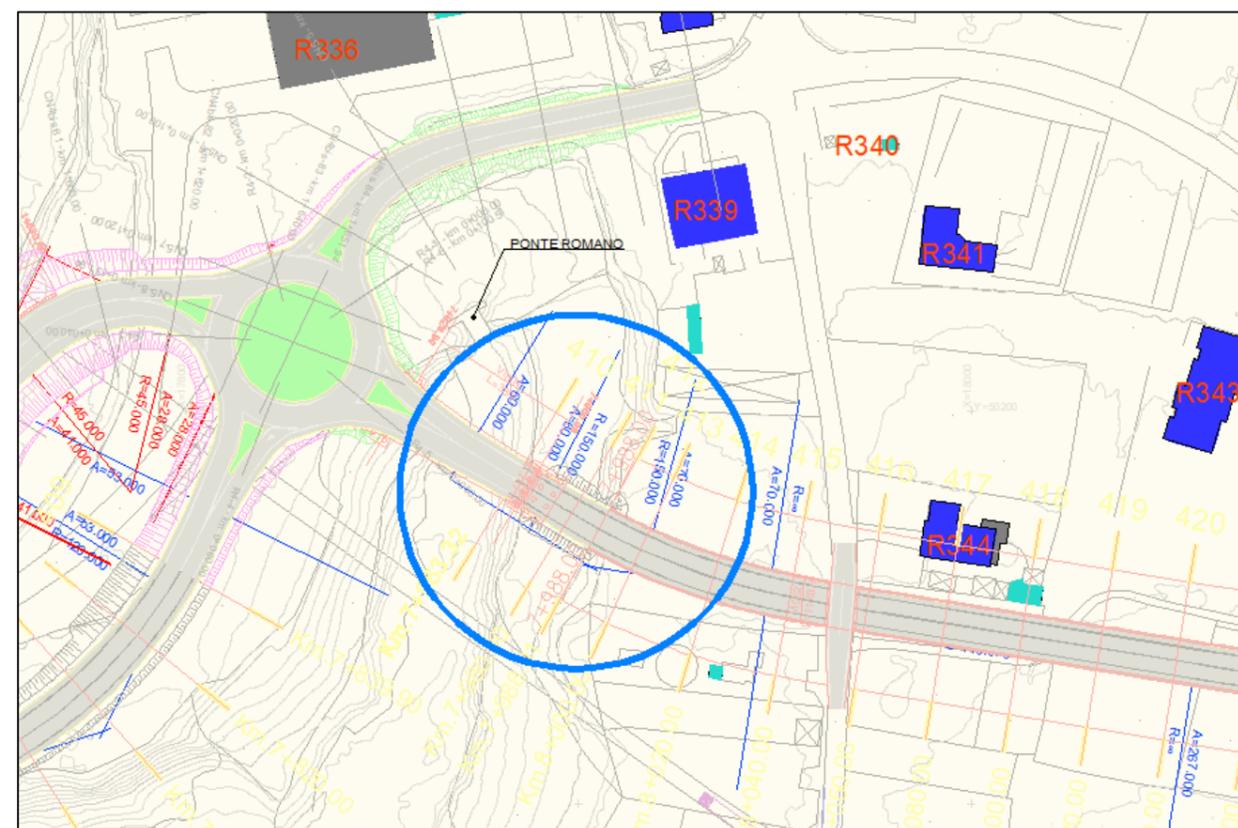
Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Trivella		Martello idraulico
Escavatore cingolato	x	
Autobetonpompa		Autocarro
Pala cingolata	x	
Gru		Escavatore cingolato
Autocarro	x	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

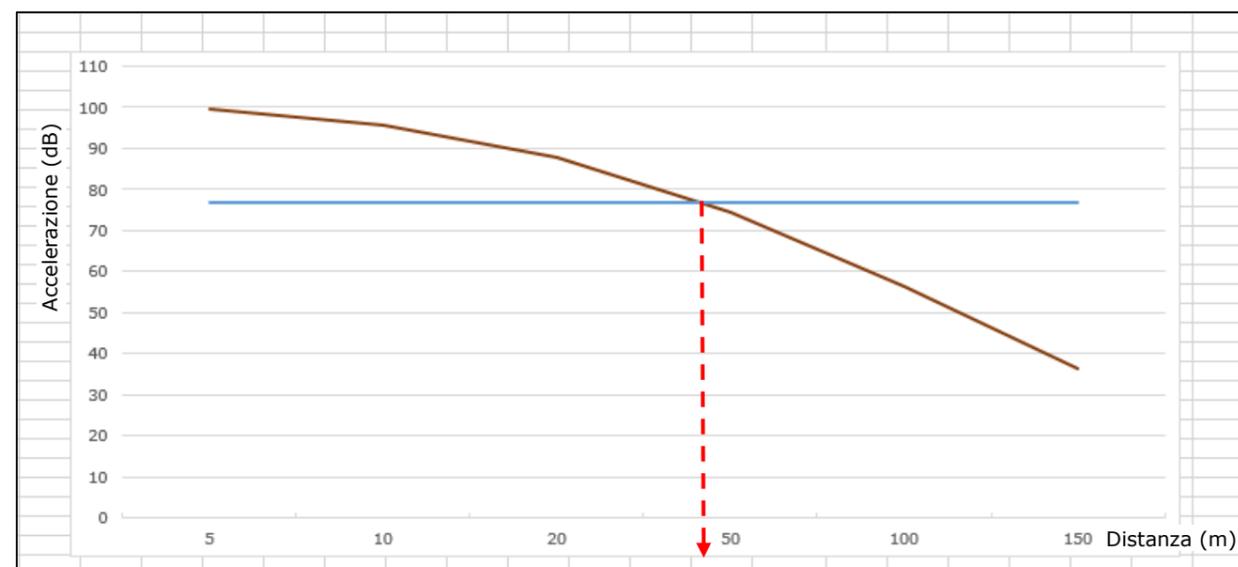
Per la realizzazione di questa opera, si stima che il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 45 m. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione della linea di riferimento dei 77 dB, da cui si evince che la realizzazione dell'opera non produrrà disturbo ai ricettori ubicati nell'area di intervento.



**Realizzazione Galleria Artificiale GA.001**

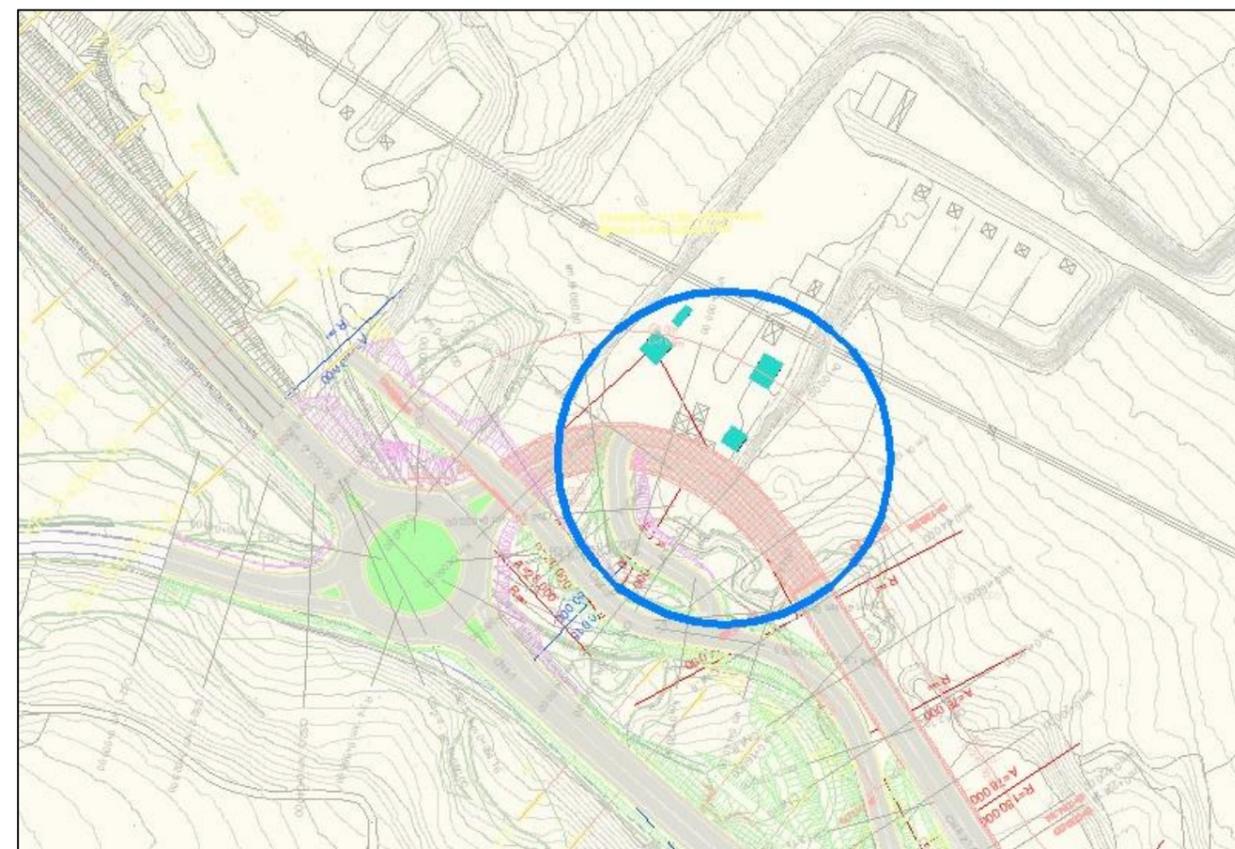
Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Trivella		Martello idraulico
Escavatore cingolato	x	
Autobetonpompa		Autocarro
Pala cingolata	x	
Gru		Escavatore cingolato
Autocarro	x	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

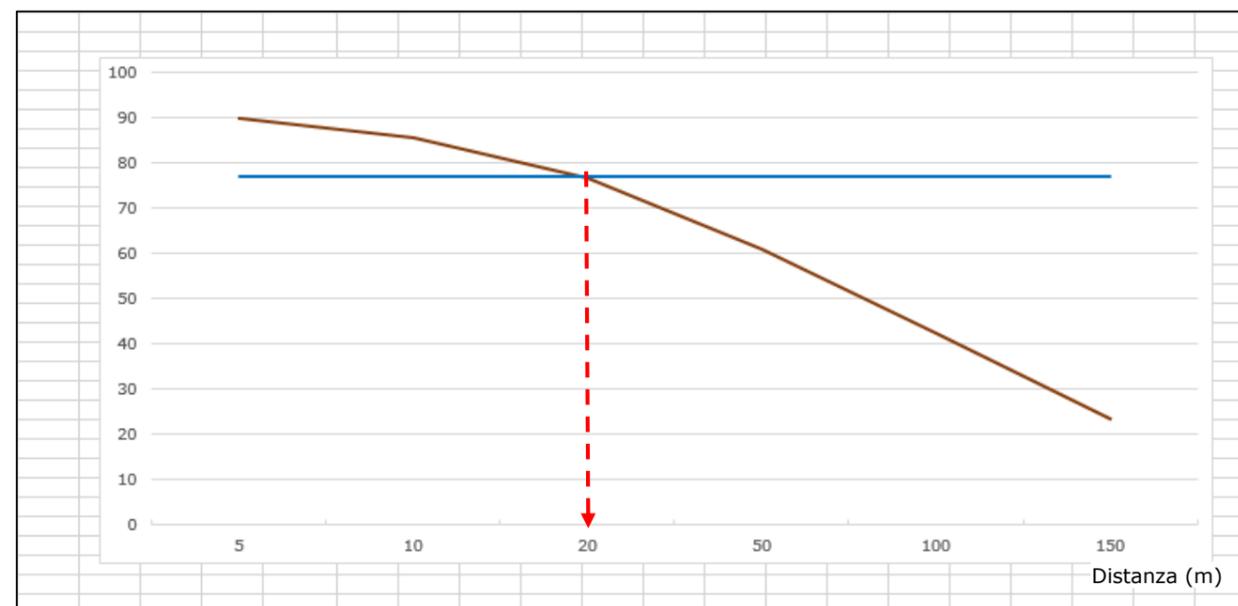
Per la realizzazione di questa opera, si stima che il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 45 m. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione della linea di riferimento dei 77 dB, da cui si evince che la realizzazione dell'opera comporterà un potenziale disturbo in corrispondenza di alcuni ricettori, i quali sono tuttavia classificati come ruderi.



**Realizzazione Sottovia Scatolare ST.001**

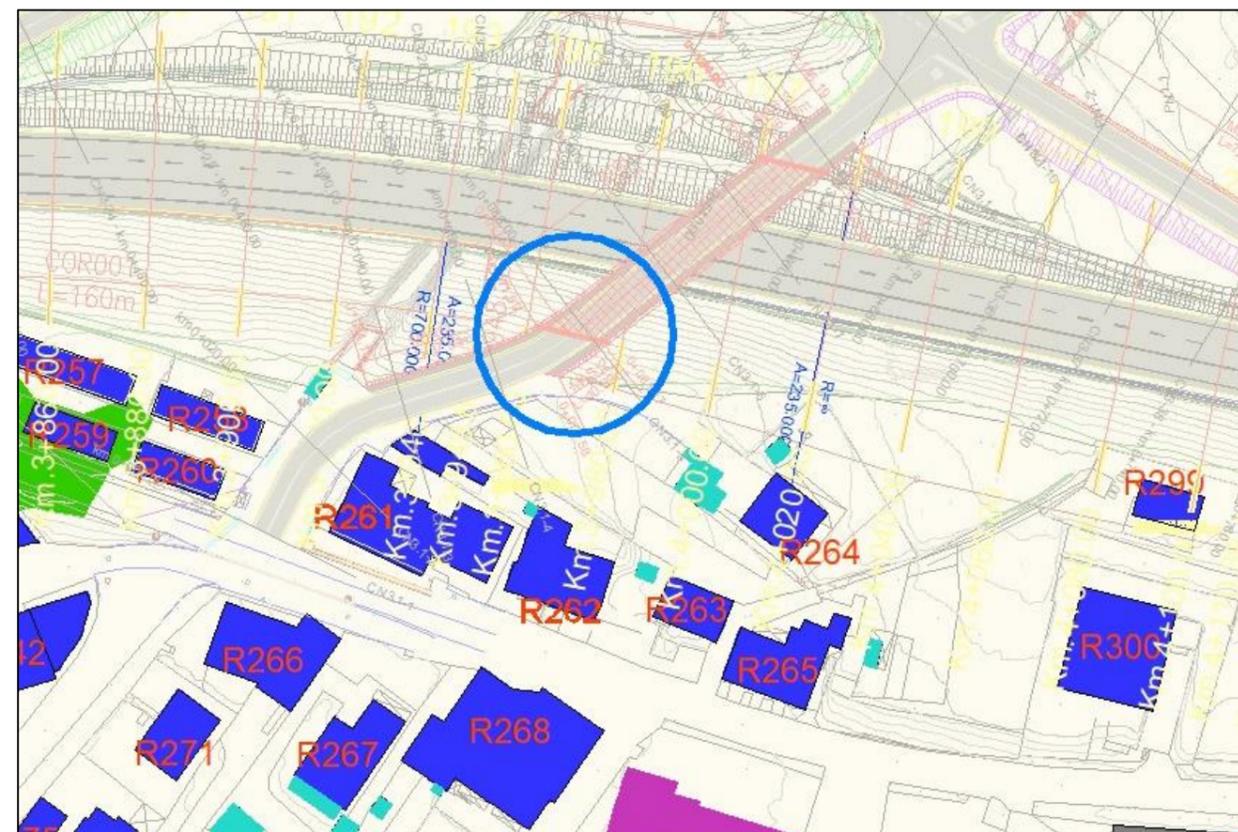
Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Escavatore cingolato	x	
Pala cingolata	x	
Gru		Escavatore cingolato
Autocarro	x	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

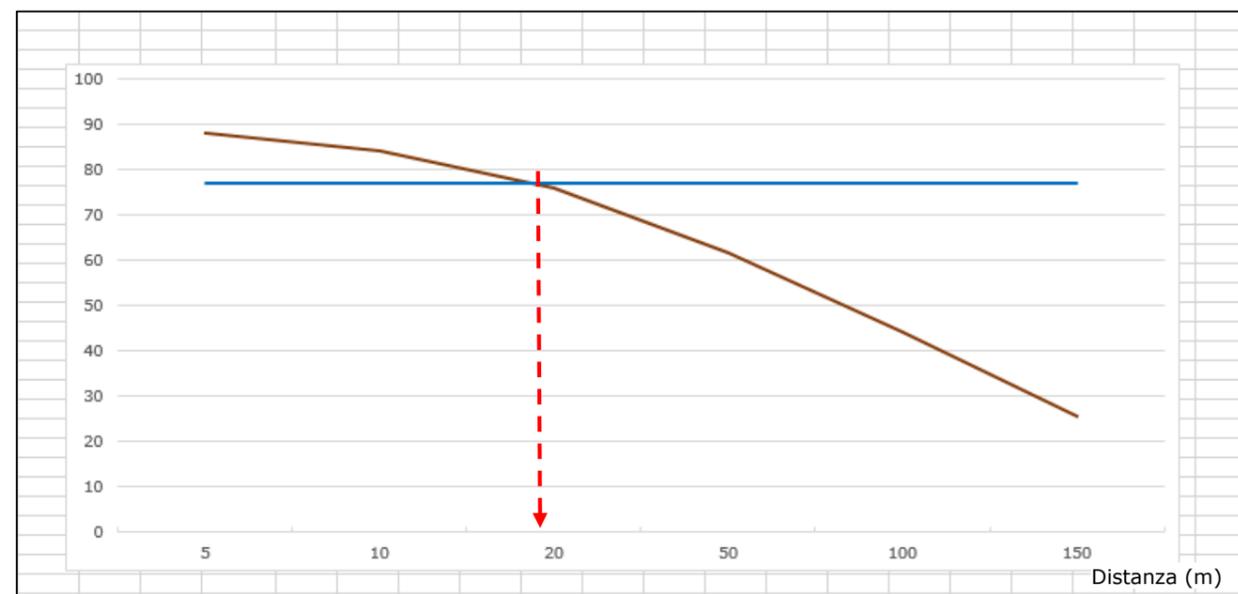
Per la realizzazione di questa opera, si stima che il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 20 m. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione della linea di riferimento dei 77 dB, da cui si evince che la realizzazione dell'opera non produrrà disturbo ai ricettori ubicati nell'area di intervento.



**Realizzazione Sottovia Scatolare ST.002**

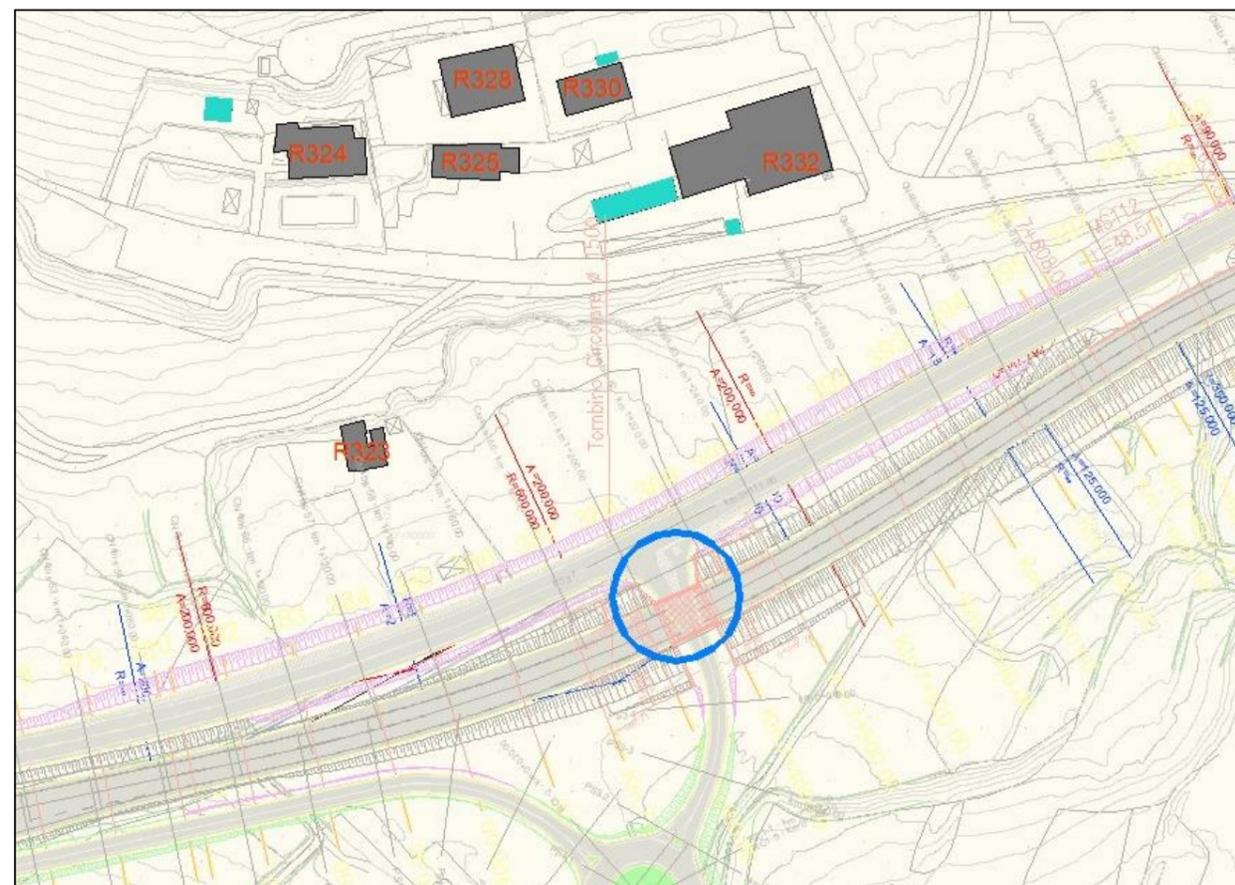
Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Escavatore cingolato	X	
Autobetonpompa		Autocarro
Pala cingolata	X	
Autocarro	X	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

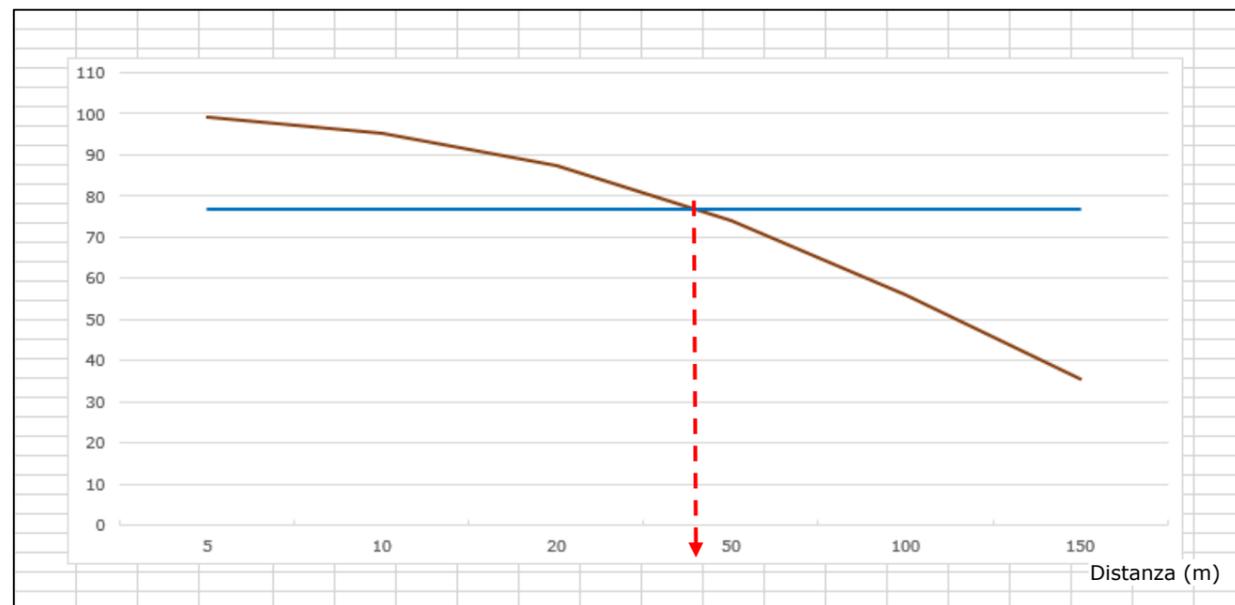
Per la realizzazione di questa opera, si stima che il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 18 m. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione della linea di riferimento dei 77 dB, da cui si evince che la realizzazione dell'opera non produrrà disturbo ai ricettori ubicati nell'area di intervento.



**Realizzazione Ponticello al Km 8+063**

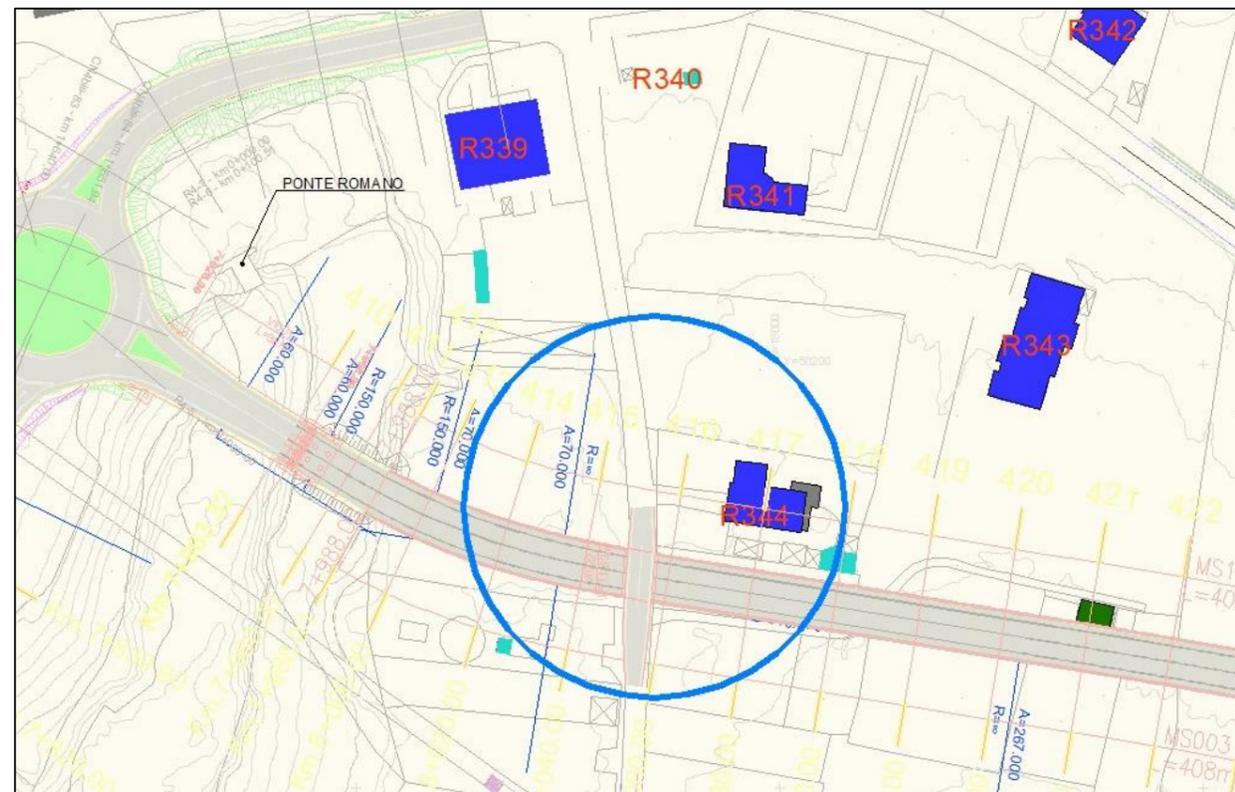
Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Trivella		Martello idraulico
Escavatore cingolato	X	
Pala cingolata	X	
Gru		Escavatore cingolato
Autocarro	X	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

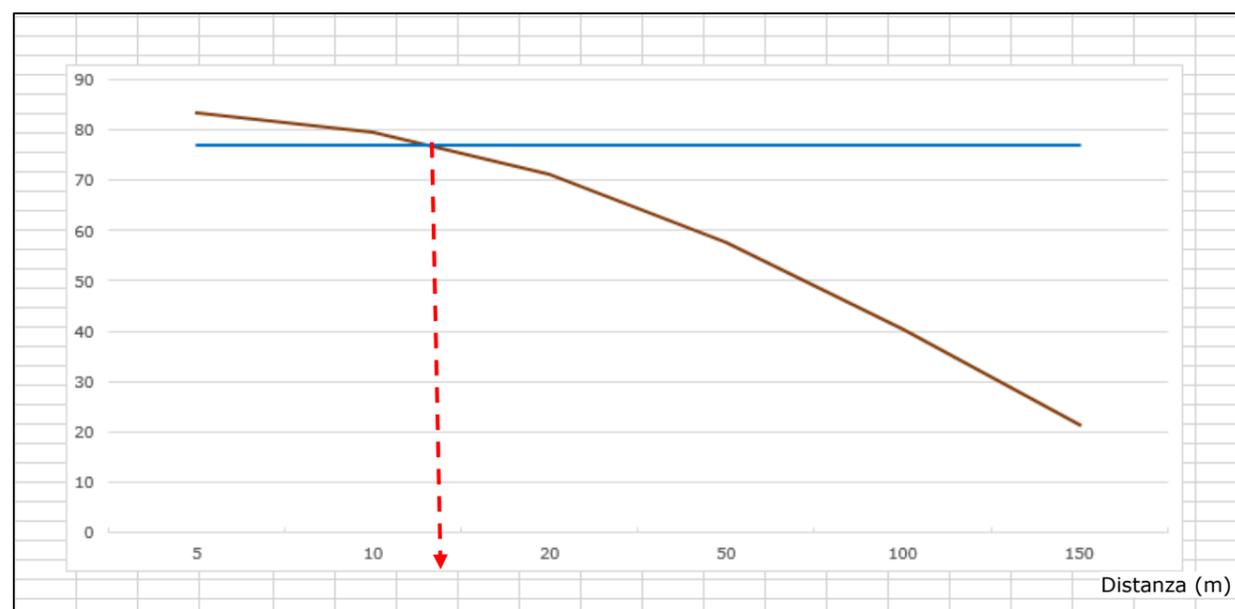
Per la realizzazione di questa opera, si stima che il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 45 m. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione della linea di riferimento dei 77 dB, da cui si evince che la realizzazione dell'opera produrrà un potenziale disturbo in corrispondenza del ricettore abitativo R344.



**Attività di carico e scarico c/o cantiere ALFA**

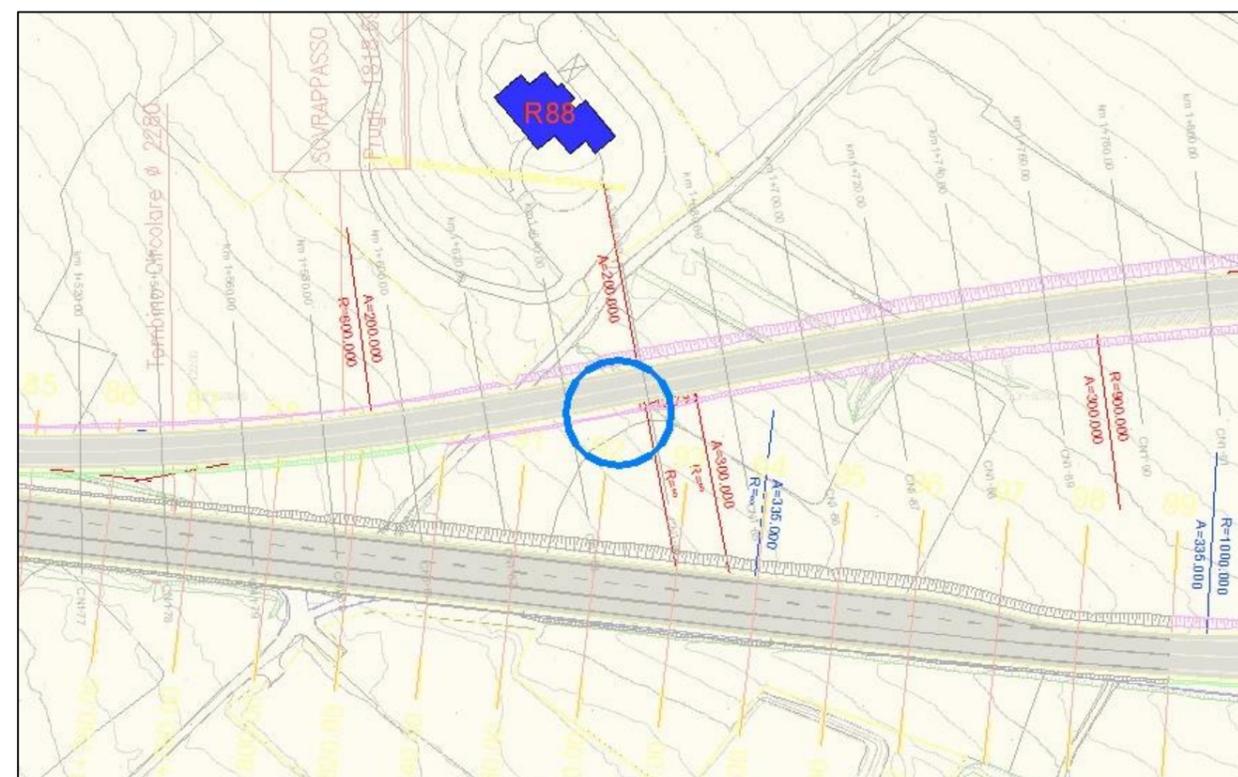
Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Pala cingolata	X	
Autocarro	X	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

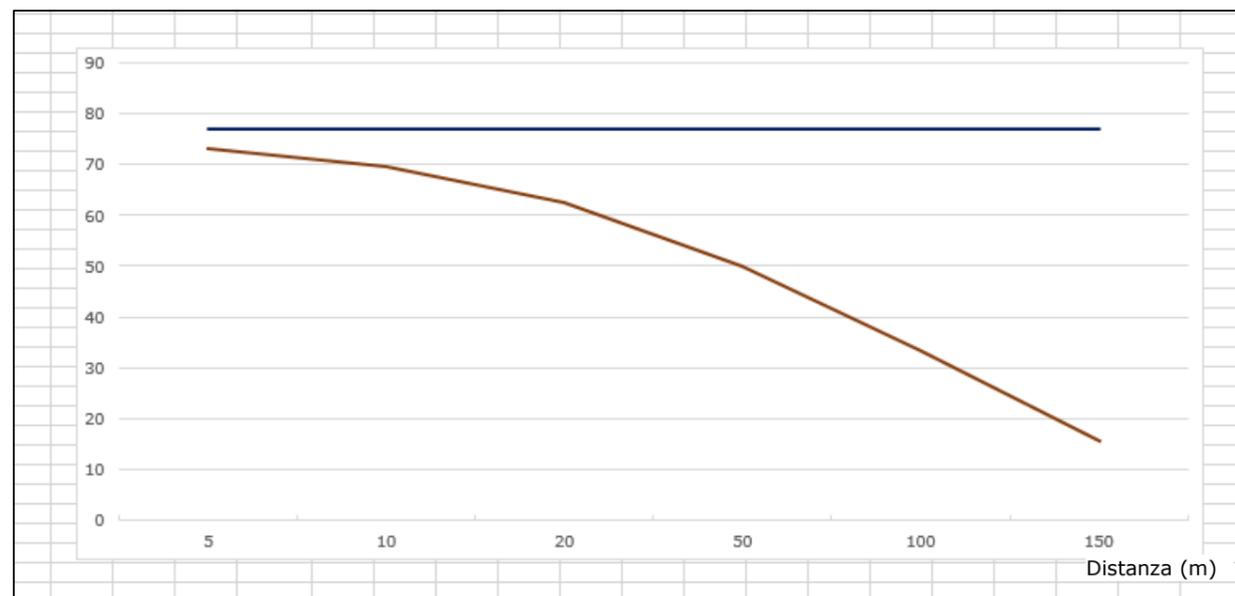
Per la realizzazione di questa opera, si stima che il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 13 m. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione della linea di riferimento dei 77 dB, da cui si evince che la realizzazione dell'opera non produrrà disturbo ai ricettori ubicati nell'area di intervento.



### Viabilità dei mezzi di cantiere

Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Autocarro	x	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



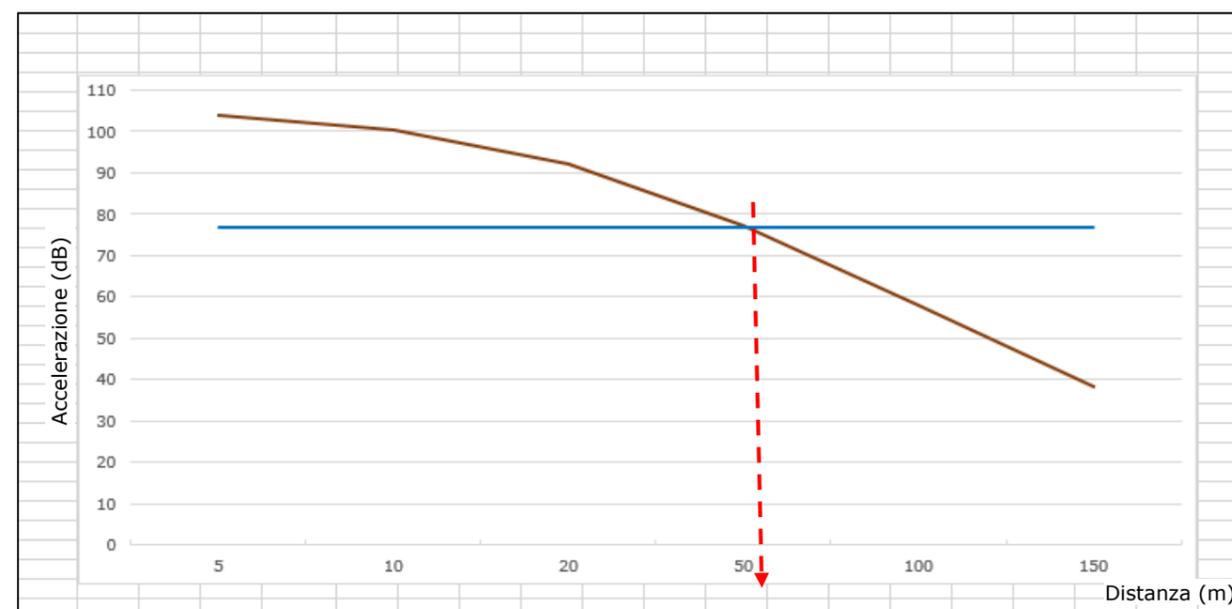
— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

Per tale fase si stima che il limite di 77 dB non viene praticamente mai superato, in quanto la curva di decadimento delle vibrazioni stimate, risulta sempre inferiore alla curva dei valori limite.

### Allargamento della sede stradale, realizzazione di svincoli, complanari, rotoarie e pavimentazione

Mezzi presenti	Dati disponibili	Assimilazioni
Escavatore cingolato	x	
Pala cingolata	x	
Autocarro	x	
Finitrice		Rullo di compattazione
Rullo di compattazione	x	

Si riporta di seguito l'andamento della curva di decadimento delle vibrazioni emesse dalle macchine al variare della distanza.



— Livelli stimati — Valore limite (UNI 9614)

A differenza della realizzazione delle opere d'arte, che sono interventi da realizzarsi in aree ben definite e circoscritte, le fasi lavorative in oggetto interesseranno sostanzialmente tutto il tracciato, e di conseguenza il cantiere opererà lungo tutto il fronte stradale. Durante l'avanzamento del fronte del cantiere quindi, alcune fasi lavorative saranno eseguite inevitabilmente in vicinanza a ricettori, e si prevede che per alcuni di questi, in particolare laddove si renda specificatamente necessario

l'utilizzo di attrezzature particolarmente vibranti (trivella, pala, rullo di compattazione, ecc.), possa essere superato il limite raccomandato dalla norma UNI 9614.

Si stima che per tali lavorazioni il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 55 m dal ciglio esterno delle varie aree di intervento dove via via avanzerà il fronte dei lavori.

### 3.5. MISURE DI MITIGAZIONE

Da quanto finora esposto, si prevede che le lavorazioni mediante utilizzo di attrezzature particolarmente vibranti (trivella, pala, rullo di compattazione, ecc.), possono comportare dei superamenti del limite raccomandato dalla norma UNI 9614 in corrispondenza di ricettori posti in prossimità delle aree di intervento.

Al contrario di quanto avviene negli studi di impatto acustico, non esistono modelli previsionali affidabili né metodologie consolidate di progettazione delle opere di mitigazione delle vibrazioni; al fine di mantenere l'impatto da vibrazioni prodotto dalle varie attività di cantiere al di sotto della soglia di sensibilità umana, e quindi di evitare potenziale disturbo alle persone, l'impresa esecutrice deve adottare le seguenti misure e procedure operative durante le lavorazioni:

- assicurarsi che il cantiere si doti di tutti gli accorgimenti utili al contenimento delle vibrazioni prodotte, sia con l'impiego delle più idonee attrezzature operanti in conformità alle direttive CE, che tramite idonea organizzazione dell'attività, in particolar modo quando le lavorazioni mediante utilizzo di attrezzature particolarmente vibranti (trivella, pala, rullo di compattazione, ecc.), siano eseguite a distanze inferiori a 55 m dai ricettori;
- dare preventiva informazione alle persone potenzialmente disturbate dalle vibrazioni prodotte dal cantiere su tempi e modi di esercizio, data di inizio e fine dei lavori;
- preferire l'utilizzo di mezzi gommati a quelli cingolati, in quanto i pneumatici essendo meno rigidi dei cingoli, assorbono maggiormente le vibrazioni, limitandone il trasferimento al terreno;
- mantenere in perfetto stato di efficienza le macchine operatrici, con particolare riferimento agli ammortizzatori;
- eseguire le misurazioni strumentali previste dal PMA durante le fasi lavorative più critiche, e segnalare tempestivamente eventuali superamenti dei limiti raccomandati dalle norme, in maniera tale da modificare le lavorazioni con altre a minore impatto da vibrazioni;
- eseguire le lavorazioni, in particolare quelle a maggior impatto da vibrazioni (es. utilizzo di rulli vibranti, pale, escavatori, ecc.) all'interno di fasce orarie tali da non arrecare disturbo alle persone (es. prima delle ore 7, oppure tra le ore 13 e le ore 15);
- durante le fasi di trasporto del materiale, e più in generale durante il transito dei mezzi pesanti da cantiere, rispettare il limite di velocità massima di 10 Km/h.

#### **4. CONCLUSIONI**

Nel presente studio è stato valutato l'impatto da vibrazioni in fase di cantiere relativamente al progetto *S.S. 17 DELL'APPENNINO ABRUZZESE ED APPULO-SANNITICO TRONCO ANTRODOCO-NAVELLI - ADEGUAMENTO TRATTO S. GREGORIO-S. PIO DELLE CAMERE DAL KM 45+000 AL KM 58+000.*

In base a quanto finora esposto, al fine di mantenere l'impatto da vibrazioni prodotto dalle varie attività di cantiere al di sotto dei limiti raccomandati dalla norma UNI 9614, e quindi di evitare potenziale disturbo alle persone, l'impresa esecutrice deve adottare idonee misure e procedure operative durante le lavorazioni, come precedentemente specificato.