



# Presidenza del Consiglio dei Ministri

Dipartimento di Protezione Civile

Struttura di Missione - D.P.C.M. 15 Giugno 2007 O.P.C.M. 19 Marzo 2008



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**Assessorato dei Lavori Pubblici**

UFFICIO DEL COMMISSARIO DELEGATO  
**Dott. Guido BERTOLASO**

STRUTTURA DI MISSIONE  
**Dott. Ing. Raniero FABRIZI**

## REVISIONI

N°	data	redatto	contr.	approv.	Motivo della revisione
0	08/08/08	Cardinali	Marchettini	Policicchio	Emissione
1					
2					
3					

PROG. N° B279.A.001

DIS. N°

DATA 21/11/2008

SCALA ---

**NUOVA STRADA TIPO B (4 CORSIE)  
SASSARI - OLBIA**  
(SVINCOLO S.S. 131 BIVIO PLOAGHE - S.S. 597 - S.S. 199)

**PROGETTO PRELIMINARE**  
**STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE**

TITOLO :

**Vol. 9 Quadro Riferimento Ambientale  
Rumore e vibrazioni  
Relazione tecnica**

ALLEGATO  
N°

IL PROGETTISTA

A.T.I.:



**C. LOTTI & ASSOCIATI**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA

**STUDIO ASSOCIATO**  
Ing. F. COCCO / Ing. P.A. TROMBINO

**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO VIABILITÀ**

**PROGETTO PRELIMINARE DELLA NUOVA STRADA  
TIPO B (4 CORSIE) SASSARI – OLBIA  
(SVINCOLO S.S. 131 BIVIO PLOGAGHE – S.S. 597 – S.S. 199)**

**STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE  
AI SENSI DEL D. LGS. 152/06 COSÌ COME MODIFICATO IN BASE AL D.LGS 4/2008**

**VOL. 9**

**RUMORE E VIBRAZIONI**

N° PROGETTO: <b>B279.A.001</b>			N° ALLEGATO:		
0	08/08/2008	EMISSIONE	CARDINALI	MARCHETTINI	POLICICCHIO
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

## INDICE

INDICE .....	1
<b>1. RUMORE E VIBRAZIONI .....</b>	<b>2</b>
1.1 PREMessa.....	2
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
1.2.1 Rumore .....	3
1.2.1.1 D.P.C.M. 1 marzo 1991.....	3
1.2.1.2 La Legge Quadro –Legge n. 447 del 26.10.1995.....	5
1.2.1.3 D.P.C.M. 14 novembre 1997.....	6
1.2.1.4 D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142 .....	7
1.2.1.5 Deliberazione della Giunta Regione Sardegna 8 Luglio 2005 n. 30/9.....	12
1.2.2 Vibrazioni .....	13
1.2.2.1 Disturbo alle persone.....	13
1.2.2.2 Effetti delle vibrazioni sugli edifici .....	18
1.3 SITUAZIONE ATTUALE .....	20
1.3.1 Predisposizione bozza di classificazione acustica.....	20
1.3.1.1 Metodologia adoperata .....	22
1.3.1.2 Individuazione delle zone di classe I.....	24
1.3.1.3 Individuazione delle zone di classe V e VI.....	26
1.3.1.4 Individuazione delle zone di classe II, III e IV .....	26
1.3.2 Rilevamenti acustici ante operam.....	28
1.3.3 Sorgenti inquinanti .....	29
1.3.3.1 Traffico stradale .....	29
1.3.3.2 Traffico ferroviario.....	32
1.3.4 Ricettori.....	35
1.4 VALUTAZIONE DEI LIVELLI SONORI IN FASE DI ESERCIZIO .....	36
1.4.1 Il modello di simulazione adottato .....	36
1.4.2 Scenario di traffico veicolare .....	39
1.4.3 I risultati delle simulazioni effettuate .....	41
1.5 GLI INTERVENTI DI PROTEZIONE ACUSTICA.....	44
1.5.1 Pavimentazioni stradali fonoassorbenti .....	45
1.5.2 Barriere antirumore .....	47
1.5.3 Gli interventi di mitigazione previsti .....	49
1.6 ANALISI SULL'IMPATTO DA VIBRAZIONI .....	52

## **1. RUMORE E VIBRAZIONI**

### **1.1 PREMESSA**

La seguente relazione ha lo scopo di individuare a livello di progetto preliminare, con maggiore approfondimento rispetto i contenuti riportati nello Studio di prefattibilità ambientale, tutte quelle criticità che vengono indotte nel territorio durante e a seguito la realizzazione della nuova infrastruttura relativamente ai fattori ambientali rumore e vibrazioni.

La caratterizzazione dei fattori ambientali, l'individuazione delle aree sul territorio a maggiore sensibilità e la successiva valutazione degli impatti sia nella fase di cantiere sia nella fase di esercizio, sono stati perseguiti attraverso il seguente percorso di lavoro:

1. selezione ed elencazione della normativa di riferimento connessa alle problematiche legate all'inquinamento da rumore e da vibrazioni in ambiente esterno;
2. caratterizzazione del clima acustico esistente mediante il reperimento delle classificazioni acustiche dei Comuni interessati dall'intervento e all'esecuzione di appositi rilevamenti fonometrici distribuiti lungo l'attuale tracciato esistente;
3. individuazione delle situazioni di maggiore sensibilità e criticità mediante apposita realizzazione di carte contenenti sia elementi di progetto che elementi territoriali (centri abitati, ricettori sensibili, aree protette, viabilità stradale e ferroviaria

- esistente, etc.) e l'esecuzione di specifici sopralluoghi e censimento dei ricettori sul campo;
4. valutazione degli impatti indotti sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio mediante l'utilizzo di apposite e mirate simulazioni modellistiche (per il rumore) per quelli scenari territoriali in cui si sono rinvenute le maggiori sensibilità ai fattori in esame; a riguardo la parte relativa la trattazione della fase di cantiere è completamente riportata nel volume 13 del SIA – Cantierizzazione.
  5. dimensionamento acustico degli interventi di mitigazione (barriere antirumore) necessarie a risolvere le situazioni di criticità emerse lungo il tracciato di progetto ed elencazione degli ulteriori sistemi di compensazione/abbattimento degli impatti previsti in tutte le altre situazioni o a livello generale.

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 1.2.1 Rumore

#### 1.2.1.1 D.P.C.M. 1 marzo 1991

Il 1/3/1991 è stato emanato il D.P.C.M. dal titolo "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno". Il Decreto opera una suddivisione del territorio in 6 classi, da definirsi a cura di ciascun comune, considerando la destinazione urbanistica e le condizioni geomorfologiche del territorio al fine di definire dei limiti di tollerabilità per ciascuna delle classi anzidette. L'indice atto a caratterizzare la rumorosità è il Livello continuo equivalente ponderato secondo la curva A (sinteticamente LAeq), rilevato utilizzando un microfono, dotato di cuffia antivento, posizionato ad una altezza pari a 1.50 metri di altezza dal terreno, orientato verso la sorgente specifica e ad una distanza tale da non risentire dell'influenza di qualsiasi superficie riflettente.

Nell'allegato "B" del Decreto vengono riportati i limiti massimi di rumorosità ammessa in funzione della destinazione d'uso del territorio; essi sono:

classe	Destinazione d'uso del territorio	LAeq rif. diurno	LAeq. rif. notturno
I	Aree particolarmente protette	50 dB(A)	40 dB(A)
II	Aree prevalentemente residenziali	55 dB(A)	45 dB(A)
III	Aree di tipo misto	60 dB(A)	50 dB(A)
IV	Aree di intensa attività umana	65 dB(A)	55 dB(A)
V	Aree prevalentemente industriali	70 dB(A)	60 dB(A)
VI	Aree esclusivamente industriali	70 dB(A)	70 dB(A)

Come si desume dalla tabella nel periodo notturno (dalle 22.00 alle 6.00) i limiti di rumorosità delle classi I-V vengono ridotti di 10 dB(A).

Per quanto concerne la presenza di componenti impulsive o tonali, la metodologia non differisce da quella proposta dalla norma UNI 1996 che in definitiva attua una penalizzazione di 3 dB(A) sia per il rumore impulsivo che per le componenti tonali.

L'applicabilità dei limiti suddetti è subordinata alla zonizzazione del territorio, che compete ai singoli Comuni. In attesa che essi provvedano a tale incombenza, valgono comunque i limiti provvisori basati sulla zonizzazione urbanistica.

In particolare essi sono:

Zonizzazione	L <sub>Aeq</sub> rif. diurno	L <sub>Aeq</sub> rif. notturno
Tutto il territorio nazionale	70 dB(A)	60 dB(A)
Zona A D.M. 1444/68	65 dB(A)	55 dB(A)
Zona B D.M. 1444/68	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona esclusivamente industriale	70 dB(A)	70 dB(A)

Le aree residenziali di completamento sono usualmente classificate in zona B, mentre i centri storici sono in zona A.

Per la classificazione delle zone A e B si fa riferimento al D.M. 2 aprile 1968, art. 2:

**Zona A** - Le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico e di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi comprese le aree circostanti che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi.

**Zona B** - Le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate diverse dalle zone A; si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta dagli edifici esistenti non sia inferiore al 12,5% (un ottavo) della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore a 1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Va infine precisato che, per la misurazione del rumore ambientale, il Decreto distingue chiaramente fra sorgenti sonore fisse e sorgenti mobili. Per queste ultime il livello equivalente va misurato (o calcolato) relativamente all'intera durata del periodo di riferimento considerato (diurno e notturno), mentre per le sorgenti fisse la misura va limitata all'effettiva durata del fenomeno rumoroso. Questo fatto è estremamente importante nel caso del rumore prodotto dal passaggio di autoveicoli, treni, tram o anche degli aerei, costituito da sporadici eventi molto rumorosi: se la misura andasse effettuata nel breve intervallo in cui il mezzo sta passando, si verificherebbero livelli sonori estremamente alti (anche dell'ordine di 70-80 dB(A)), mentre in questo modo tale rumorosità viene "distribuita" sull'intera durata del periodo diurno o notturno.

Oltre ai limiti assoluti, di cui si è ampiamente riferito sopra, il D.P.C.M. 1 marzo 1991 prevede anche limiti di tipo differenziale: nessuna sorgente sonora specifica può portare ad un innalzamento della rumorosità superiore a 5 dB diurni e 3 dB notturni, misurati negli ambienti abitativi, a finestre aperte. Normalmente si assume che, sebbene a rigore tale verifica andrebbe effettuata all'interno delle abitazioni, il rispetto del limite differenziale

verificato all'esterno degli edifici sia garanzia sufficiente anche per il rispetto di tale limite all'interno.

In base alle definizioni riportate nell'allegato A al D.P.C.M. si evince che il criterio differenziale può essere applicato solo a specifiche sorgenti disturbanti, e non alla "rumorosità d'insieme" in un certo sito.

#### 1.2.1.2 La Legge Quadro –Legge n. 447 del 26.10.1995

La Legge quadro sull'inquinamento acustico, definisce tutta la materia dell'inquinamento da rumore nell'ambiente esterno; per la sua caratteristica di Legge quadro rimanda a numerosi decreti di attuazione che definiscono nello specifico le modalità di effettuazione delle misure e i limiti da rispettare.

Rispetto al D.P.C.M. del 1991 vengono disciplinate sia le sorgenti sonore fisse che quelle mobili. All'articolo 2 della Legge in oggetto vengono descritte analiticamente le sorgenti definite fisse (nel dettaglio impianti ed installazioni industriali, infrastrutture, parcheggi, depositi di mezzi di trasporto, e le aree adibite ad attività sportive e ricreative), mentre per quelle mobili si deve attuare una valutazione per esclusione rispetto alla definizione di sorgente fissa.

Con l'emanazione della Legge 447/95 viene ampliato e in parte modificato, l'aspetto normativo dell'inquinamento acustico ambientale; oltre a prendere in considerazione l'aspetto delle sorgenti mobili, viene modificata in parte, la modalità del riconoscimento delle componenti tonali e impulsive, la valutazione in ambienti confinati (introducendo i rilievi a finestre aperte e chiuse) nonché l'introduzione del concetto di difesa passiva dal rumore mediante la definizione dei requisiti acustici dei materiali impiegati in edilizia.

La Legge definisce:

- limiti di emissione, intesi come i valori massimi che possono essere emessi da una qualsiasi sorgente sonora, sia fissa che mobile, misurati in prossimità della sorgente stessa;
- limiti di immissione, intesi come i valori massimi che possono essere immessi nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, dal complesso delle sorgenti sonore considerate, misurati in prossimità dei ricettori. Essi si distinguono in valori limite assoluti (riferiti al rumore risultante "dall'insieme di tutte le sorgenti" sonore attive nell'ambiente) e differenziali (riguardano la differenza tra il rumore ambientale, ovvero il livello di pressione sonora prodotta da tutte le sorgenti acustiche esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo, ed il rumore residuo, rappresentato dal livello di pressione sonora che si rileva dopo l'esclusione delle specifiche sorgenti sonore considerate).

Significativa è l'introduzione del Tecnico competente, figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori definiti dalle vigenti norme, redigere piani di risanamento, nonché a svolgere le attività di controllo.

La Legge quadro inoltre, ha esteso la portata degli studi di impatto acustico oltre l'ambito previsto dalla normativa sulla valutazione d'impatto ambientale, introducendo il concetto che, oltre ai fini della richiesta di concessione edilizia, il progetto deve essere accompagnato da uno studio acustico che persegue in definitiva due obiettivi:

- prevedere l'impatto che il progetto determinerà sul territorio circostante sia per l'impianto di attrezzature rumorose, sia per il traffico veicolare indotto;
- verificare che il clima acustico esistente nella determinata area sia compatibile alla realizzazione di una costruzione ad elevata sensibilità al rumore (quali ospedali, scuole etc.).

Nel dettaglio i soggetti titolari dei progetti o delle opere predispongono una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, alla modifica o al potenziamento, tra le altre, delle seguenti opere:

- strade di tipo A (autostrade),
- B (strade extraurbane principali),
- C (strade extraurbane secondarie),
- D (strade urbane di scorrimento),
- E (strade urbane di quartiere)
- F (strade locali),

secondo la classificazione di cui al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 e successive modificazioni.

La documentazione per gli studi di impatto acustico dovrà essere conforme a quanto stabilito dalle singole regioni sulla base dei criteri stabiliti dalla Regione.

La piena applicazione della nuova disciplina è subordinata al verificarsi di specifici adempimenti, che ne rinviando in concreto l'efficacia, ovvero:

- a) all'emanazione di appositi D.P.C.M. che fissino i limiti di accettabilità delle emissioni sonore per le varie sorgenti considerate;
- b) all'emanazione delle leggi regionali che stabiliscano i criteri ai quali i comuni dovranno conformarsi per la classificazione acustica del proprio territorio;
- c) alla zonizzazione del territorio comunale;
- d) alla predisposizione dei piani comunali di risanamento.

Fino all'avvenuta adozione di tali provvedimenti, continuano ad essere applicate le disposizioni contenute nel D.P.C.M. 1° marzo 1991, nelle parti residue dopo la sentenza di illegittimità costituzionale n. 517/1991 e non in contrasto con i principi della legge quadro.

### 1.2.1.3 D.P.C.M. 14 novembre 1997

Il Decreto in attuazione alla Legge quadro 447/95, determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione e di qualità.

I limiti di emissione sono anch'essi definiti in funzione della classe di destinazione d'uso del territorio, e sono in pratica sempre inferiori di 5 dB rispetto ai relativi limiti di immissione.

Il Decreto tuttavia non precisa nel dettaglio a quale distanza dalla sorgente sonora deve essere verificato il limite di emissione (normative di altri Paesi della Comunità Europea definiscono più precisamente il livello di emissione).

I limiti di immissione sono gli stessi già indicati dal DPCM 1 marzo 1991, così come la definizione delle classi di destinazione d'uso del territorio. Inoltre, in attesa che i comuni provvedano all'attribuzione di tali classi, si adottano i limiti provvisori previsti dal DPCM 1 marzo 1991.

Per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime e le sorgenti di cui all'articolo 11 comma 1 della Legge 447/95, non si applicano all'interno delle fasce di pertinenza, individuate dai relativi decreti attuativi, i valori limite assoluti di immissione. All'esterno di tali fasce le infrastrutture in oggetto concorrono indubbiamente al raggiungimento dei suddetti valori.

La non applicabilità dei valori entro le fasce di pertinenza ha ragion di essere solo per le infrastrutture stesse, tutte le altre sorgenti presenti devono rispettare i limiti definiti dalla Legge.

Vengono ribaditi i valori limite differenziali di immissione di 5 dB diurni e 3 dB notturni, validi all'interno delle abitazioni; tali valori tuttavia non si applicano nelle aree classificate nella classe VI all'allegato A del decreto in oggetto.

Inoltre l'applicazione del criterio differenziale non riguarda alcune sorgenti, tra cui, le infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime).

Nel dettaglio i valori limite assoluti di immissione risultano:

Classi di destinazioni d'uso del territorio		Limiti massimi e tempi di riferimento	
		diurno (6-22)	notturno (22-6)
I	aree particolarmente protette	50	40
II	aree prevalentemente residenziali	55	45
III	aree di tipo misto	60	50
IV	aree di intensa attività umana	65	55
V	aree prevalentemente industriali	70	60
VI	aree esclusivamente industriali	70	70

#### 1.2.1.4 D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142

Il Decreto stabilisce le norme per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento derivante da rumore originato dal traffico veicolare.

Il provvedimento completa il quadro di regolamentazione del rumore derivante dai mezzi di trasporto (gli altri decreti hanno regolamentato l'inquinamento acustico originato da aeromobili, traffico ferroviario e dalle attività motoristiche).

L'inquinamento dovuto al traffico stradale è una delle cause predominanti dell'inquinamento acustico con conseguenze che portano disturbi del sonno, danni uditivi o fisiologici (prevalentemente cardiovascolari) e difficoltà di comunicazione.

In maniera analoga al D.P.R. 459 che regola il traffico ferroviario vengono definite diverse fasce di pertinenza entro le quali non si attuano i valori limite definiti del D.P.C.M. 14 novembre 1997 ma si attua una differenziazione in base alla tipologia della strada.

Il decreto in oggetto nel definire il campo di applicazione fa riferimento alla classificazione delle strade descritta nel decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, "Nuovo codice della strada" e, attua una distinzione tra strade esistenti e di nuova realizzazione.

Le strade vengono definite in riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

A Autostrade

strada extraurbana o urbana a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia, eventuale banchina pavimentata a sinistra e corsia di emergenza o banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso e di accessi privati, dotata di recinzione e di sistemi di assistenza all'utente lungo l'intero tracciato, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore e contraddistinta da appositi segnali di inizio e fine. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio ed aree di parcheggio, entrambe con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione

B Strade extraurbane principali

strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia e banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso, con accessi alle proprietà laterali coordinati, contraddistinta dagli appositi segnali di inizio e fine, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore; per eventuali altre categorie di utenti devono essere previsti opportuni spazi. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio, che comprendano spazi per la sosta, con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione.

C Strade extraurbane secondarie

strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine.

D Strade urbane di scorrimento

strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed un'eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate; per la sosta sono previste apposite aree o fasce laterali esterne alla carreggiata, entrambe con immissioni ed uscite concentrate.

E Strade urbane di quartiere

strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.

F Strade locali

strada urbana o extraurbana non facente parte degli altri tipi di strade.

F bis Strade locali

strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada

I valori limite di immissione stabiliti dal presente decreto sono verificati, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, in conformità a quanto disposto dal decreto del Ministro dell'ambiente in data 16 marzo 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1° aprile 1998, e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

Per le infrastrutture di nuova realizzazione il proponente l'opera individua i corridoi progettuali che possano garantire la migliore tutela dei ricettori presenti all'interno della fascia di studio di ampiezza pari a quella di pertinenza, estesa ad una dimensione doppia in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo mentre per quanto riguarda le infrastrutture esistenti i valori limite di immissione definiti nel decreto dovranno essere conseguiti mediante attività pluriennale di risanamento come da decreto del Ministro dell'ambiente in data 29 novembre 2000. L'attività di risanamento dovrà considerare come interventi prioritari quelli riguardanti ricettori sensibili quali scuole ospedali e case di riposo.

I limiti per le varie tipologie di strade di nuova realizzazione sono i seguenti:

Tipo	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza	Scuole <sup>1</sup> , ospedali, case di cura e riposo		Altri ricettori	
			diurno	notturno	diurno	notturno
A-Autostrada		250	50	40	65	55
B-Extraurbana principale		250	50	40	65	55

<sup>1</sup> Per le scuole vale solo il limite diurno

C-Extraurbana secondaria	C <sub>a</sub>	250	50	40	65	55
	C <sub>b</sub>	150	50	40	65	55
D-Urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E-Urbana di quartiere		30			*	
F-Locale		30				

Note:

C<sub>a</sub> strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980;

C<sub>b</sub> tutte le strade extraurbane secondarie;

\* definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.

I limiti per le varie tipologie di strade esistenti sono i seguenti:

Tipo	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza	Scuole <sup>2</sup> , ospedali, case di cura e riposo		Altri ricettori	
			diurno	notturno	diurno	notturno
A-Autostrada		A 100			70	60
		B 150	50	40	65	55
B-Extraurbana principale		A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
C-Extraurbana secondaria	C <sub>a</sub>	A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
	C <sub>b</sub>	A 100	50	40	70	60
		B 50			65	55
D-Urbana di scorrimento	D <sub>a</sub>	100	50	40	70	60
	D <sub>b</sub>	100			65	55
E-Urbana di quartiere		30				
F-Locale		30			*	

Note:

C<sub>a</sub> strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980;

C<sub>b</sub> tutte le strade extraurbane secondarie;

D<sub>a</sub> strade a carreggiate separate e interquartiere;

D<sub>b</sub> tutte le strade urbane a scorrimento

\* definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.

La discriminazione circa la decisione di considerare l'infrastruttura in oggetto come esistente o di nuova realizzazione va fatta facendo riferimento all'articolo 2 del DPR n° 142 che definisce il campo di applicazione attuando la seguente differenziazione:

*Art. 2. Campo di applicazione*

*Le disposizioni di cui al presente decreto si applicano:*

<sup>2</sup> Per le scuole vale solo il limite diurno

- a) alle infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;
- b) alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Per chiarire le definizioni di cui sopra, e quindi inserire l'infrastruttura nella classificazione a), o b) si rimanda alle definizioni di interesse:

- b) **infrastruttura stradale esistente**: quella effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale e' stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- c) **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);
- d) **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;
- e) **affiancamento di infrastrutture stradali di nuova realizzazione a infrastrutture stradali esistenti**: realizzazione di infrastrutture parallele a infrastrutture esistenti o confluenti, tra le quali non esistono aree intercluse non di pertinenza delle infrastrutture stradali stesse;
- h) **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;

L'infrastruttura in oggetto, secondo le disposizioni dell'ANAS dovrà essere considerata come "Strada esistente o assimilabile –ampliamenti in sede affiancamenti e varianti".

In base alle disposizioni di cui sopra pertanto, per l'infrastruttura in progetto (classificata come extraurbana principale), dovranno essere considerate due fasce di pertinenza consecutive con larghezza ciascuna pari a metri 100 per la prima a partire dal confine stradale e pari a metri 150 per la successiva.

Il rispetto dei limiti sia all'interno delle fasce di pertinenza che all'esterno, sono verificati in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori. Qualora i limiti anzidetti non possano essere tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzii l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti all'interno dei fabbricati:

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

Il Decreto all'Art. 1 –Definizione alla lettera l) definisce ricettori:

*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;*

Come si evince dal testo sopra il Decreto definisce ricettori anche le aree naturalistiche vincolate anche non ammettendo presenza di ricettori quali abitazioni; il progetto della nuova strada oggetto della seguente relazione attraversa tra l'altro una vasta area definita quale S.I.C. (Sito di Interesse Comunitario), che presenta a tutti gli effetti dei precisi e dettagliati vincoli.

#### 1.2.1.5 Deliberazione della Giunta Regione Sardegna 8 Luglio 2005 n. 30/9

La Deliberazione 30/9 abroga la precedente 34/71 pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna in data 3.12.2002, che ha colmato il notevole ritardo accumulato rispetto ai tempi definiti dalla Legge 447/95.

Parte integrante della Deliberazione è il Documento Tecnico che definisce e regola:

- i criteri per la classificazione acustica del territorio;
- la metodologia operativa;
- la zonizzazione in prossimità di aeroporti;
- l'individuazione delle aree destinate a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, nonché le procedure autorizzative;
- l'ottimizzazione e verifica del progetto di zonizzazione;
- la procedura e i tempi di approvazione del Piano di classificazione acustica;
- il risanamento del territorio comunale;
- i criteri e le procedure per la redazione della documentazione di impatto e clima acustico.

I criteri definiti dal documento tecnico su citato sono stati considerati quale riferimento per l'indicazione della classe acustica cui appartiene l'area di studio. Di seguito viene specificata la procedura di approvazione del Piano di classificazione acustica valida per i comuni interessati.

L'adozione da parte dei comuni si articola in diverse fasi:

- predisposizione della prima bozza definitiva di zonizzazione;
- approvazione e adozione con provvedimento amministrativo del Comune;
- pubblicazione sull'Albo pretorio;
- trasmissione della bozza all'ARPAS e ai Comuni limitrofi per eventuali osservazioni;
- trasmissione alla Provincia della bozza definitiva di zonizzazione con la richiesta di parere;

- approvazione del Piano di classificazione acustica con provvedimento amministrativo del Comune.

Per i Comuni con popolazione inferiore ai 30.000 abitanti non risulta necessario convocare un Comitato Tecnico per la richiesta di eventuali pareri ed osservazioni.

La trasmissione della prima bozza di zonizzazione all'ARPAS e alle amministrazioni comunali limitrofe dovrà avvenire entro quindici giorni dalla data di adozione della stessa al fine di prendere atto di eventuali osservazioni che dovranno essere formulate entro il termine perentorio di quarantacinque giorni dal ricevimento della documentazione.

L'Amministrazione provinciale entro 90 giorni dal ricevimento della richiesta di nulla osta, dovrà formulare all'Amministrazione comunale richiedente le proprie valutazioni sotto forma di parere da inviarsi contestualmente alla Regione. In questa fase, dovrà essere valutata in modo particolare la coerenza ai vigenti strumenti urbanistici di pianificazione sovraordinati al livello comunale e, che siano rispettate in fase di progettazione le linee guida regionali e non vi siano eventuali incongruenze che possano emergere dal confronto con le zonizzazioni effettuate dai comuni limitrofi.

Eventuali modifiche apportate dall'Amministrazione comunale, a seguito delle indicazioni date dalla Provincia in sede di rilascio di parere, dovranno essere formalmente comunicate all'Assessorato Regionale della Difesa dell'Ambiente.

L'Amministrazione comunale trascorsi 30 giorni dall'acquisizione del parere favorevole da parte della Provincia, senza che i competenti Uffici della Regione si siano formalmente pronunciati in merito (silenzio-assenso), attraverso Deliberazione del Consiglio comunale approva e adotta il piano di classificazione acustica del proprio territorio.

## **1.2.2 Vibrazioni**

### **1.2.2.1 Disturbo alle persone**

Per gli aspetti normativi, si ricorda che a tutt'oggi non esiste in Italia una legge quadro sulle vibrazioni che stabilisca dei valori limite per il disturbo, per cui ci si deve riferire unicamente alle norme tecniche (è normato solamente il fenomeno vibratorio sul luogo di lavoro).

I metodi di misura per la valutazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero negli edifici sono definite dalle norme ISO 2631/2 del 2003.

La UNI 9614 del 1990 si basa sulla norma generale ISO 2630/1 del 1974 più volte revisionata e definitivamente modificata nel 1997.

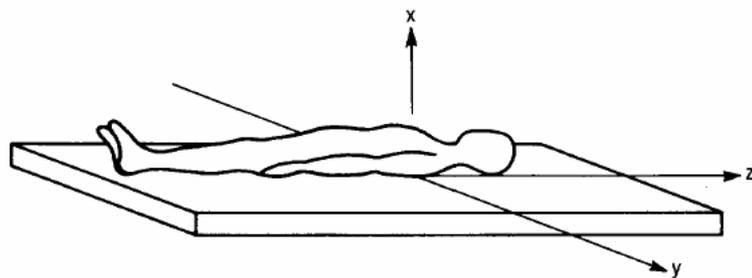
Per tale ragione l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione ha provveduto ad elaborare il progetto di norma nell'anno 2000 e definitivamente ha affiancato alla UNI 9614 la UNI 11048 nell'anno 2003.

Nelle norme citate vengono definiti i metodi di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi, al fine di valutare il disturbo arrecato ai soggetti esposti.

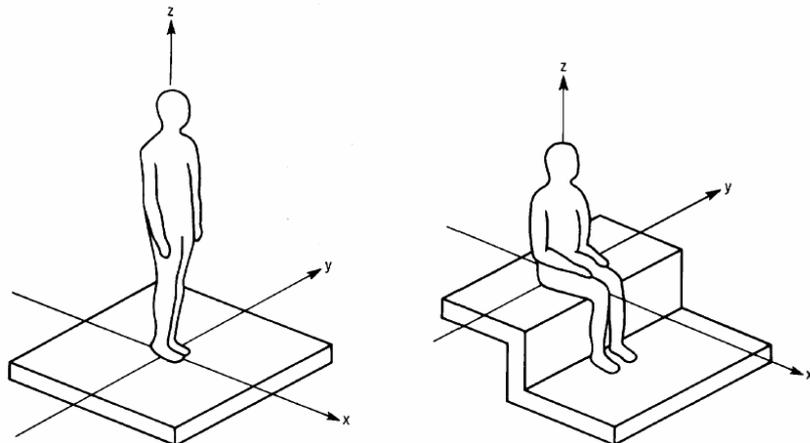
Per l'effettuazione della valutazione va adottato un sistema di coordinate riferito all'edificio e non al corpo umano. I rilievi delle vibrazioni verticali, orizzontali e trasversali vanno eseguiti preferibilmente simultaneamente.

A questo proposito, la sensibilità umana è variabile con la frequenza, e dipende dall'asse cartesiano considerato rispetto al riferimento relativo al corpo umano.

Le curve di sensibilità umana sono codificate dalle norme, rispetto ai sistemi di riferimento per persone sdraiate, sedute o in piedi, riportato nelle seguenti figure:

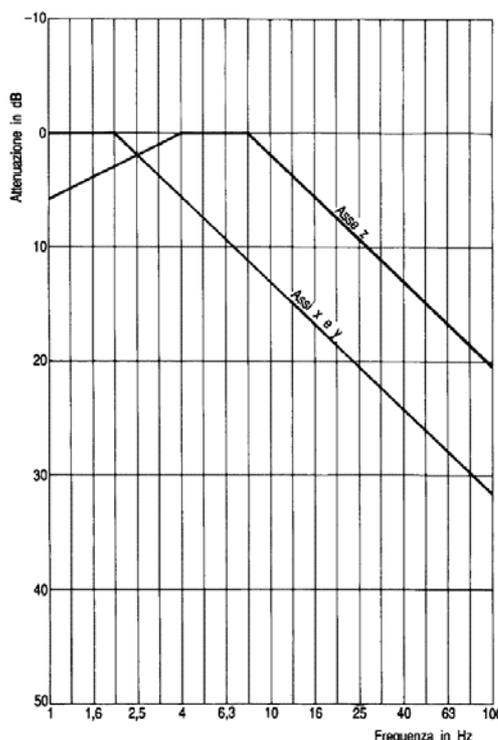


*Sistema cartesiano di riferimento per persona coricata*



*Sistema cartesiano di riferimento per persona in piedi o seduta*

La successiva figura mostra l'andamento spettrale delle curve di ponderazione da applicare al segnale di accelerazione rilevato, onde rendere equivalente la percezione umana alle varie frequenze.



Curva di ponderazione assi X, Y (linea 1) e asse Z (linea 2).

Nel caso oggetto di studio, tuttavia, il possibile ricettore si troverà esposto indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della sua giacitura, che non è, ovviamente, predeterminata e risulta variabile nel corso delle 24 ore.

In tali casi, la norma UNI 11048 prevede l'impiego di una curva di ponderazione per asse generico (o meglio, per asse non definibile),  $W_m$  la cui definizione matematica è contenuta nell'allegato A della ISO 2631/2 2003.

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, sia i valori di velocità che quelli di accelerazione vengono valutati sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

$$L_{acc}=20 \lg [ a/a_0 ] \quad L_{vel}=20 \lg [ v/v_0 ]$$

Nelle quali compaiono i valori di riferimento (ISO 1683)  $a_0 = 0.001 \text{ mm/s}^2$  e  $v_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mm/s}$ .

Nella tabella seguente sono specificati i valori di ponderazione delle componenti per bande di 1/3 di ottava: i fattori vanno moltiplicati per le componenti dell'accelerazione espresse in  $\text{mm/s}^2$ , i guadagni vanno sommati ai livelli delle componenti dell'accelerazione espressi in dB.

Frequenza	$W_m$		Frequenza	$W_m$	
	fattore	guadagno		fattore	guadagno
1	0.8329	-1.59	10	0.4941	-6.12
1.25	0.9071	-0.85	12.5	0.4114	-7.71

1.6	0.9342	-0.59	16	0.3375	-9.44
2	0.9319	-0.61	20	0.2738	-11.25
2.5	0.9101	-0.82	25	0.2203	-13.14
3.15	0.8721	-1.19	31.5	0.176	-15.09
4	0.8184	-1.74	40	0.1396	-17.10
5	0.7496	-2.50	50	0.1093	-19.23
6.3	0.6692	-3.49	63	0.08336	-21.58
8	0.5819	-4.70	80	0.06036	-24.38

Tabella riepilogativa della ponderazione del filtro  $W_m$

Sia la norma UNI 9614 che la UNI 11048 prevedono di valutare il livello complessivo di accelerazione ponderata nell'intervallo da 1 ad 80 Hz; se il segnale disturbante è caratterizzato da una emissione concentrata entro una singola banda di 1/3 di ottava, è sufficiente correggere il valore misurato applicando la correzione riportata in tabella (ad esempio essa vale -19.23 dB a 50 Hz). Se viceversa lo spettro è continuo ed esteso a più bande, occorre anzitutto calcolare il livello di accelerazione corretto a ciascuna frequenza, di seguito le componenti ponderate ( $a_{w,i}$ ) vanno sommate tra loro in termini quadratici al fine di ottenere l'accelerazione ponderata in frequenza ( $a_w$ ), secondo la relazione:

$$a_w = [\sum_i (a_{w,i})^2]^{0.5}$$

Se le componenti per bande di 1/3 di ottava sono espresse in dB, ai livelli delle singole componenti ( $L_{w,i}$ ) vanno sommati i guadagni riportati nella tabella sopra. Il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza ( $L_w$ ) è dato da:

$$L_w = 10 \log \sum_i 10^{0.1 L_{w,i}}$$

dove  $L_{w,i}$  sono i livelli equivalenti delle componenti per bande di 1/3 di ottava ponderati in frequenza.

Le vibrazioni, in alternativa, possono essere rilevate direttamente. In questo caso va utilizzato uno strumento dotato del filtro di ponderazione combinato  $W_m$ , impiegando la costante di tempo slow.

Può essere utile memorizzare tale valore nel tempo (time history) con elevata frequenza di campionamento, per meglio analizzare il fenomeno e comprendere la sua propagazione.

Si ottiene in tal modo l'accelerazione ponderata in frequenza ( $L_w$ ) oppure il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza ( $L_w$ ).

Tali grandezze vanno rilevate impiegando la costante di tempo slow. Va considerato inoltre, il valore massimo raggiunto nel corso della misura. Tale metodo, definito dalla norma ISO 2631-1 del 1997, è denominato "running r.m.s."

Per la valutazione delle vibrazioni si considera il valore più elevato dei tre valori rilevati sui tre assi, ossia il valore massimo determinato sull'asse dominante (in genere quello verticale). La UNI 11048 definisce per l'appunto l'asse Z quale asse principale.

La UNI 11048 non definisce limiti di riferimento per l'accettabilità del disturbo all'interno delle abitazioni, per cui bisogna riferirsi ai valori, corrispondenti ad un valore del livello di accelerazione complessiva, ponderata secondo asse generico, contenuti nell'appendice A della UNI 9614 (che tuttavia non costituisce parte integrante della norma).

La norma definisce limiti di accettabilità diversi per fabbriche, uffici, aree critiche ed edifici residenziali.

La norma attua una differenziazione per i valori limite delle accelerazioni rilevati rispetto all'asse Z e rispetto agli assi X,Y; questi ultimi più restrittivi rispetto ai primi.

In particolare, i valori e i livelli limite delle accelerazioni ponderate in frequenza secondo assi generici sono: 83 dB per gli uffici e 89 dB per le fabbriche.

Per le abitazioni risulta essere pari a 74 dB per il periodo notturno. La norma stabilisce inoltre che, per edifici residenziali, nel periodo diurno sono ammissibili livelli di vibrazioni superiori (77 dB anziché 74). Per le aree critiche è previsto un solo limite del valore pari a 71 dB.

Nel caso di valutazione eseguite prendendo in considerazione la postura generica, e quindi ponderazione secondo il filtro  $W_m$ , si dovranno tenere in considerazione i valori limite per gli assi X e Y.

Nella tabella seguente sono definiti nel dettaglio i valori limite in oggetto.

	$a \text{ m/s}^2$	$L \text{ dB}$
Aree critiche	$3.6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni (notte)	$5.0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (giorno)	$7.2 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14.4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28.8 \cdot 10^{-3}$	89

*Valori e livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per postura generica UNI 9614*

Tale limite è da intendersi riferito al livello di accelerazione (ponderata per asse generico) rilevata sul pavimento degli edifici, quindi in presenza dei fenomeni di attenuazione/amplificazione propri dell'edificio stesso; i livelli di accelerazione al suolo tali da non indurre il superamento del valore limite all'interno degli edifici dovranno essere più bassi di alcuni dB.

### 1.2.2.2 Effetti delle vibrazioni sugli edifici

Per gli aspetti normativi, si ricorda che a tutt'oggi non esiste in Italia una legge quadro sulle vibrazioni che stabilisca dei valori limite, per cui ci si deve riferire unicamente alla normativa tecnica.

Per quanto riguarda le indicazioni relative alla salvaguardia degli edifici, i primi criteri proposti intorno agli anni 1960, imponevano le stesse limitazioni valide per il corpo umano in relazione al disturbo alle persone.

Successivamente a seguito di studi più approfonditi per merito di Zeller, si è definito il danno sulle strutture al variare del parametro *intensità di vibrazione*  $\chi$ , parametro proporzionale alla potenza trasmessa all'unità di massa durante un quarto di periodo, funzione dell'ampiezza  $A$ , della frequenza  $f$  e dell'accelerazione  $a$  secondo le relazioni:

$$\chi = a^2/f = 16\pi^4 a^2 f^3$$

Nella tabella seguente si riporta la classificazione degli effetti sugli edifici in funzione della classe di vibrazione ad opera dello stesso Zeller

$\chi \text{ cm}^2/\text{s}^3$	Classe di vibrazione	Effetto sull'edificio
1÷10	Leggere	Nessun pericolo
10÷100	Medie	Nessun pericolo
100÷1000	Efficaci	Danni leggeri, fessure
1000÷10000	Forti	Lesioni ai muri principali
10000÷100000	Molto forti	Possibile crollo

La normativa tedesca sulle vibrazioni nelle costruzioni -effetti sui manufatti- (DIN 4150) invece, fissa la variabilità dei danni al variare della velocità limite di vibrazione  $V_{lim}$ , calcolata riguardo le velocità rispetto alle tre differenti direzioni ortogonali:

$$V_{lim} = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$$

Considerando una classificazione di massima, la norma considera quattro differenti categorie di effetto:

Velocità limite (mm/s)	Danno
< 2,5	Nessuno
2,5 ÷ 6	Molto improbabile
6 ÷ 10	Improbabile
> 10	Possibile

Inoltre la stessa prende in considerazione per un maggior dettaglio, il valore limite della velocità di vibrazione al variare della frequenza, della tipologia degli edifici e del punto di analisi effettuata (fondazione, pavimento, piano alto).

La tabella seguente riporta la classificazione:

tipi di strutture	Velocità di vibrazione in mm/s			
	Misura alla fondazione			Misura al
	Campo di frequenza (Hz)			pavimento dell'ultimo piano
	<10	10 ÷ 50	50 ÷ 100	Frequenze diverse
Edifici utilizzati per scopi commerciali, edifici industriali e simili	20	20 ÷ 40	40 ÷ 50	40
Edifici residenziali e simili	5	5 ÷ 15	15 ÷ 20	15
Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3 ÷ 8	8 ÷ 10	8

La normativa italiana con la UNI 9916 del 1991 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici” ha in effetti regolamentato il problema delle vibrazioni prendendo come riferimento la norma ISO 4866.

Negli ultimi anni il problema ha assunto sempre maggior importanza sia in considerazione anche della differente tecnologia costruttiva dei fabbricati moderni sia in relazione alle nuove e differenti fonti generatrici di vibrazione (attività di cantiere, mine, traffico di diverso tipo), ha portato lo stesso Ente normativo a revisionare la UNI 9916 ampliando e dettagliando meglio le singole questioni. La norma di riferimento assunta come modello è sempre la ISO 4866 –seconda edizione.

Questa oltre a definire le caratteristiche generali del fenomeno e la metodologia per la loro misura, nell'appendice riporta alcune norme di altri Enti normativi al fine di definire dei valori di riferimento.

Per una maggiore comprensione si riportano di seguito le definizioni riportate nella UNI 9513:

- **Edificio:** costruzione qualsiasi classificabile secondo le tre categorie seguenti:
  - costruzioni industriali e costruzioni strutturalmente simili;
  - costruzioni residenziali e costruzioni strutturalmente simili;
  - costruzioni che, per la loro sensibilità particolare alle vibrazioni, non rientrano nella classificazione delle prime due categorie o sono di grande valore intrinseco (per esempio edifici monumentali soggetti a tutela).
  
- **Danno architettonico (o di soglia):** Effetto residuo delle vibrazioni che determina alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità

strutturale o la sicurezza degli occupanti. Il danno architettonico si presenta in molti casi con la formazione o l'accrescimento di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o sulle superfici intonacate o nei giunti di malta delle costruzioni in mattoni.

- **Danno maggiore:** Effetto che si presenta con formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (per esempio fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti).

La norma considera che le caratteristiche dei fenomeni vibratorii che possono interessare un edificio variano in modo sostanziale in funzione della natura della sorgente di eccitazione e delle caratteristiche dinamiche dell'edificio stesso. Per una corretta esecuzione delle misurazioni, premessa necessaria per giungere a descrivere completamente il fenomeno e valutare quindi la possibilità che esso produca danni, è necessario tenere conto dei seguenti fattori:

- meccanismo di eccitazione e trasmissione;
- durata del fenomeno;
- natura deterministica o aleatoria del fenomeno;
- distribuzione spettrale dell'energia.

Nel caso più generale, la risposta di un edificio o dei suoi elementi strutturali sottoposti ad eccitazione dinamica e, quindi il danno potenziale che questa può produrre, dipendono oltre che dal contenuto spettrale dell'eccitazione stessa, dalle caratteristiche dinamiche dell'edificio.

Sarebbe dunque necessario ottenere una documentazione completa sull'edificio, prima di dare una valutazione del rischio di danno connesso con il fenomeno vibratorio in esame.

In particolare l'attenzione dovrebbe essere concentrata sui seguenti aspetti:

- caratteristiche costruttive dell'edificio;
- stato di conservazione;
- caratteristiche delle fondazioni ed interazione con il terreno.

Tuttavia, in relazione agli obiettivi dell'indagine, lo studio della risposta degli edifici può essere affrontato in maniera più o meno approfondita e il livello di dettaglio della conoscenza degli aspetti sopra elencati può essere, quindi, più o meno accurato.

Pur non influenzando in maniera sostanziale sulla risposta alle vibrazioni, lo stato di conservazione dell'edificio, può essere di notevole influenza sull'entità del danno che queste possono provocare.

## 1.3 SITUAZIONE ATTUALE

### 1.3.1 Predisposizione bozza di classificazione acustica

L'infrastruttura in progetto attraversa diversi territori comunali e entrambi le province del nord Sardegna: quella di Sassari e quella di Olbia-Tempio.

La strada in progetto attraverserà i seguenti territori:

Provincia Sassari

Ploaghe  
Ardara  
Ozieri

Provincia Olbia-Tempio

Oschiri  
Berchidda  
Monti  
Loiri-Porto San Paolo  
Olbia

Al momento della stesura della seguente relazione nessuno dei comuni anzidetti ha concluso l'iter di approvazione del Piano di Classificazione acustica del territorio. Alcuni comuni hanno presentato il Piano all'ARPA e alla provincia competente (per tutti i comuni risulta essere quella di Sassari) altri non hanno ancora predisposto l'incarico per la redazione dello stesso.

I Piani di classificazione presentati all'ARPA o alla Provincia sono stati oggetto di indagine al fine di valutare le decisioni fatte dai diversi comuni; tuttavia è stato rilevato che questi sono stati redatti, tutti ad opera dello stesso professionista, in maniera non congrua con quanto prescritto dalla Linee guida della Regione Sardegna e tantomeno della legislazione in materia.

Per ragioni tecniche organizzative l'ARPA non valuta la congruità degli elaborati e di fatto questa viene rimandata, alla fase successiva, alle decisioni della Provincia che in alcune aree della stessa si avvale dell'ausilio dei tecnici della ASL di Ozieri.

In definitiva la validità delle scelte operate nel redigere la classificazione acustica viene purtroppo, rimandata alla fase conclusiva dell'iter procedurale. Per le ragioni di cui sopra il solo comune di Ozieri (in quanto più avanti con l'iter) ha ricevuto comunicazione da parte degli organi della provincia di non congruità con le Linee guida della Regione.

In linea generale il territorio attraversato dall'infrastruttura presenta caratteristiche dell'ambiente extraurbano solo parzialmente antropizzato, in larga misura caratterizzato da pascolo naturale.

In questa sede si possono fare delle prime ma significative considerazioni circa la possibile classificazione del territorio al fine di valutare i limiti che dovranno essere rispettati dall'infrastruttura all'esterno delle fasce di pertinenza.

In tal senso si rimanda al DPR n° 142 che all'articolo 6 recita:

***Interventi per il rispetto dei limiti***

- a. *Per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, il rispetto dei valori riportati dall'allegato 1 e, al di fuori della fascia di pertinenza acustica, il rispetto dei valori stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 14 novembre 1997, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 280 del 1° dicembre 1997, e' verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori.*

*Il DPR n° 142 quindi, richiama i limiti riportati nel DPCM 14.11.1997, tuttavia lo stesso DPCM all'articolo 8 recita:*

*Norme transitorie*

*1. In attesa che i comuni provvedano agli adempimenti previsti dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n.447, si applicano i limiti di cui all'art. 6, comma 1, del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1° marzo 1991.*

*Gli adempimenti previsti all'articolo 6 comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n.447 sono relativi alla Classificazione acustica del territorio comunale.*

*Pertanto a rigor di Legge i limiti da tenere in considerazione dovrebbero essere quelli relativi alla tabella del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1° marzo 1991 riportata sotto:*

Zonizzazione	L <sub>Aeq</sub> rif. diurno	L <sub>Aeq</sub> rif. notturno
Tutto il territorio nazionale	70 dB(A)	60 dB(A)
Zona A D.M. 1444/68	65 dB(A)	55 dB(A)
Zona B D.M. 1444/68	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona esclusivamente industriale	70 dB(A)	70 dB(A)

Tuttavia si può ritenere che, qualora i limiti del DPCM 14.11.1997 siano maggiormente restrittivi, e in considerazione del fatto che i comuni interessati dovranno adempiere quanto prima alla classificazione acustica del territorio, il rispetto di essi porti a non trovare delle incongruenze al momento in cui verranno adottati i piani di classificazione acustica dei comuni interessati dall'infrastruttura (in tal senso la Regione Sardegna con le linee guida per la predisposizione dei piani di classificazione acustica alla Parte V punto 3 lettera e) considera che sia cura del proponente ipotizzare la classe acustica da assegnare all'area interessata).

### 1.3.1.1 Metodologia adoperata

Per le considerazioni di cui sopra pertanto, è stata predisposta una bozza di classificazione acustica per l'immediato intorno interessato dall'infrastruttura in progetto (lo studio fatto è da ritenersi per la sola area attraversata dall'infrastruttura e per un intorno massimo di 1,5 chilometro). Come esplicitamente previsto dalla Deliberazione della Giunta regionale 8

luglio 2005 n. 30/9, per procedere alla suddivisione in classi del territorio, risulta necessario analizzare in primis lo stato di fatto e i principali strumenti di pianificazione del territorio quali P.di Fabbricazione, P.R.G. e P.U.C.

Il criterio di base per l'individuazione e la classificazione delle differenti zone acustiche omogenee del territorio dovrà essere pertanto, definito sia in relazione alle condizioni di effettiva fruizione del territorio sia in relazione all'evoluzione dei vigenti strumenti urbanistici nonché, alla progettazione di nuove strade e a quant'altro di interesse per il territorio.

Per la classificazione del territorio oggetto di studio, sono stati effettuati diversi sopralluoghi conoscitivi e ci si è avvalsi dell'apporto dei vari uffici tecnici dei comuni interessati. Per la scelta relativa alla classificazione di alcune aree non inseribili in maniera univoca in una determinata classe ci si è avvalsi dell'apporto dell'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Sassari (ente che dovrà verificare e approvare tutti i piani presentati dai comuni interessati) al fine di effettuare una pianificazione in maniera congrua e coerente con le disposizioni dei vari Enti preposti all'approvazione (Provincia di Sassari e Regione Sardegna).

I dati fondamentali oggetto di valutazione sono pertanto di natura socio - economica (densità, tipologia e distribuzione delle varie attività produttive, turistiche, professionali istituzionali e di servizio), e relativamente al traffico (in considerazione dell'analisi dei flussi). Ricordiamo che il rumore causato dal traffico stradale è una delle principali sorgenti, ed è anche l'elemento di maggior rigidità in tutte le aree urbanizzate.

Secondo quanto indicato dalle Linee guida della Regione Sardegna si è cercato di non effettuare eccessive suddivisioni del territorio, evitando nello stesso tempo troppe semplificazioni, che avrebbero portato a classificare vaste aree del territorio in classi elevate, maggiori a quelle di effettiva appartenenza, soprattutto in aree prossime ai centri abitati.

L'approccio da seguire quindi è stato volto a:

- evitare di creare micro-suddivisioni di aree, ma individuare invece aree omogenee o comunque ambiti funzionali significativi, tenendo conto anche delle preesistenti destinazioni d'uso del territorio;
- evitare l'accostamento di zone con differenze di livello assoluto di rumore superiori a 5 dB(A) (come raccomandato anche dalla Legge Quadro).

Su questo ultimo punto le posizioni espresse dalle varie Leggi regionali divergono abbastanza. Alcune regioni vietano tassativamente (a parte casi giustificati da discontinuità morfologiche), e quindi impongono una classificazione comunque degradante. Altre Regioni lo vietano nei nuovi insediamenti, mentre lo permettono nelle realtà esistenti.

L'ex ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente ora APAT), ritiene che l'approccio di una zonizzazione degradante si presti solamente ai casi in cui sia credibile una riduzione progressiva della rumorosità nelle zone circostanti l'area da tutelare. La possibilità di prevedere un salto di classe (con conseguente piano di risanamento) risulta necessaria quando l'area da tutelare e la principale sorgente di rumore sono contigue (per

esempio un ricettore sensibile ubicato a ridosso di una strada a grande traffico), per cui le uniche possibilità di risolvere il conflitto sono affidate o alla ricollocazione di uno dei due vincoli, o alla creazione di una discontinuità morfologica (eventuali barriere) tale da consentire il salto di classe.

Gli intendimenti della Regione Sardegna in questi casi limite, prevedono eventualmente l'ipotesi del salto di classe con una relazione apposita che giustifichi la scelta e la necessità, prevedendo anticipatamente la fattibilità di un idoneo piano di risanamento.

Da un punto di vista strettamente metodologico è opportuno procedere con l'individuazione delle aree da inserire in classe I (aree particolarmente protette) e di quelle esposte ad un livello di rumorosità maggiore, ossia quelle da inserire nelle classi V e VI, in quanto più facilmente identificabili in considerazione sia delle particolari caratteristiche di fruizione del territorio che delle specifiche indicazioni del PUC (alla classe I sono infatti riconducibili alcune delle zone in esso indicate come zone S e alle classi V e VI quelle indicate come zone D).

Le altre classi richiedono la definizione di alcuni parametri a causa della presenza contemporanea di più condizioni; ciò è possibile attraverso due metodologie:

- con metodologie di tipo qualitativo: la classificazione è ottenuta come risultato di un'analisi del territorio stesso, sostanzialmente sulla base del P.U.C. vigente;
- con metodologie di tipo quantitativo: la classificazione si basa sul calcolo di indici e parametri insediativi caratteristici del territorio e sulla determinazione di fasce.

La Regione Sardegna valutando le esperienze delle altre regioni nella predisposizione dei Piani di classificazione acustica (sono state evidenziate in genere delle inadeguatezze sia nell'uso di metodi puramente quantitativi che qualitativi), ritiene giustamente opportuno che nella predisposizione del piano ci si avvalga di entrambe le metodologie a seconda dei casi privilegiando comunque, per quanto possibile, l'oggettività del metodo quantitativo.

L'utilizzo di una metodologia del tipo quantitativo è ovviamente applicabile solamente in contesti urbanizzati, in quanto fa riferimento a dati sulla popolazione, e sui servizi; la restante parte del territorio non può che fare riferimento ad una metodologia del tipo qualitativo a seguito di un'accurata valutazione degli strumenti attuativi urbanistici e del reale uso del territorio.

#### 1.3.1.2 Individuazione delle zone di classe I

Si tratta delle aree nelle quali la quiete sonora rappresenta un elemento di base per la loro fruizione.

Per l'individuazione di tali aree si è usata una metodologia di tipo qualitativo, in quanto risultano identificabili con sufficiente certezza in base alle loro caratteristiche fisico-funzionali, così come previsto dal Documento tecnico della Regione Sardegna.

La classe I comprende:

- le strutture scolastiche e sanitarie (tranne quelle inserite in edifici adibiti

principalmente ad abitazione);

- i parchi e giardini pubblici utilizzati dalla popolazione come patrimonio verde comune (restano quindi escluse le piccole aree verdi di quartiere e il verde sportivo, per la fruizione del quale non è indispensabile la quiete).

Tra le varie aree inoltre, possono essere inserite anche le aree di particolare interesse storico, architettonico, paesaggistico e ambientale, tra cui i parchi, le riserve naturali, le zone di interesse storico-archeologico, i piccoli centri rurali di particolare interesse e gli agglomerati rurali di antica origine. L'attribuzione alla classe I delle aree anzidette dovrà essere attuata solamente qualora si ritenga che la quiete rappresenti un requisito fondamentale per la loro fruizione in quanto una classificazione del genere potrebbe comportare un'eccessiva limitazione delle attività permesse con la conseguente limitazione d'uso del territorio.

Per l'attribuzione delle varie classi si è tenuto conto che le aree con vincoli ambientali e paesaggistici non dovranno essere interamente e pedissequamente classificate in classe I ma dovrà essere considerata la reale esigenza e crescita del territorio.

Le aree di classe I comunque, collocate in prossimità della viabilità principale, ricadenti all'interno delle fasce di pertinenza della viabilità stessa, mantengono la propria classe e, trattandosi di aree da tutelare, potranno richiedere interventi di bonifica acustica.

Dall'analisi del tracciato di progetto è emerso che l'infrastruttura in progetto transita a ridosso delle frazioni di "La Palazzina", "Frades Berritteddos" e "Frades Tilignos.

Le tre frazioni contano rispettivamente 239 abitanti, 123, abitanti e 54 abitanti secondo i dati riportati dalle fonti della Regione Sardegna. Con il nome di Su Canale si individua l'intera area su cui insistono le tre frazioni (La Palazzina, Frades Berritteddos e Frades Tilignas).

Solo la frazione cosiddetta "La Palazzina" (a nord dell'infrastruttura in progetto) è da considerarsi in classe I perché è ivi ubicata la scuola elementare "Su Canale" (omonima della denominazione dell'intera area) distante circa 70 m dalla previsto nuovo tracciato; per le scuole i valori da rispettare sono relativi al tempo diurno.

Le altre due frazioni (Frades Berritteddos e Frades Tilignas), non avendo al loro interno alcun ricettore sensibile (scuole, ospedali), sono da considerarsi in classe II.

In relazione alla classificazione dell'area interessata ubicata all'interno al Sito di Interesse Comunitario "Campo di Ozieri e pianure comprese tra Tula e Oschiri", è stato preso in esame il Piano di classificazione acustica del comune di Tula (in fase ancora di approvazione): dall'esame di tale Piano è risultato che il territorio in area S.I.C. confinante con i territori comunali interessati dall'infrastruttura viaria sono stati classificati nella classe III.

Il tecnico della Provincia di Nuoro (all'interno della quale si trovano numerose aree a tutela ambientale) ha inoltre confermato il fatto che per diversi piani comunali approvati in via definitiva, le aree a tutela ambientale sono state classificate appartenenti alla classe I,

II e III secondo del reale uso del territorio, della viabilità e dell'uso di macchine operatrici.

Ragion per cui il territorio in area S.I.C. è stato classificato nella bozza in oggetto come parte in classe II e parte in Classe III.

#### 1.3.1.3 Individuazione delle zone di classe V e VI

La classificazione delle aree da inserire nelle classi anzidette, ossia caratterizzate dalla prevalenza di insediamenti industriali, risulta individuabile precisamente analizzando il Piano Urbanistico Comunale.

Nella scelta delle aree da inserire nelle classi maggiormente esposte, dovrà inoltre essere valutato l'effettivo sviluppo delle zone classificate come industriali; pertanto risulta di estrema importanza fare riferimento all'effettiva attuazione sia in riguardo all'effettivo numero di attività presenti che alla tipologia delle attività stesse considerando l'inquinamento acustico.

In tal senso sono stati effettuati numerosi sopralluoghi, nonché analizzati diversi strumenti urbanistici dei comuni interessati, il Piano Urbanistico Provinciale e la cartografia regionale sull'uso dei suoli.

Dalle analisi è emerso che interessate dal tracciato si trovano aree classificate come zone D, aree caratterizzate dalla presenza di zone estrattive e cantieri, aree caratterizzate da strutture commerciali o grandi insediamenti di servizi.

Considerando il reale utilizzo delle aree anzidette soprattutto riguardo il fenomeno acustico, e quale misura cautelativa per la predisposizione della bozza di classificazione, sono state inserite nella classe V solamente l'area in prossimità della fine dell'infrastruttura in progetto in territorio di Olbia, e l'area a ridosso della stazione ferroviaria nel comune di Monti. Le restanti aree D e le aree caratterizzate comunque dalla presenza di attività artigianali importanti (aziende agricole) o servizi non è stato ritenuto necessario classificarle in classe V o VI.

#### 1.3.1.4 Individuazione delle zone di classe II, III e IV

Dall'analisi del territorio all'interno dell'area di indagine, è emerso che risulta essere poco urbanizzato. Escludendo le tre frazioni di Monti a ridosso del tracciato e il nucleo a ridosso della stazione di Monti (abitanti 49), all'interno delle fasce di pertinenza dei tracciati si trovano solo fabbricati rurali per la maggior parte a servizio di medie aziende agricole. I centri urbani immediatamente a ridosso risultano essere quello di Oschiri e Berchidda, entrambi a circa 800 metri dai tracciati. I comuni anzidetti hanno l'area classificata in zona D (a prevalenza industriale) che si frappone tra il tracciato e l'abitato; ragion per cui la rumorosità prodotta dall'infrastruttura non comporta alcun interessamento per i centri anzidetti.

Pertanto sono state classificate

- nella classe IV
  - nel territorio di Ozieri le aree classificate come zona D a ridosso del tracciato e inoltre due aree caratterizzate dalla presenza di insediamenti industriali e a carattere agricolo (la prima a ridosso della zona D, l'altra alla progressiva Km. 19 del primo tronco);
  - la zona industriale di Oschiri;
  - nel comune di Berchidda le aree classificate come D, l'area G destinata a fiera mercato dell'artigianato e del bestiame, e due aree a ridosso dei tracciati caratterizzate dalla presenza di un insediamento di grandi impianti di servizi e di una zona estrattiva;
  - nel comune di Monti la zona industriale a ridosso della stazione ferroviaria e l'area a ridosso del tracciato caratterizzata dalla presenza di un insediamento industriale (vedasi planimetria alla tabella 1);
  - nel territorio di Olbia le aree ad uso estrattivo e cantieri.
- nella classe II le aree caratterizzate dagli insediamenti abitati nel comune di Monti (abitazioni a ridosso della stazione ferroviaria, frazioni La Palazzina, Frades Berritteddos e Frades Tilignas), parte dell'area appartenente al S.I.C. fra il comune di Berchidda e Oschiri, il lago del Coghinas in quanto di grande pregio naturalistico, e l'area della Basilica di Sant'Antiogu de Bisarcu in territorio di Ozieri classificata come zona F;
- nella classe III la restante parte del territorio analizzato.

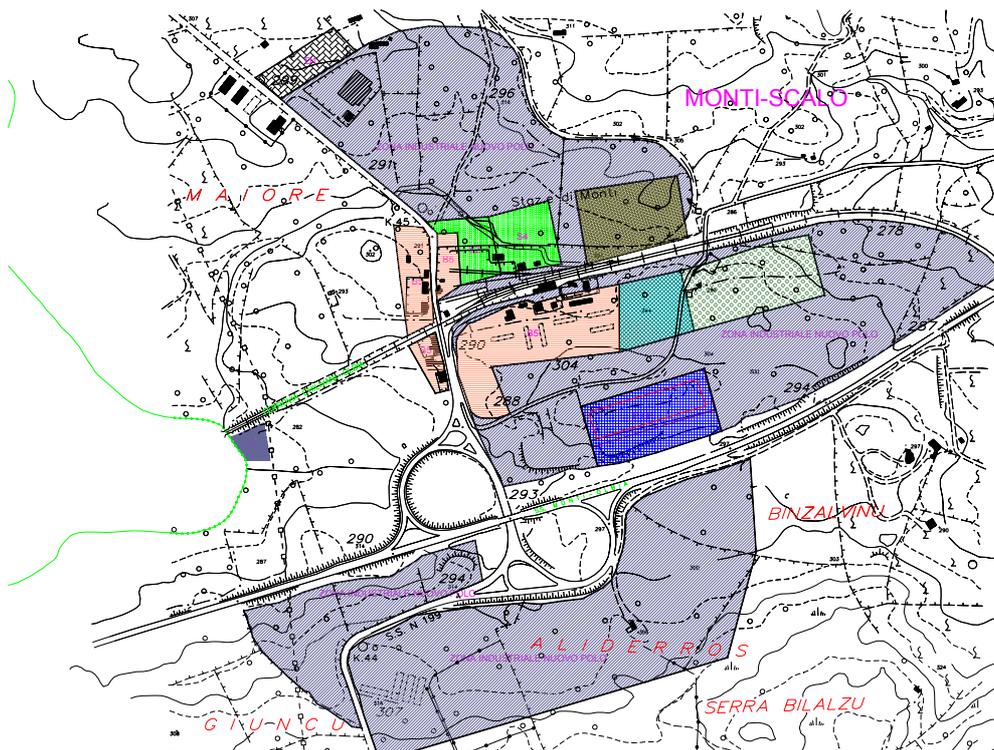


Tabella 1. L'area industriale (campita in grigio) di Monti a ridosso della stazione ferroviaria

Per una visualizzazione grafica della *bozza di classificazione acustica* predisposta nella fascia di territorio a cavallo della strada di progetto si rimanda all'omonima planimetria in cui si sono evidenziate anche le fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture stradale di progetto e ferroviaria esistente.

### 1.3.2 Rilevamenti acustici ante operam

Al fine di ottenere un'indicazione sui livelli di rumorosità preesistenti nella fascia di territorio adiacente il previsto tracciato di progetto si è provveduto ad effettuare nelle giornate del 30, 31 luglio e 1 agosto 2008 una campagna di rilievi strumentali lungo i tracciati della strada statale n. 597 e n. 199.

Nel tratto di strada in oggetto sono state identificate n. 7 postazioni di rilievo.

Nella scelta delle postazioni anzidette, si è privilegiata sia la presenza di ricettori sensibili nelle immediate vicinanze della strada, sia la presenza dei tre cantieri maggiormente significativi previsti durante la fase realizzazione. Tutti i rilievi comunque sono stati scelti all'interno della fascia di pertinenza della futura infrastruttura.

Sono stati eseguiti rilievi di 15 minuti ciascuno nelle sette postazioni distinte lungo il tracciato; per ciascuna postazione sono stati ripetuti i rilievi in tre periodi differenti della giornata.

Per ciascun rilievo sono stati misurati tutti i dati di interesse per una corretta valutazione del clima acustico esistente: oltre il valore del livello equivalente ponderato A e ai livelli percentili si è anche censito il numero dei transiti dei mezzi veicolari rilevati durante la misura acustica.

Nella tabella sotto si riassumono i risultati dei rilievi effettuati.

posizione	diurno	diurno	notturno	Posizione rispetto al nuovo tracciato (Tronco)
1	55.6	60.3	56.3	Progressiva Km. 8.400 (T1)
2	67.6	68.7	65.9	Progressiva Km. 15.000 (T1)
3	73.0	72.4	71.3	Progressiva Km. 24.000 (T1)
4	72.8	70.8	68.0	Progressiva Km. 1.000 (T2)
5	52.9	54.2	50.2	Progressiva Km. 16.000 (T2)
6	52.5	51.1	50.6	Progressiva Km. 13.000 (T3)
7	52.0	50.6	49.5	Progressiva Km. 15.000 (T3)

Per i dettagli sulla campagna di rilevamenti fonometrici effettuati nello scenario ante operam nell'ambito del presente studio, si rimanda alla specifica Appendice 3, dove sono riportati le schede di rilevamento con il dettaglio dei risultati e una planimetria con l'individuazione del punto di misura.

Si riportano di seguito le considerazioni principali emerse dai risultati ottenuti:

- la dominanza dei livelli sonori nella fascia di territorio interessata dal proposto intervento è attualmente connessa al traffico veicolare presente sulle attuali arterie SS 597 e SS199, considerando e confrontando i livelli sonori significativi misurati in prossimità di tali infrastrutture con quelli misurati a maggiore distanza in zone caratterizzate da zone agricole lontane da sorgenti di rumore fisse (aree produttive, centri urbani, ecc..) o di aree esclusivamente residenziali;
- i livelli di rumore attuali in corrispondenza dei ricettori frontalieri lungo gli assi viari di maggiore importanza (Strade statali) in genere rientrano nei limiti di legge relativi alla fascia di pertinenza acustica stradale per le strade di tipo C(b) cfr il DPR 142/04 ma possono superare, in alcuni casi, dipendentemente dal traffico, i valori ammessi dalla specifica normativa;
- i livelli di rumore attuali nelle aree più distanti dagli assi viari principali (almeno per i punti oggetto di rilevamento fuori dalla fascia di pertinenza acustica stradale attuale) presentano dei superamenti in relazione ai limiti previsti nella bozza di classificazione acustica presa a riferimento.

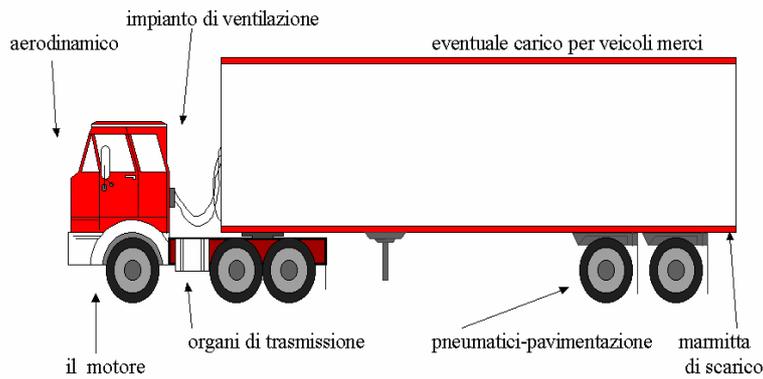
### 1.3.3 Sorgenti inquinanti

Allo stato attuale la sorgente più significativa per emissione acustica (se non in alcuni casi particolari) risulta essere dovuta alle infrastrutture di trasporto presenti, in maniera principale al traffico veicolare. Ciò non toglie che lo stesso “corridoio” Sassari-Olbia è attraversato dalla linea ferroviaria che da Cagliari raggiunge Chilivani per proseguire con un tratto verso Sassari (pressoché parallela all’infrastruttura stradale) e con un altro tratto verso Olbia (tratto a ridosso della strada a partire dall’abitato di Oschiri). In prossimità del tronco finale dell’infrastruttura (circa 1-2 km dalla stessa) è ubicato l’aeroporto di Olbia, rilevante fonte di inquinamento acustico.

Considerata la tipologia della strada esistente, classificata come extraurbana secondaria del tipo C(b), si possono identificare due fasce di pertinenza della larghezza rispettivamente pari a 100 metri (fascia A) e ulteriori 50 metri (fascia B), dove in sostanza vige la deroga del rispetto dei limiti di emissione per la sola infrastruttura (limiti pari a 70- 60 diurno-notturno per la fascia A, e pari a 65-55 diurno-notturno per la fascia B). I valori da rispettare nei confronti dei ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura e di riposo) sono gli stessi imposti per la nuova infrastruttura.

#### 1.3.3.1 Traffico stradale

La strada attualmente in essere è interessata da rilevanti volumi di traffico e presenta irregolarità di diverso genere che non possono che aggravare l’inquinamento acustico ambientale. Fonte importante della rumorosità in ambito stradale a discrete velocità è data dal rotolamento delle ruote sulla pavimentazione, che con sottofondo compromesso comporta aumenti in termini di pressione acustica anche dell’ordine dei 3-5 dB(A) o più.



*Principali sorgenti di rumore*

Il traffico veicolare (pubblico e privato) su gomma, rappresenta ancora oggi, per ragioni qualitative come anche quantitative, una forma di trasporto ad elevato impatto ambientale, determinando inquinamento atmosferico ed acustico.

Notoriamente, sono molteplici i fattori che influiscono sul rumore

prodotto dal traffico: composizione del parco veicolare, velocità di circolazione, geometria del tracciato, morfologia della sezione stradale, tipo e stato della pavimentazione, segnaletica, condizioni climatiche e meteorologiche. Molti di questi fattori sono da tempo indagati per il loro contributo all'inquinamento acustico; su taluni, specificatamente, si è accentrato l'interesse dei progettisti, i quali hanno riconosciuto l'importanza che, in modo particolare, l'interazione veicolo-strada (o meglio, pneumatico-pavimentazione) ha agli effetti della rumorosità del traffico veicolare.

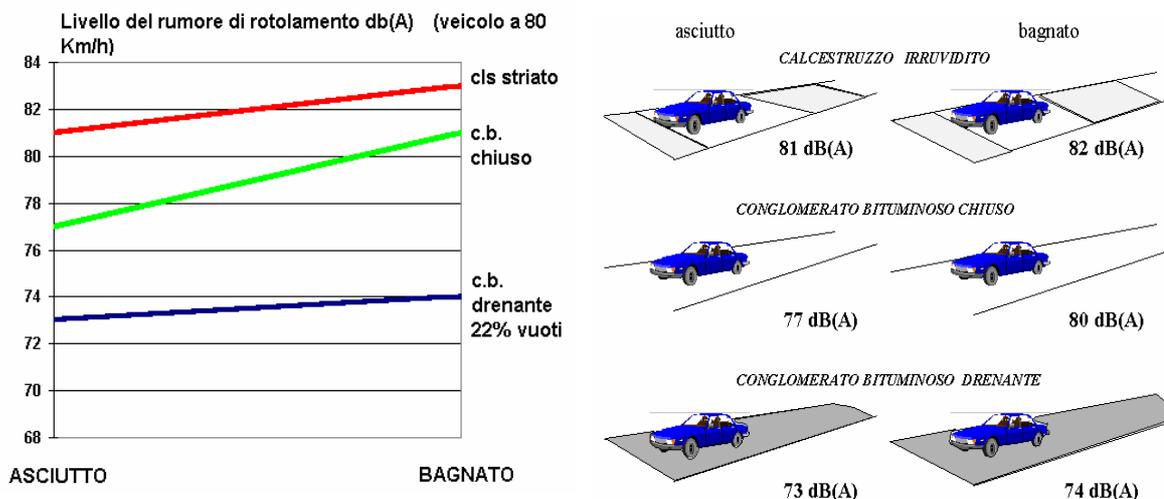
Nella figura sopra, sono riportate le principali sorgenti di rumore; le principali sono il motore e il rotolamento dei pneumatici sulla pavimentazione. Diversa è la loro incidenza a seconda della velocità del mezzo; a bassi regimi, prevale il rumore dovuto al motore fino a velocità di circa 40-50 Km/h. Al di sopra di questi valori diventa più importante il rumore di rotolamento, fattore che comunque è funzione di numerose altre variabili. I parametri che influenzano il fenomeno sono numerosi e dipendono dalla strada, il traffico, il veicolo, le condizioni al contorno ed ambientali.

Il fenomeno di generazione del rumore di rotolamento prodotto dal moto di un pneumatico su una superficie stradale è stato oggetto di approfonditi studi, rivolti ad interpretare e quantificare il fenomeno fisico ed a promuovere interventi per la riduzione dell'inquinamento acustico da traffico.

Si è accertato, ad esempio, che la "silenziosità" di una pavimentazione dipende principalmente da due sue caratteristiche: la fonoassorbente e la tessitura. E' però fondamentale che le proprietà acustiche correlate non compromettano la funzionalità strutturale richiesta alla pavimentazione stessa o le prestazioni di aderenza, drenabilità, regolarità e di stabilità del veicolo. Alcune di queste caratteristiche possono venir meno quando, ad esempio, per ridurre i rumori da vibrazioni si modifica la tessitura, riducendo la macrorugosità. Occorre quindi trovare, in ogni caso, il giusto compromesso tra buone caratteristiche acustiche e requisiti di sicurezza e durabilità.

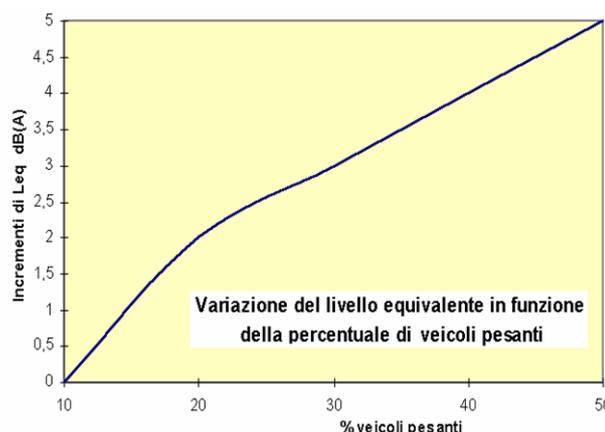
Lo strato più superficiale del manto può contribuire alla riduzione della rumorosità qualora abbia elevate proprietà fonoassorbenti (strati superficiali ad elevata porosità). Il rumore di rotolamento è anche influenzato dalle condizioni climatiche, aumenta in caso di pioggia, su superfici bagnate e si riduce su superfici asciutte.

Di seguito vengono presentati delle figura rappresentative del fenomeno, considerando le differenti pavimentazioni e la condizione di pavimentazione asciutta e bagnata.



L'analisi del rumore stradale ha messo inoltre in evidenza come esso sia dovuto a cause diverse, che assumono diversa importanza secondo le differenti condizioni di marcia (velocità, flusso, portata, etc.).

Vengono riportate di seguito alcune indicazioni sul legame tra il rumore stradale e le caratteristiche della corrente veicolare e della strada, precisando che numerosissime sono le indagini sperimentali condotte per esplicitare tali legami, ma che permangono ancora differenze tra i risultati raggiunti. Tra i vari parametri del traffico che influiscono sul rumore in maggior misura si hanno: la velocità media della corrente veicolare, l'entità del flusso e la sua composizione. A parità delle altre condizioni la variazione del LeqA in funzione della velocità media è rappresentato da un diagramma quasi lineare valido in condizioni di flusso ininterrotto. Ad un incremento di velocità di 10 km/h corrisponde un aumento di 1 dBA di rumorosità. Sotto i 200 veic./ora la dipendenza dal flusso risulta invece essere piuttosto complessa. Per quanto riguarda la composizione veicolare il livello di rumore aumenta al crescere della percentuale di veicoli pesanti come mostrato nella figura a lato.



Una prima indicativa ma fondamentale informazione, circa la corrente veicolare che attualmente transita sull'infrastruttura (SS 597 e SS 199) può essere desunta dai dati del censimento ANAS relativi al 1995.

SS 597 sez. Km. 1+830		
	Tl	Tp
TGM 85%	5142	8.5%

SS 597 sez. Km 32+700		
	Tl	Tp
TGM 85%		

TGM 90%	6808	10.4%
TGM 95%	8174	8.4%

TGM 90%	3869	18.7%
TGM 95%	4694	17.3%

SS 199 sez. Km. 23+230		
	Tl	Tp
TGM 85%	3743	19.7%
TGM 90%	4442	18.0%
TGM 95%		

SS 199 sez. Km 42+000		
	Tl	Tp
TGM 85%		
TGM 90%		
TGM 95%	6094	13.9%

SS 199 sez. Km. 52+000		
	Tl	Tp
TGM 85%		
TGM 90%		
TGM 95%	6089	14.0%

Occorre mettere in evidenza alcune peculiarità del traffico che interessa la SS 597-199 nell'itinerario Sassari-Monti-Olbia. Il Piano dei trasporti merci della Regione Sardegna indica che tale itinerario risulta gravato da un traffico complessivo di merci, in termini di tonnellate trasportate, di notevole entità, secondo solo alle tratte di maggior rilievo dell'isola (circonvallazione di Cagliari, Olbia e il percorso Sassari –Porto Torres).

Analizzando quindi l'infrastruttura in essere, si rilevano principalmente le seguenti problematiche dal punto di vista acustico:

- irregolarità varie nel sottofondo e nel manto di usura che portano ad un rilevante aumento della rumorosità dovuta al rotolamento;
- sezione trasversale ridotta che comporta, a causa del rilevante transito di mezzi pesanti, velocità basse caratterizzate da accelerazioni e decelerazioni, traffico congestionato (il che comporta aumento della rumorosità del motore);
- pavimentazione del tipo tradizionale e non del tipo fonoassorbente.

### 1.3.3.2 Traffico ferroviario

Il rumore prodotto da traffico ferroviario, diversamente da quello derivante da sorgenti industriali o da strade a flusso veicolare medio-elevato, presenta una accentuata discontinuità in quanto caratterizzato da singoli eventi sonori prodotti dai convogli in transito.

La rumorosità riscontrata è in stretta dipendenza con la velocità e lunghezza del convoglio.

Il rumore prodotto dal transito di un convoglio ferroviario ha origine da diverse componenti, in particolare: dal contatto ruota-rotai, dai motori di trazione, delle apparecchiature ausiliarie di raffreddamento, dal rumore aerodinamico e da eventi occasionali. Il contatto ruota-rotai è dipendente dal peso assiale e dalle dimensioni delle ruote: è presente sia sulle motrici sia sul materiale rimorchiato. L'intensità dei livelli di pressione sonora è legata alla velocità e ad altri fattori, fra i quali il più importante risulta essere lo stato di usura dei binari e delle ruote.

Le apparecchiature ausiliarie di raffreddamento sono poco influenti e, comunque, avvertibili solo a velocità inferiori a 60 Km/h. Il rumore aerodinamico è generato dall'aria che scorre lungo la superficie del convoglio e dalle discontinuità del treno. Questo parametro risulta significativo per velocità generalmente superiori a 200 Km/h.

Gli eventi occasionali sono del tipo impulsivo e con presenza di toni puri, e si manifestano in occasione di: fischi, frenate (sfregamento del sistema frenante sulla ruota), attraversamento di giunti di rotaia, scambi, ecc.

Considerando la tipologia di emissione del rumore ferroviario, non possiamo assimilarlo a una sorgente sonora onnidirezionale, poiché la base della cassa costituisce uno schermo alla propagazione del rumore generato dal carrello ferroviario.

In pratica, si considera che l'insieme asse-carrello si comporta come un dipolo acustico con angolo di apertura di 60 gradi. Questa specificità si evidenzia soprattutto se confrontata con il rumore autostradale. In quest'ultimo caso, infatti, la propagazione del rumore avviene in modo sostanzialmente uniforme nello spazio libero sovrastante, mentre nel caso ferroviario appaiono due direttrici privilegiate, inclinate di circa 25-30 gradi sul suolo, lungo le quali si concentra una parte importante dell'emissione.

La propagazione del rumore prodotto dal transito dei treni inoltre, è influenzata da diversi fattori, che nel caso di campo libero sono: la divergenza geometrica, l'assorbimento dell'atmosfera e quello del suolo.

L'influenza della divergenza geometrica comporta una distribuzione dell'energia acustica totale su superfici d'onda di ampiezza crescenti all'allontanarsi dalla sorgente, producendo una diminuzione progressiva del livello di pressione sonora. La rapidità di tale diminuzione è funzione della geometria delle superfici d'onda.

Riguardo l'assorbimento atmosferico, possiamo considerare due diverse caratterizzazioni:

- viscosità cinematica e diffusività termica del mezzo;
- rilassamento delle oscillazioni e rotazioni delle molecole del mezzo, essenzialmente ossigeno e azoto.

In pratica per il rumore ferroviario l'attenuazione per assorbimento del mezzo di propagazione è significativa soltanto alle alte frequenze e per distanze di qualche centinaio di metri dalla sorgente. Considerando una tipica distribuzione spettrale del rumore emesso dal transito di treni e considerando valori di temperatura e umidità rispettivamente nell'ordine di 20° C e 60%, a cento metri di distanza dalla linea la riduzione del livello sonoro è di circa 1 dB(A).

Come già evidenziato il tracciato della nuova infrastruttura è attraversato dalla linea ferroviaria che collega Cagliari e Sassari con Olbia. Questa non è attraversata da rilevanti volumi di traffico; tuttavia, in considerazione del fatto che si rileva la sovrapposizione in diversi tratti del tracciato delle fasce di pertinenza (infrastruttura stradale e ferroviaria), si dovrà tenere particolare attenzione alla rumorosità immessa da entrambe le sorgenti in quanto i valori concessi in deroga dovranno essere rispettati dall'insieme delle stesse.

La sovrapposizione delle fasce di pertinenza si rileva essenzialmente in diversi punti del tracciato:

- in parte del tratto che va da Ploaghe fino al bivio per Chilivani;
- in parte del tratto che da Oschiri arriva fino a Olbia.

Ai sensi del D.P.R n. 459 1998, l'infrastruttura ferroviaria in oggetto (infrastruttura esistente) ha di fatto delle deroghe sul rispetto dei limiti di immissione di rumore differenziati secondo due fasce di pertinenza:

- fascia A larga 100 m. - limiti pari a 70 dB(A) per il periodo diurno e 60 dB(A) per il periodo notturno;
- fascia B di ulteriori 150 metri - limiti pari a 65 dB(A) per il periodo diurno e 55 dB(A) per il periodo notturno.

I valori di cui sopra sono, ai sensi del D.P.R., da riferirsi alla rumorosità prodotta dalla sola infrastruttura. Se all'interno delle fasce di cui sopra si trovano dei ricettori quali scuole, ospedali, case di cura e riposo dovrà essere garantito il rispetto di 50dB(A) per il periodo diurno e di 40 dB(A) per il periodo notturno (solo il diurno per le scuole).

Il D.P.R. n. 142 del 2004, come già evidenziato in altro capitolo della presente relazione, impone di fatto delle deroghe per le fasce di pertinenza, e in particolare all'articolo 2, comma 5, recita:

*I valori limite di immissione stabiliti dal presente decreto sono verificati, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, in conformità a quanto disposto dal decreto del Ministro dell'ambiente in data 16 marzo 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1° aprile 1998, e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.*

Si rileva che entrambi i Decreti non considerano limiti differenti qualora si abbia la sovrapposizione di fasce di pertinenza relative ad infrastruttura stradali e ferroviarie.

Tuttavia considerato lo spirito prevenzionistico delle norme di settore e l'importanza di preservare la salute dei cittadini, si è reputato opportuno e necessario, in questa fase di studio, imporre limiti di emissione inferiori a quelli relativi alla sola infrastruttura stradale, in tutte le aree dove si rileva la sovrapposizione delle fasce di pertinenza (stradale e ferroviaria).

Nella situazione in esame in cui la progettazione della nuova infrastruttura vede la sovrapposizione/affiancamento della nuova strada di tipo B con la ferrovia Sassari-Olbia, per tener in conto il contributo acustico della sorgente concorrente, con la finalità di perseguire una progettazione coordinata, i limiti applicabili alla strada di progetto sono stati ridotti di una quantità  $\delta L_{eq}$  ottenuta in base alla seguente equazione:

$$10\log_{10}(10^{(L1-\delta L_{eq})/10}+10^{(L2-\delta L_{eq})/10}) = \max(L1,L2)$$

Con L1 ed L2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente.

I limiti di immissione relativi all'infrastruttura stradale nei tratti in cui la specifica fascia di pertinenza acustica interferisce con l'omonima fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura ferroviaria sono stati ridotti, come riportato nella tabella sottostante, in base ai diversi tipi di interferenza riscontrati tra la fascia A e B (in bianco sono riportati i limiti nel periodo diurno, in grigio quelli relativi al periodo notturno).

Limiti di immissione <b>STRADA DI PROGETTO</b>	Limiti di immissione <b>FERROVIA</b>	Limiti di immissione <u>ridotti</u> per interferenza con la fascia di pertinenza ferroviaria <b>STRADA DI PROGETTO</b>
70 (A)	70(A)	67
70 (A)	65 (B)	69
65 (B)	65 (B)	62
65 (B)	70(A)	64
60 (A)	60(A)	57
60 (A)	55(B)	59
55 (B)	55(B)	52
55 (B)	60 (A)	54

**Nota:** tra parentesi sono indicate le fasce (A o B) a cui si riferiscono i limiti di immissione riportati.

È da rilevare comunque, che la rumorosità prodotta dall'infrastruttura ferroviaria esistente possa ritenersi poco significativa in quanto la stessa è attraversata da un traffico molto limitato.

#### 1.3.4 Ricettori

I ricettori prossimi all'infrastruttura sono stati evidenziati a partire dalle informazioni contenute nello Studio di prefattibilità ambientale e ad un apposito censimento svolto nell'ambito del presente S.I.A. (i cui risultati sono riportati nell'Appendice 1 – Schede di censimento ricettori rumore e nella Planimetria dei ricettori censiti).

Dall'analisi del censimento si riscontra che il primo e parte del secondo tronco sono caratterizzati principalmente da edifici ad uso agricolo o rurale; i nuclei abitativi evidenziati sono limitati a poche abitazioni ubicate a ridosso del tracciato attuale della S.S. n. 597.

Diversamente, partendo dalla zona industriale-artigianale di Berchidda e muovendosi in direzione di Olbia, si incontrano diversi nuclei abitati il cui livello di antropizzazione varia notevolmente da ambiti di tipo urbano ad ambiti di tipo rurale.

Nel nucleo maggiormente urbanizzato identificato nella frazione di “Su Canale”, Comune di Monti, è stata riscontrata la presenza di un ricettore sensibile (scuola) classificabile nella classe I ai sensi della Legge 447/95 e successive modifiche e integrazioni.

In una macroscala gli abitati principali che si incontrano lungo il tracciato di progetto risultano: Ploaghe, Ardara, la frazione di Ozieri Chilivani, Oschiri, Berchidda, Monti e la periferia di Olbia a ridosso dell'aeroporto.

Secondo la definizione del DPR n. 142/2004, relativo all'inquinamento acustico prodotto da traffico stradale, per ricettore devono intendersi anche le aree naturalistiche vincolate, e quindi nel caso in esame il territorio dove insiste il S.I.C. (nel Tronco 1 dal Km 15 fine alla fine del tronco; nel Tronco 2 da Km 2 fino al Km 5).

Dal punto di vista acustico tuttavia, i centri abitati principali sopra menzionati, non risentono del possibile inquinamento prodotto dall'infrastruttura in quanto distanti diverse centinaia di metri dalla stessa. Il comune che si trova in posizione più vicina rispetto alla strada statale risulta essere Oschiri che, tuttavia, ha sviluppato la zona industriale in aderenza all'abitato in direzione della SS 597 (di fatto il possibile inquinamento acustico sarebbe dovuto alle industrie presenti e non al traffico stradale).

A ridosso della stazione ferroviaria di Monti il Comune inoltre ha classificato parte del territorio in classe D identificando il nuovo polo industriale. In considerazione di queste scelte è stata predisposta la Bozza di classificazione acustica che di fatto non rileva dei possibili elementi per giustificare la predisposizione di barriere acustiche o interventi particolari.

Diversamente nel tratto successivo si trovano tre frazioni in località “Su Canale” che potrebbero risentire dall'inquinamento prodotto dal traffico stradale. Nella frazione di “La Palazzina” inoltre come prima accennato, è presente una scuola elementare che è stata inserita nella classe I di maggior tutela.

La scuola ricade all'interno della fascia A di pertinenza della nuova strada (si trova infatti a circa 70 m dal tracciato di progetto), per cui è necessario garantire per il periodo diurno dei livelli limite di rumorosità non superiori a 50 dB(A).

Non si sono individuati altri ricettori di particolare sensibilità riferibili a ospedali, scuole case di cura e di riposo sia all'interno della fascia di pertinenza acustica di 250 m oggetto di censimento sia al di fuori di tale fascia fino ad un limite di 500 m dal bordo dell'infrastruttura di progetto.

## **1.4 VALUTAZIONE DEI LIVELLI SONORI IN FASE DI ESERCIZIO**

### **1.4.1 Il modello di simulazione adottato**

Nell'ambito del presente studio relativamente al fattore ambientale rumore, per la determinazione dei livelli sonori post-operam in corrispondenza dei ricettori significativi individuati (nella fascia di 250 metri dall'infrastruttura di progetto), è stato utilizzato il

modello previsionale di calcolo Mithra, dotato di un algoritmo in grado di tenere conto anche delle riflessioni multiple in configurazione tridimensionale.

Tale modello, che è stato elaborato da parte del CSTB (Centre for the Science and Technology of Buildings) di Grenoble in accordo alle indicazioni degli standard ISO 9613, è stato utilizzato in numerose applicazioni a partire dalla fine degli anni '80.

La scelta di utilizzare il modello Mithra è stata effettuata sulla base della sua affidabilità e del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere, garantito dai risultati delle numerose applicazioni in campo stradale che sono state effettuate sia per la realtà italiana che per quella europea.

Il modello di simulazione applicato consente di determinare la propagazione acustica in campo esterno prendendo in considerazione numerosi parametri e fattori legati ai seguenti elementi:

- la localizzazione, la forma e l'altezza degli edifici,
- la topografia dell'area di indagine,
- le caratteristiche fonoassorbenti e/o fonoriflettenti del terreno,
- la tipologia costruttiva del tracciato stradale di progetto,
- la presenza di eventuali ostacoli schermanti,
- le caratteristiche acustiche della sorgente,
- il numero dei raggi sonori,
- la distanza di propagazione,
- il numero di riflessioni,
- l'angolo di emissione dei raggi acustici,
- le condizioni meteorologiche dell'area di indagine,
- la dimensione e la tipologia delle barriere antirumore nella fase di mitigazione degli impatti.

In particolare nello studio in esame, sono stati applicati i seguenti parametri:

- a) massima distanza percorsa dal raggio sonoro: 2000 metri;
- b) numero di raggi: 100;
- c) numero di intersezioni: 500;
- d) numero di riflessioni: 5;
- e) tipo di terreno:  $\sigma = 600$  (corrispondente a suolo agricolo) usato sull'intero tracciato di progetto che attraversa prevalentemente zone agricole;
- f) angolo di vista dei ricettori:  $360^\circ$ ;
- g) per la pavimentazione della strada di progetto è stato scelto un asfalto poroso a proprietà fonoassorbenti che provoca un abbattimento dell'emissione della sorgente lineare di 3 db(A);

- h) tipo di calcolo: NMPB.96 - modello dedicato esclusivamente al traffico stradale, evoluzione del metodo pubblicato nel 1980 (Guide de Bruit) e della ISO 9613 che permette di inserire i parametri meteorologici dell'area interessata dalla simulazione modellistica. A fine cautelativo è stata considerata una propagazione favorevole, su tutti i quadranti geografici, delle emissioni sonore prodotte dalla sorgente lineare strada. Tale tendenza attraverso il settaggio di opportuni parametri dedicati è stata opportunamente inserita (ponendo valori tutti pari a 1) fra i dati di input meteorologici del modello di simulazione;
- i) sezione stradale tipo per tutto il tracciato di progetto (Tronco 1, 2 e 3) pari a 22 metri di larghezza (corrispondente alle strade di tipo B);
- l) distanza delle barriere antirumore dal bordo stradale esterno (limite banchina): su tutto il tracciato è stata posta pari a un metro (tenendo conto della prevedibile deformazione delle barriere di protezione, poste al limite delle carreggiate di progetto).

Per quanto riguarda la presenza di edifici, nell'applicazione del modello, questi sono stati considerati sia riflettenti che diffrangenti; l'altezza adottata corrisponde al reale numero di piani desunta sia dalla planimetria quotata utilizzata per le simulazioni modellistiche sia dal censimento dei ricettori effettuato.

Si sottolinea come il traffico sul precedente tracciato della SS 199 e SS597 è stato ritenuto trascurabile ai fini del presente studio in quanto individuato dal progetto solo come traffico residuo a carattere locale (si tenga infatti presente che tutti i centri abitati esistenti saranno collegati dalla nuova infrastruttura con opportuni svincoli dedicati); di conseguenza il contributo acustico proveniente dalla vecchia strada ai fini della valutazione dell'impatto acustico è stato ritenuto non significativo e quindi non considerato nelle simulazioni modellistiche e nella collocazione degli interventi di mitigazione previsti.

Per ciascun tronco del tracciato di progetto si sono individuati e selezionati alcuni tratti ritenuti più significativi per la presenza di un maggior numero di ricettori nell'immediato intorno della nuova infrastruttura; gli edifici presenti in tali tratti in una fascia di 500 m a cavallo del tracciato di progetto sono stati quindi oggetto delle simulazioni modellistiche.

I risultati delle simulazioni così condotte sono riportati in Appendice 5 con il seguente ordine:

- tabulati dei livelli di rumore post operam (considerando solo i tratti della nuova infrastruttura a maggiore impatto per ciascun tronco come sopra precisato) in prossimità dei ricettori critici per ogni piano;
- tabulati dei livelli di rumore in presenza di misure mitigatrici (barriere acustiche) nello stato post operam notturno in corrispondenza del solo intorno areale comprendente i ricettori in cui è emerso un superamento dei limiti di legge.

Il criterio adottato per l'abbattimento dell'impatto acustico ai ricettori ha previsto la protezione di tutti i ricettori individuati nella fascia adiacente al tracciato (250 metri) dei tratti selezionati a maggiore impatto, per i quali si è riscontrato il superamento dei valori limiti di legge, mediante utilizzo di opportune barriere acustiche di tipo fonoassorbente (legno) o altri tipi di interventi diretti al ricettore (serramenti fonoisolanti) laddove

maggiormente conveniente da punto di vista economico ed efficiente sotto il profilo acustico.

#### **1.4.2 Scenario di traffico veicolare**

Le simulazioni modellistiche effettuate nel presente studio, al fine di valutare l'impatto da inquinamento acustico nell'area adiacente la prevista infrastruttura di progetto, hanno riguardato i seguenti scenari:

- situazione post operam all'anno 2012;
- situazione con mitigazione nello stesso scenario temporale della situazione post operam tenendo inoltre presente gli effetti mitigatori delle barriere acustiche introdotte in corrispondenza dei ricettori per i quali si è verificato un superamento dei limiti di legge.

In tutti e due gli scenari, per la valutazione dei livelli di rumore, si sono considerati gli stessi ricettori critici significativi ed un flusso di traffico, sul tracciato di progetto, stimato a partire dall'ipotesi riportate nello "Studio di funzionalità e documento preliminare all'avvio della progettazione" redatto per conto dell'ANAS compartimento di Cagliari e riportate nello Studio di prefattibilità ambientale.

Il modello di simulazione utilizzato per la valutazione dell'impatto da rumore (Mithra) richiede come dati di input del traffico sull'infrastruttura stradale di progetto, le informazioni riferite ai seguenti parametri:

- flusso complessivo di veicoli medio orario;
- la percentuale dei mezzi pesanti;
- la velocità media dei veicoli transitanti

Tali informazioni sono state riferite ai 3 tronchi di progetto e sono state diversificate per i due scenari temporali della giornata (diurno e notturno), riferiti all'anno di esercizio 2012:

- scenario diurno di 16 ore (dalle ore 6.00 alle ore 22.00);
- scenario notturno di 8 ore (dalle ore 22.00 alle ore 6.00);

Si riportano nella tabella sottostante il valore del TGM assunto a base delle considerazioni sul traffico futuro previsto, la percentuale dei veicoli pesanti rispetto al totale, la velocità (differenziata per classe di veicolo) e il tipo di pavimentazione della strada.

Tali parametri sono tutti riportati nel documento redatto per conto dell'ANAS (cap. 2.2) a cui prima si faceva menzione e nello Studio di prefattibilità ambientale –componente rumore (cap.5.6).

TGM	P(%) traffico pesante		Velocità Km		Caratteristiche fondo stradale
	giorno	notte	V.leggeri	V. pesanti	
12.000	20%	10%	110	80	Conglomerato bituminoso drenante fonoassorbente porosità >15% 0/11

Si riporta di seguito un'ulteriore schema riassuntivo dei diversi flussi medi orari dei veicoli utilizzati nelle simulazioni modellistiche dello scenario post operam, nel periodo diurno e in quello notturno sui tratti stradali selezionati del tracciato di progetto:

SCENARIO (anno)	TGM (veicoli/giorno)	Periodo diurno (veicoli/ora)			Periodo notturno (veicoli/ora)		
		TOT	Leggeri	Pesanti	TOT	Leggeri	Pesanti
post operam (2012)	12.000	750	600	150	150	135	15

Per la stima del relativo flusso orario dei veicoli nell'arco della giornata tipo sopra riportato, si è correlato allo scenario diurno l'intero TGM, mentre allo scenario notturno il 10% dello stesso TGM; per la percentuale dei mezzi pesanti si è fatto riferimento alle aliquote riportate nella prima tabella di cui sopra.

La velocità media dei veicoli transitanti sul nuovo tronco dell'infrastruttura di progetto nello scenario post operam risulta, dalla media pesata effettuata, di 105 Km/h sia in fascia diurna che in fascia notturna.

Si sottolinea come, in considerazione dei futuri volumi di traffico previsti sull'infrastruttura di nuova realizzazione, si è reputato opportuno, già in fase di progettazione preliminare, l'utilizzo di asfalti con caratteristiche fonoassorbenti.

Sulla base di tali valori di traffico, le simulazioni effettuate hanno permesso di valutare la rumorosità immessa nell'ambiente dalla sola infrastruttura e di verificare, dove si ritiene possa essere necessario, la predisposizione di interventi di mitigazione per garantire il benessere acustico ai ricettori e rispettare i limiti imposti dalla Bozza di classificazione acustica.

In base alla trattazione svolta si è quindi provveduto ad effettuare la verifica del rispetto dei limiti di seguito riepilogati:

1. all'interno della fascia di A di pertinenza (100 m dal confine stradale) limiti da rispettare per i ricettori di particolare sensibilità (scuola in località La Palazzina) pari a 50 dB(A) diurno e 40 dB(A) notturno;
2. all'interno della fascia A di pertinenza (100 m dal confine stradale) limiti da rispettare per tutti gli altri ricettori pari a 70 dB(A) diurno e 60 dB(A) notturno;

3. all'interno della fascia B di pertinenza (150 m dal confine stradale) limiti da rispettare pari a 65 dB(A) diurno e 55 dB(A) notturno;
4. all'esterno della fascia di pertinenza limiti da rispettare secondo le classi acustiche individuate nella Bozza di classificazione acustica comunale.

### **1.4.3 I risultati delle simulazioni effettuate**

In Appendice 5 si riportano i tabulati riepilogativi dei risultati delle simulazioni effettuate nell'ambito del presente studio, mediante l'applicazione del modello previsionale Mithra, in corrispondenza dei ricettori presenti nella fascia di studio di 250 metri dell'infrastruttura di progetto (fascia di impatto maggiormente critica).

Le simulazioni sono state realizzate per gli scenari post operam con e senza gli interventi di mitigazione previsti, vale a dire le barriere antirumore, all'anno 2012 di esercizio dell'infrastruttura in oggetto; per lo scenario post operam si sono considerati i due periodi di riferimento diurno e notturno, per lo scenario con mitigazione lo scenario maggiormente critico (quello notturno).

Si è suddiviso il I° tronco in 7 tratti maggiormente significativi, il II° tronco in 4 tratti e il III° tronco 5 tratti corrispondenti a relativi run di calcolo: all'interno di ciascun run i ricettori significativi considerati sono stati numerati in ordine crescente in senso orario rispetto al tratto di strada partendo dal lato posto più ad ovest (vedi Planimetria dei ricettori in Appendice 4).

I tabulati dei risultati di calcolo relativi alle simulazioni condotte nello scenario post operam si riferiscono ai tratti considerati per ciascuno dei 3 tronchi e corrispondono ai run di modello oggetto delle simulazioni (vedi anche la planimetria della Bozza di zonizzazione acustica per l'individuazione dei run sul tracciato di progetto):

#### **Scenario post operam:**

- Tronco 1 (n. 7 tratti selezionati)
  - Km 1-2
  - Km 3-4
  - Km 8-10
  - Km 12-13
  - Km 14-15
  - Km 19-20
  - Km 22-25
- Tronco 2 (n. 4 tratti selezionati)
  - Km 0-3
  - Km 8-11
  - Km 12,5-15

- Km 16,5-19
- Tronco 3 (n. 5 tratti selezionati)
  - Km 0,5-2,5
  - Km 6-8
  - Km 9-14,5
  - Km 14,5-17,5
  - Km 19-21

Dall'analisi dei risultati emersi e dal confronto di questi con i limiti di legge adottati, appare evidente come lo scenario più critico risulta quello notturno per il superamento dei livelli limiti di immissione in più ricettori considerati: il tronco più critico è risultato il numero 3 (in particolare dal Km 9 al Km 14,5), per la presenza di un'area mediamente edificata che si sviluppa parallelamente alla strada di progetto (frazione di Su Canale).

In corrispondenza di tutti quei ricettori significativi considerati nelle simulazioni modellistiche post operam per il quali si è riscontrato il superamento dei limiti di legge, si è provveduto ad inserire degli interventi di mitigazione opportuni (barriere acustiche) al fine di abbassare, là dove possibile, entro i limiti normativi, i livelli di immissione prodotti, nella fase di esercizio, dalla nuova infrastruttura.

Attraverso nuove simulazioni effettuate con il modello Mithra nello scenario temporale notturno in cui sono emersi i superamenti dei limiti di legge, è stato possibile dimensionare tutta una serie di interventi di mitigazione (vedi paragrafo relativo alle misure di mitigazione per approfondimenti) in prossimità dei ricettori critici presenti lungo i tronchi del tracciato di progetto a maggiore densità abitativa (oggetto di simulazioni), i cui nuovi livelli di immissione vengono riportati nella stessa Appendice 5 secondo il seguente schema:

**Scenario con mitigazioni (barriere calcolate):**

- Tronco 2
  - Km 0-3 (n.1 barriera)
  - Km 8-11 (n.1 barriera)
  - Km 12,5-15 (n. 1 barriera)
  - Km 16,5-19 (n. 1 barriera)
- Tronco 3
  - Km 0,5-2,5 (n.1 barriera)
  - Km 6-8 (n. 1 barriera)
  - Km 9-14,5 (n. 5 barriere)

A seguito delle simulazioni modellistiche effettuate si è giunti alla seguente situazione:

- mediante gli interventi di mitigazione previsti nel presente studio e dimensionati sul traffico di esercizio ipotizzato per la nuova infrastruttura stradale all'anno 2012, si è riusciti a mitigare l'impatto acustico indotto in prossimità dei ricettori più critici nella fascia di studio di 250 metri dal bordo strada, riportando i valori di immissione, in corrispondenza di questi, entro i limiti normativi adottati nel presente studio (in riferimento alla fascia di pertinenza acustica per strade esistenti di tipo B come indicato nel DPR 142/04);
- per l'unico ricettore di maggiore sensibilità individuato entro la fascia di 250 m (edificio scolastico nella frazione del Comune di Monti in località Su Canale), pur rilevando dei superamenti (oltre 60 dBA) dei limiti di legge (fissati in 50 dBA per la sola fascia diurna), non si è provveduto alla collocazione di una barriera antirumore ma si è optato per un intervento di mitigazione diretto sul ricettore come meglio illustrato nel paragrafo successivo "Interventi di protezione acustica";
- al di fuori dei tratti sopra elencati (oggetto di simulazione modellistica), sono state previste ulteriori barriere fuori calcolo in prossimità di quei gruppi di case o abitazioni isolate posizionate a meno di 30-40 metri dal previsto collegamento (tronchi restanti non oggetto di simulazioni); in particolare si sono previste n. 3 barriere acustiche nell'ambito del Tronco 1:
  - al Km 0+130
  - al Km18+000
  - al Km 30+132
- all'esterno della fascia di pertinenza acustica (oltre 250 m dal bordo strada) è sempre garantito il rispetto della classe II; in tal modo risultano tutelate, relativamente al fattore ambientale rumore ed in base alla bozza di zonizzazione prevista, le aree rientranti nel SIC che interferiscono con la nuova infrastruttura sia nel Tronco 1 (dal Km 15 fino alla fine del tronco) e sia nel Tronco 2 (dal km 2 al Km 5);
- in relazione alla sovrapposizione (ove riscontrata) tra la fascia di pertinenza acustica stradale della nuova infrastruttura e l'omonima fascia di pertinenza della ferrovia Sassari – Olbia, i pochi superamenti riscontrati (confrontati con i valori limite di immissione ridotti che tengono conto della concorsualità fra le due infrastrutture – vedi la fine del cap. 1.3.2.2), sono riportati entro i limiti di legge grazie agli stessi interventi di mitigazione previsti;
- in alcune circostanze, pur rilevando delle situazioni di superamento dei limiti di legge e dimensionando acusticamente, tramite modello, le relative barriere acustiche al fine di contenere l'impatto, non si sono stati considerati nel computo finale tali interventi di mitigazione perchè correlati ad edifici attualmente diroccati o non stabilmente abitati; si elencano comunque di seguito per completezza di trattazione le 3 situazioni di tale tipo riscontrate:

BARRIERE PREVISTE	CARREGGIATA	LUNGHEZZA	ALTEZZA	CORRISPONDENZA CODICE RICETTORI MODELLO/ CENSITI
<b>Progressiva</b>				
<b><u>Tronco 2</u></b>				
<b>16+050</b> <i>Fuori calcolo</i>	SUD	70	2	R205
<b><u>Tronco 3</u></b>				
<b>0+750</b> <i>Calcolata da modello</i>	NORD	45	2	R2/R225
<b>6+800</b> <i>Calcolata da modello</i>	NORD	50	2	R9/R243A

- tutte le barriere individuate sono state dimensionate acusticamente in modo tale da poter essere eventualmente allungate o alzate nel momento in cui durante la fase di progettazione maggiormente avanzata o in fase di esercizio si riscontrasse un traffico maggiore di quello considerato nelle simulazioni con un sostanziale aggravio dell'impatto acustico indotto.

## 1.5 GLI INTERVENTI DI PROTEZIONE ACUSTICA

Allo scopo di contenere i livelli sonori che vengono generati dall'infrastruttura stradale di progetto in prossimità di quei ricettori maggiormente esposti alla rumorosità del traffico veicolare (vicino il bordo strada), possono essere previsti degli interventi di minimizzazione di tipo attivo (atti a limitare l'emissione sonora derivante dal transito dei veicoli) e di tipo passivo (atti a contenere la diffusione del rumore prodotto dal transito dei veicoli).

La mitigazione dell'inquinamento acustico può infatti essere ottenuta con una serie di azioni integrate e sinergiche, allo scopo di ottenere i necessari abbattimenti dei livelli sonori.

Nell'ambito della progettazione stradale oggetto del presente studio sono stati previsti interventi di mitigazione sia di tipo attivo che di tipo passivo.

Vengono di seguito descritti i meccanismi di funzionamento e gli ambiti applicativi dei principali interventi di protezione acustica di tipo attivo e passivo che vengono generalmente adottati nei confronti delle infrastrutture stradali.

Per quanto riguarda la prima tipologia di mitigazioni, sono state previste già a livello progettuale delle speciali pavimentazioni fonoassorbenti e drenanti, in grado di ridurre direttamente alla sorgente l'emissione di rumore; tali asfalti contribuiscono sia a contenere il rumore di rotolamento, che il rumore proveniente da altre sorgenti (motore, sistema di

scarico, aspirazione, et.), determinando complessivamente una riduzione di rumorosità di circa 3-4 dB(A).

Come interventi di mitigazione di tipo passivo si è invece fatto ricorso a barriere acustiche, previste lungo il tracciato di progetto o ad interventi diretti sul ricettore nel caso l'efficacia di abbattimento acustico delle barriere fosse non sufficiente o l'intervento troppo costoso.

### **1.5.1 Pavimentazioni stradali fonoassorbenti**

Il rumore generato dal traffico stradale è principalmente quello indotto dal rotolamento del pneumatico sulla superficie stradale.

Gli altri rumori precedentemente indicati, vale a dire quelli dovuti al rumore degli organi meccanici, allo scarico dei gas combusti, et. sono meno importanti, soprattutto nelle condizioni di traffico extraurbano, come nel caso dell'infrastruttura stradale di progetto, e per le autovetture, e, comunque, quando la velocità della corrente veicolare supera i 50 Km/h; a 90-100 Km/h poi, la rumorosità indotta dal rotolamento è superiore di almeno 6-10 dB(A) a quella delle altre sorgenti.

Il rumore da rotolamento dipende dalla natura e dalla forma delle superfici a contatto: per la pavimentazione contano la micro e la macro tessitura degli elementi superficiali, mentre per il veicolo hanno principalmente importanza le dimensioni della superficie d'impronta del pneumatico e la sua scolpitura.

Per quanto riguarda il rivestimento della pavimentazione stradale, viene di seguito indicato il grado di rumorosità generato per ciascuna delle diverse caratteristiche superficiali delle strade:

- basso, per rivestimento poroso, liscio ed abrasivo fine;
- medio, per rivestimento spigoloso lucido;
- alto, per rivestimento abrasivo spigoloso e bocciardato;
- altissimo, per rivestimenti striati.

Le strutture porose, dette anche a tessitura negativa, permettono di smaltire i veli d'acqua al loro interno in caso di pioggia, e quindi assicurano l'aderenza necessaria, generando però rumore ridotto, in quanto la loro superficie tende ad essere liscia; la loro struttura di tipo alveolare, inoltre, assorbe parzialmente anche gli altri rumori dei veicolo.

La presenza di vuoti, poi, riduce notevolmente lo spruzzo dell'acqua di pioggia da parte delle ruote, che su altri tipi di pavimentazione riduce la visibilità in modo pericoloso.

Per tutte queste caratteristiche, quindi, le pavimentazioni di questo tipo vengono denominate pavimentazioni in conglomerato bituminoso drenante e fonoassorbente (C.D.F.).

Lo sviluppo di pavimentazioni drenanti-fonoassorbenti è stato frenato, per anni, dall'intrinseca debolezza che una struttura così porosa ha nei confronti delle sollecitazioni

meccaniche del traffico causa, pertanto, di caratteristiche di durata a fatica estremamente ridotte; attualmente, grazie all'adozione di nuovi bitumi ad alta resistenza, legata alle modifiche di struttura interna dovute ad elastomeri o plastomeri termoresistenti, i problemi di durabilità sono stati risolti.

L'effetto globale della pavimentazione drenante non è riconducibile ad una riduzione del solo rumore da rotolamento; infatti, l'attenuazione di rumore che si ottiene è indipendente dalla velocità dei veicoli in prova, mentre è dimostrato che il contributo del rumore da rotolamento è fortemente influenzato dalla velocità degli automezzi.

Pertanto, un'azione che riduca il solo rotolamento, non può portare ad attenuazioni globali di 4-5 dB(A), come in effetti si ha, anche a bassa velocità, cioè in condizioni in cui le sorgenti predominanti sono il motore ed il sistema di scarico.

Questa ipotesi è maggiormente confermata da quanto si può dedurre confrontando i risultati delle misure effettuate con veicoli campione a 60 Km/h, dapprima in presa diretta con motore acceso e, successivamente, a folle e con motore spento: mediando tutti i risultati si ottiene che il rotolamento rappresenta circa il 68% del rumore globale per le vetture, ed il 22% per gli autocarri; su questi veicoli, così diversi dal punto di vista della composizione dell'emissione acustica, l'attenuazione della pavimentazione drenante è in pratica identica, risultando per entrambi di circa 3,5 dB(A): questo risultato è spiegabile solamente ipotizzando un ulteriore effetto fonoassorbente della pavimentazione drenante, oltre a quello della riduzione del rumore da rotolamento.

L'effetto globale della pavimentazione drenante non è riconducibile ad una riduzione di rumorosità per solo fonoassorbimento lungo la via di propagazione sorgente/ricettore: infatti, il massimo guadagno che si può ottenere passando da una pavimentazione tradizionale ad una superficie fonoassorbente è di 1,3 dB(A), quindi un valore molto inferiore alle attenuazioni misurate sperimentalmente.

L'effetto globale della pavimentazione drenante è riconducibile ad una attenuazione per fonoassorbimento, effettuata in primo luogo sul rumore generato da tutte le sorgenti, e riflesso più volte fra scocca e superficie stradale, ed in secondo luogo sulla via di propagazione sorgente/ricettore.

Un ulteriore effetto si ottiene con la mitigazione dell'amplificazione del rumore per successivi rimbalzi tra superficie stradale e parete del battistrada; la presenza di una superficie fonoassorbente attenua l'amplificazione.

In queste condizioni, si ottengono teoricamente riduzioni da 3,5 a 4,5 dB(A), in funzione del numero di riflessioni reciproche fra scocca-cabina e superficie stradale.

Il comportamento fonico delle pavimentazioni in CDF consente le seguenti considerazioni:

- possono essere impiegate con successo anche in ambito urbano, in quanto il loro effetto non è vincolato alla velocità dei veicoli; in teoria, l'attenuazione potrebbe essere ancora maggiore nel caso di automezzi fermi ai semafori o con traffico lento o a singhiozzo;
- la pavimentazione C.D.F. modifica in modo sostanziale lo spettro di rumorosità media, attenuando sensibilmente le frequenze da 500 a 10.000 Hz.

I manti di usura fonoassorbenti costituiscono il primo gradino di intervento per il contenimento del rumore, in quanto:

- il rapporto benefici/costi (nell'ambito della resa sonora garantita: 3-4 dB) è sensibilmente migliore del rapporto benefici/costi caratteristico delle barriere acustiche;
- detta pavimentazione offre consistenti ulteriori vantaggi nei confronti della sicurezza di marcia dei veicoli;
- detti manti non determinano impatti aggiuntivi sul paesaggio.

Per la succitate ragioni la strategia di contenimento delle emissioni sonore ha privilegiato innanzitutto l'impiego dei manti drenanti per poi passare alla previsione di barriere acustiche solo nei casi in cui l'effetto dei manti drenanti non fosse ritenuto sufficiente al rispetto dei limiti di legge.

### **1.5.2 Barriere antirumore**

Una barriera antirumore rappresenta un ostacolo sufficientemente opaco al suono e con un'altezza tale da intercettare la retta congiungente la posizione della sorgente sonora con quella del ricevitore.

In tali condizioni risulta impedito il percorso diretto del rumore, che può tuttavia raggiungere il ricevitore per effetto della diffrazione delle onde sonore che si verifica ai bordi della barriera.

L'effetto di attenuazione delle barriere acustiche viene infatti studiato essenzialmente sulla base della teoria della diffrazione delle onde sonore.

Nello spazio restrostante allo schermo si modificano le condizioni di propagazione del rumore, creandosi zone di ombra acustica differenziate in relazione alle varie frequenze del suono incidente.

L'onda sonora che incontra un ostacolo solido, oltre a generare tali fenomeni di diffrazione, viene in parte riflessa dall'ostacolo, ed in parte penetra nell'ostacolo stesso, dove si trasforma in vibrazioni meccaniche che possono eventualmente irradiare nuove onde acustiche.

Il rumore percepito per diffrazione è in genere predominante rispetto agli altri contributi: fisicamente tale fenomeno è dovuto alla continuità del mezzo di propagazione, vale a dire l'aria, che viene solo parzialmente interrotta dall'interposizione di un schermo.

L'effetto finale è rappresentato dalla creazione di una sorgente secondaria di rumore, posizionata sulla sommità della barriera.

Questo schema di comportamento è valido solamente per barriere sottili, la cui minore dimensione, vale a dire l'altezza, sia almeno pari al doppio della lunghezza caratteristica del rumore su di essa incidente.

Uno schermo acustico risulta efficace quanto maggiore è la zona di ombra acustica, e quanto meno tale zona viene perturbata dalle onde sonore riflesse o irradiate direttamente dallo schermo.

Per il calcolo dell'attenuazione sonora prodotta da uno schermo acustico, sono stati elaborati dei diagrammi, abachi o modelli, in cui è possibile determinare l'attenuazione della barriera in funzione della tipologia dell'infrastruttura (viadotto, rilevato e trincea), dell'altezza della barriera dell'ambiente di propagazione, della distanza e dell'altezza del ricettore.

Dal punto di vista acustico, le barriere antirumore si dividono essenzialmente in barriere fonoisolanti e fonoassorbenti.

Le barriere fonoisolanti sono caratterizzate dalla circostanza di riflettere l'onda sonora incidente.

Si definisce potere fonoisolante la differenza tra il suono diretto ed il suono riflesso; tale proprietà è anche definita come perdita per inserzione (Insertion loss).

I materiali che vengono utilizzati per realizzare tali tipi di barriera sono, ad esempio, il legno, il calcestruzzo o i materiali trasparenti, quali policarbonato o polimetilmetacrilato (PMMA).

Le barriere fonoassorbenti riflettono solamente una parte dell'onda sonora incidente, mentre smorzano la restante parte di energia.

Si definisce quindi potere fonoassorbente la capacità di un materiale di dissipare l'energia incidente; tale proprietà è misurabile nel rapporto tra l'energia acustica riflessa e quella incidente.

Esempi di questa tipologia di barriere antirumore sono dati dai pannelli costituiti da una scatola metallica, in acciaio o in alluminio, oppure in legno, all'interno della quale viene inserito del materiale fonoassorbente, prevalentemente costituito da complessi porosi (fibrosi o schiume sintetiche) che sfruttano i fenomeni di attrito e di risonanza.

Per la realizzazione di dispositivi di protezione sonora, bisogna prestare attenzione (da un punto di vista tecnica acustica) a quanto segue:

- la diminuzione del livello sonoro cresce con l'altezza del mezzo di protezione, in ogni caso la barriera deve superare la linea congiungente la sorgente sonora ed il ricevitore ( $h_{eff} > 0$ );
- lo schermo acustico deve essere senza fessure, poiché anche i più piccoli fori permettono il passaggio di fastidiose punte di livello sonoro, soprattutto nel campo delle alte frequenze, generalmente ben schermate;
- l'altezza schermante dovrebbe rimanere costante su grandi lunghezze del mezzo protettivo, poiché ad ogni cambiamento dell'altezza è associata sempre un'oscillazione del livello sonoro;
- lo schermo acustico deve essere sufficientemente lungo;

- tutti i materiali impiegati nella costruzione devono resistere alle intemperie ed assicurare, senza problemi, una lunga vita (20-30 anni). Devono essere assolutamente ininfiammabili, resistenti ad umidità gas di scarico, sali antighiaccio, detergenti ed oli per motore. Le parti metalliche devono essere adeguatamente protette contro la corrosione.

### **1.5.3 Gli interventi di mitigazione previsti**

Nella tabella riepilogativa riportata alla fine di questo paragrafo, sono indicati tutti gli interventi di protezione acustica (barriere antirumore) previsti nell'ambito della progettazione preliminare della nuova strada tipo B (4 corsie) Sassari – Olbia in fase di esercizio (scenario all'anno 2012).

Tali interventi sono relativi alla sola collocazione di barriere antirumore, tenendo però presente che già in fase di progettazione preliminare strutturale è stato previsto, lungo tutto il nuovo tracciato, un asfalto poroso che possiede anche delle proprietà fonoassorbenti e quindi di mitigazione nei confronti dell'immissione sonora prodotta dal transito dei veicoli.

L'abbattimento acustico (di circa 3 dB) prodotto dalla pavimentazione in asfalto poroso a proprietà fonoassorbenti è stato considerato nelle simulazioni modellistiche effettuate, come già descritto con l'utilizzo dello specifico programma Mithra, nel presente studio attraverso un opportuno caricamento delle caratteristiche tipologiche della nuova infrastruttura stradale.

Inoltre per un solo ricettore (identificato con la sigla R279 nelle schede di censimento ricettori e con R23 nel run di simulazione riferito all'intervallo Km 9-14,5 del tronco 3) distante dal tracciato di progetto circa 70 m e costituito dal fabbricato della scuola elementare "Su Canale" in località La Palazzina (frazione di Monti), a seguito delle simulazioni effettuate, si è constatata la scarsa efficacia del collocamento di barriere su bordo strada, tanto che si è optato per l'utilizzo di serramenti fonoisolanti sulle facciate dell'edificio esposte alla rumorosità della strada.

Tale intervento consente (anche con un minor costo rispetto le barriere) di contenere i livelli di immissione prodotti dalla nuova infrastruttura in facciata (circa 63 dBA) entro i limiti di legge (50 dBA) per il periodo diurno e di assicurare allo stesso modo il rispetto dei limiti all'interno della scuola indicati dal DPR 142/2004 in 45 dBA diurni.

Le barriere previste sono del tipo in legno con un'altezza variabile tra i 2 e i 5,5 metri e dello spessore minimo di 12 cm, composte di due pannelli in legno, uno nella parte anteriore e uno nella parte posteriore dello spessore rispettivamente di 2 e 2,5 cm. Il materiale fonoassorbente presente all'interno della struttura sarà composto da due strati distinti, uno separato dal pannello anteriore e l'altro, sulla parte anteriore, sarà contenuto all'interno di un tessuto protettivo. In merito alle caratteristiche fonoassorbenti delle barriere prescelte, nell'ambito delle simulazioni previsionali effettuate con il modello Mithra si è utilizzato un coefficiente medio standard di assorbimento acustico ( $\alpha_s$ ) alle diverse frequenze (F) di seguito riportato:

<b>F (Hz)</b>	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b><math>\alpha_s</math></b>	0,10	0,10	0,30	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90

Per una dettagliata illustrazione sulla tipologia delle barriere fonoassorbenti previste si rimanda inoltre all'apposito elaborato grafico nel Quadro di riferimento progettuale (Sezioni tipo interventi di mitigazione ambientale).

Per l'esatta ubicazione delle barriere acustiche e dell'intervento diretto sulla scuola si veda anche la Planimetria degli interventi di mitigazione nel Quadro di riferimento progettuale.

Per ciascun tratto oggetto di simulazione modellistica in cui si è prevista la collocazione di barriere, si è provveduto inoltre a realizzare la mappatura acustica orizzontale a diverse altezze dal suolo delle curve isolivello (vedi Appendice 6) relative ai valori di emissione della sorgente sonora principale (infrastruttura di progetto); le mappe si riferiscono allo scenario post operam con mitigazioni nel periodo notturno apparso il più critico per il superamento dei limiti prescritti dalla normativa vigente e comprendono un areale sufficientemente rappresentativo dell'efficacia dell'intervento intorno al ricettore protetto.

In corrispondenza delle barriere più alte (3 m e 5,5 m) si sono inoltre realizzate mediante il modello Mithra delle sezioni acustiche di altezza pari a 10 m da terra per meglio visualizzare l'effetto schermate dell'intervento previsto nei confronti dei ricettori.

Per le barriere fuori calcolo previste nel Tronco 1 la collocazione e la scelta della tipologia ha seguito lo stesso criterio di base adottato per le barriere dimensionate con il modello di simulazione Mithra:

- barriere in materiale fonoassorbente (legno) posizionate ai bordi della strada in corrispondenza di isolati o gruppi di edifici stabilmente abitati posti a meno di 50 metri dall'infrastruttura di progetto;
- altezza complessiva di 2 metri per la mitigazione dei ricettori individuati posti entro i 50 m metri dall'infrastruttura stradale ritenuta sufficiente in base all'altezza (n. di piani) del ricettore e alla posizione planoaltimetrica tra sorgente (strada) e ricettore stesso.

Le barriere acustiche fuori calcolo sono state riportate, parimenti a quelle calcolate mediante modello, indicando lunghezza, altezza e tipologia nella Planimetria degli interventi di mitigazione con medesima colorazione ma tratteggiate.

Complessivamente su tutto il nuovo tracciato si sono previste n. 14 barriere per una lunghezza complessiva di 1069 metri:

- n. 11 barriere sul Tronco 2 e 3 dimensionate da modello per una lunghezza complessiva di 809 metri e con altezze variabili di 2, 3 e 5,5 metri;
- n. 3 barriere fuori calcolo sul Tronco 1 per una lunghezza complessiva di 260 metri e con altezza di 2 metri.

BARRIERE PREVISTE	CARREGGIATA	LUNGHEZZA	ALTEZZA	FUORI CALCOLO (NOME RUN)	CORRISPONDENZA CODICE RICETTORI MODELLO/ CENSITI	NUMERO PIANI
<b>Progressiva</b>						
<b><u>Tronco 1</u></b>						
<b>0+130</b>	SUD	70	2	SI	R002	1
<b>18+000</b>	NORD	50	2	SI	R074	1
<b>30+132</b>	SUD	140	2	SI	R117-R118-R119	1-1-1
<b><u>Tronco 2</u></b>						
<b>0+600</b>	NORD	40	2	NO (run T2 km 0-3)	R2/R129	1
<b>10+500</b>	SUD	48	2	NO (run T2 km 8-11)	R49/R166	1
<b>12+839</b>	SUD	104	2	NO (run T2 km 12.5-15)	R8/R186	2
<b>16+930</b>	SUD	63	2	NO (run T2 km 16.5-19)	R1/207	1
<b><u>Tronco 3</u></b>						
<b>1+866</b>	NORD	64	2	NO (run T3 km 0.5-2.5)	R8/R230A	1
<b>6+800</b>	NORD	50	2	NO (run T3 km 6-8)	R10/R243B	1
<b>9+756</b>	SUD	60	3	NO (run 006 T3 km 9-12)	R61/R250	2
<b>11+820</b>	SUD	76	5,5	NO (run 004 T3 km 9-12)	R78/R260	3
<b>12+677</b>	NORD	87	3	NO (run 007 T3 km 12-13)	R28/R292	1
<b>13+143</b>	NORD	137	2	NO (run 008 T3 km 12-13)	R44-R47/R305-R308	1-1
<b>13+740</b>	NORD	80	2	NO (run 005 T3 km 13-14.5)	R52/R311A	2

Tali interventi di mitigazione previsti in prossimità dei ricettori per i quali si è verificato un superamento dei limiti di legge e ubicati nei tratti maggiormente impattati dei tre tronchi di progetto, permettono il raggiungimento dei livelli limite di immissione indicati dalla normativa anche considerando l'interferenza tra l'infrastruttura stradale e ferroviaria.

## 1.6 ANALISI SULL'IMPATTO DA VIBRAZIONI

I parametri che definiscono il livello di potenziale criticità della trasmissione delle vibrazioni indotte dall'esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto possono essere di seguito sommariamente riassunti:

- caratteristiche geolitologiche dei terreni;
- tipologia dei ricettori;
- distanza dei ricettori dall'infrastruttura stradale di progetto;
- tipologia costruttiva della variante stradale.

Per quanto riguarda le caratteristiche geo-litologiche dei terreni, le vibrazioni che si propagano in terreni o rocce alterate, con un livello di addensamento medio-basso, hanno frequenze predominanti inferiori rispetto a quelle che, invece, si propagano in litotipi compatti rigidi, anche perchè la dissipazione, nei primi, è superiore rispetto a quella dei secondi.

L'ambito territoriale dove è prevista la realizzazione della strada di progetto è caratterizzato dalla presenza delle seguenti tipologie di materiali all'interno della fascia di territorio di larghezza pari a 50 m per lato dalla proposta infrastruttura (normalmente considerata come fascia di interesse per la propagazione delle vibrazioni da traffico stradale e ferroviario):

- materiali alluvionali in corrispondenza degli attraversamenti di corsi d'acqua e in modo continuativo dal Km 12 del tronco 3 fino al termine del tracciato (area dove sono stati riscontrati la maggior parte dei ricettori entro la fascia di 50 m dal bordo strada);
- alternanza prevalente di materiali intrusivi (prevalentemente graniti) e vulcanici (lave) nei restanti tratti.

Per quanto riguarda i ricettori, invece, il loro livello di criticità è rappresentato dai seguenti fattori:

- tipologia del ricettore (ospedali, industrie di precisione, beni storico-archeologici, scuole, edifici residenziali a più piani, et.);
- distanza del ricettore dalla variante stradale di progetto;
- ubicazione morfologica rispetto al tracciato.

Dall'esito dell'apposito censimento dei ricettori effettuato nell'ambito di tale studio (vedi schede riportate in Appendice 2) si evince che il primo e parte del secondo tronco in progetto sono caratterizzati da edifici ad uso agricolo o rurale costruiti prevalentemente

con criteri tradizionali (muratura portante in pietra o mattoni identificati in classe di fondazione del tipo C).

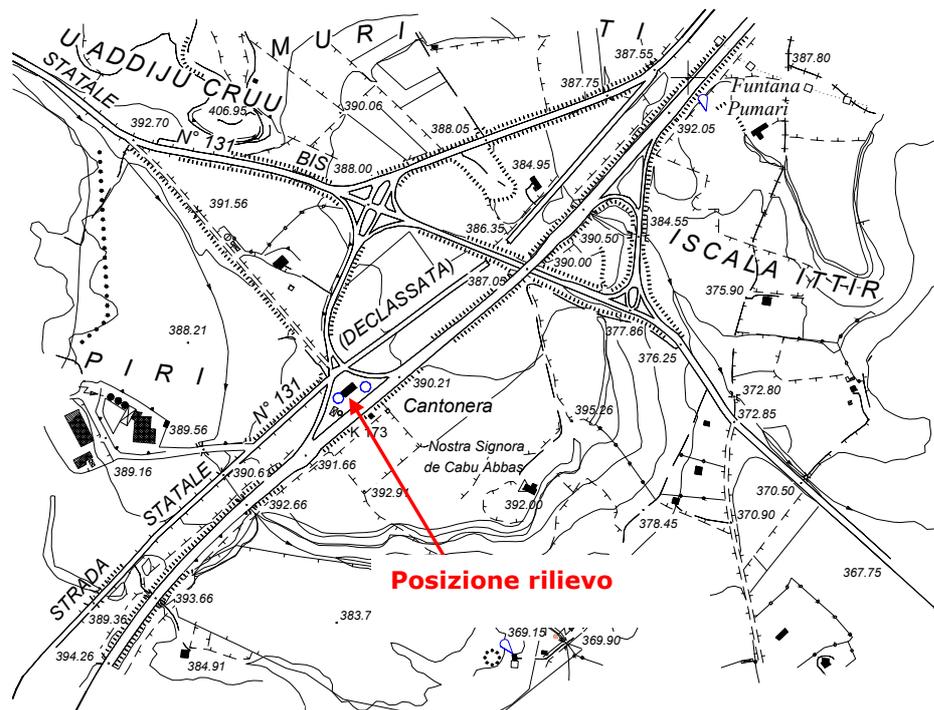
Diversamente, partendo dalla zona industriale-artigianale di Berchidda e muovendosi in direzione di Olbia, si incontrano diversi edifici realizzati con ossatura portante in cemento armato utilizzati prevalentemente con fini industriali e/o artigianali.

Infine, per quanto concerne le diverse tipologie costruttive del tracciato stradale di progetto, sono da considerare come maggiormente critici i tratti in trincea, quindi i rilevati e le gallerie; in particolare per queste ultime sono più critici i ricettori posti nelle vicinanze degli imbocchi e quelli soprastanti il tracciato stradale.

La tipologia costruttiva in viadotto trasmette in misura meno significativa le vibrazioni al terreno e, di conseguenza, ai ricettori limitrofi.

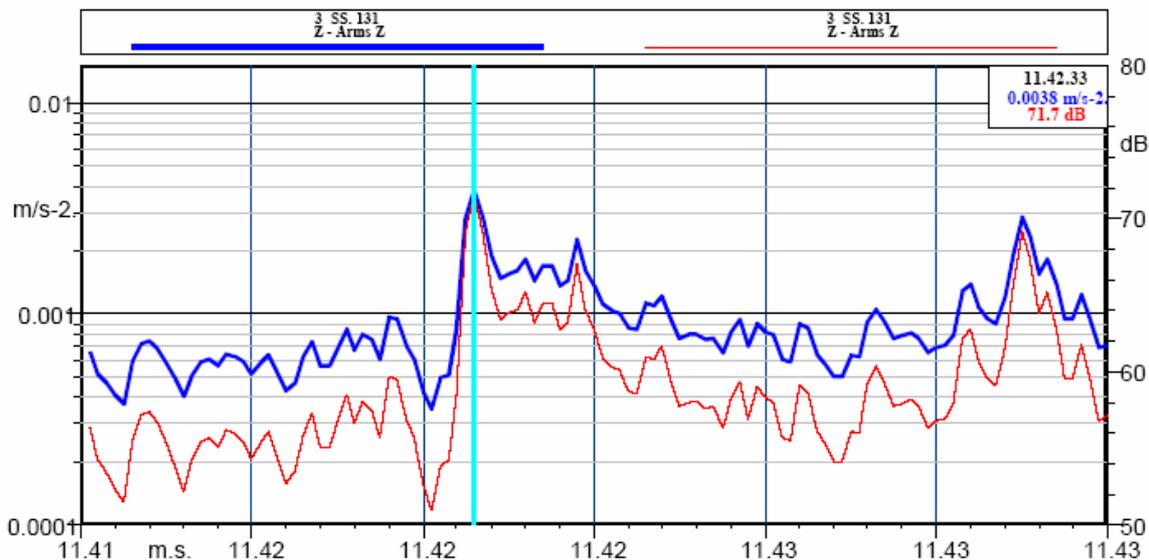
Inoltre rilievi effettuati nell'ambito dello Studio d'Impatto Ambientale relativo al tratto della SS 131 dal km. 146.800 al km. 209.400 in condizioni di traffico con TGM paragonabile se non maggiore al tracciato di progetto, hanno evidenziato valori al di sotto dei valori limite.

Nelle figure seguenti viene identificato il punto di rilievo e i risultati dell'analisi.



Identificazione della posizione di misura. Interno della casa cantoniera ubicata al km. 173

L'accelerometro è stato posizionato in un locale al piano terra. La misura è stata effettuata durante il transito di veicoli a diversi assi. Sono risultati predominanti i passaggi con veicoli a 2 assi; si riporta di seguito un estratto della misurazione:



data	Ora misura	$a \text{ m/s}^2 \text{ Z}$	$L \text{ dB Z}$	Valori di riferimento	$a \text{ m/s}^2 \text{ Z}$	$L \text{ dB Z}$
09.09.2004	11.41	$3.8 \cdot 10^{-3}$	71.7	Abitazioni (giorno)	$5.0 \cdot 10^{-3}$	77.0

Sulla base di considerazioni di tipo qualitativo degli elementi sopra riportati, è possibile rilevare come la realizzazione dell'infrastruttura stradale di progetto non induce alterazioni significative in corrispondenza degli edifici situati nell'ambito territoriale di indagine, in quanto:

- non si rileva la presenza di ricettori sensibili, quali ospedali e/o industrie di precisione, nelle vicinanze del tracciato di progetto;
- non vengono rilevate situazioni di criticità in relazione alla tipologia di terreni attraversati;
- la maggior parte degli edifici si trova a distanze dall'infrastruttura stradale, tali da consentire la dissipazione nel terreno dei livelli di accelerazione indotti dal traffico autoveicolare (la maggior parte delle vibrazioni si esaurisce nell'ambito di poche decine di metri in terreni ad elevata dissipazione).

Le stesse considerazioni fatte per la fase di esercizio valgono anche per la fase di realizzazione dell'opera dove non si prevedono lavorazioni di particolare criticità nei confronti del fattore ambientale vibrazioni ne tantomeno risultano essere presenti ricettori sensibili/vulnerabili alle vibrazioni nelle zone (poste entro 50 m dal limite dei cantieri principali) immediatamente adiacenti alle aree di lavorazione.