



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE
AMBIENTE

Studi ambientali e paesaggistici
Relazione rumore e vibrazioni

Il Progettista

Responsabile di progetto ed
incaricato delle integrazioni tra
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti
Ing. G. Mondello



Gallerie
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e
paesaggio



Rumore,
vibrazioni
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE TR/LT DISCIPLINA/OPERA DOC Progr. ST.REV.

D 0 1 - T 1 0 0 - AM 0 3 9 - 1 - RG - 0 0 1 - 0 A

FOGLIO

0 1 DI 0 1

DATA

GENNAIO '17

SCALA

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	Altran	D'Armini	Monaco

IL RESPONSABILE
DEL
PROCEDIMENTO

IL CONCESSIONARIO

SARC SRL



L'ENTITA' COSTRUTTRICE

VISTO PER ACCETTAZIONE

INDICE

A	PREMESSA	4
B	DESCRIZIONE DELL'AREA DI STUDIO E DEL PROGETTO	6
C	RUMORE	9
C.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
C.1.1	Introduzione	9
C.1.2	Il D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"	9
C.1.3	La legge quadro sull'inquinamento acustico 26/10/1995 n.447	12
C.1.4	IL D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"	14
C.1.5	Il D.M. 16/3/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"	15
C.1.6	Il D.M. 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto e delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore "	16
C.1.7	D.P.R. 30/03/2004 n.142 Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.	19
C.1.8	Direttiva 2002/49/CE e D.Lgs. 194/2005.....	22
C.1.9	Decreto Assessorato della Sanità 11/09/2007	24
C.2	ORGANIZZAZIONE DEL PROGETTO	26
C.2.1	SoundPLAN 7.2.....	26
C.2.2	NMPB-Routes 96.....	27
C.2.3	Dati di input.....	29
C.2.4	Elaborazione dei dati di input	30
C.2.5	Verifica della calibrazione del modello	36
C.3	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ACUSTICHE ANTE OPERAM – POST OPERAM	38
C.3.1	Introduzione	38
C.3.2	Parametri di calcolo	39

C.3.3	Caratterizzazione della sorgente.....	39
C.3.4	Risultati della progettazione di dettaglio delle barriere acustiche	43
C.3.5	Determinazione dell'indice di priorità degli interventi	46
C.3.6	Analisi dei dati e conclusioni dello studio Post operam.....	48
C.4	ANALISI DELL'IMPATTO ACUSTICO DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE	50
C.4.1	Introduzione.....	50
C.4.2	Descrizione degli input per l'analisi	51
C.4.3	Analisi delle immissioni acustiche di medio/lungo periodo: effetti indotti dalle attività di cantiere fisse e dalle modifiche alla viabilità esistente	63
C.4.4	Analisi delle immissioni acustiche di breve periodo: effetti indotti dai cantieri mobili e dal traffico indotto dalle attività di cantiere	71
C.4.5	Analisi dei dati e conclusioni dello studio previsionale relativo alle attività di cantiere	74
C.4.6	Prescrizioni per il contenimento delle emissioni acustiche in corso d'opera.....	76
C.5	ATTESTATI TECNICI ACUSTICI COMPETENTI	79
D	VIBRAZIONI	82
D.1	QUADRO NORMATIVO	82
D.1.1	Normativa generale	82
D.2	MODALITÀ DI PROPAGAZIONE DEL FENOMENO VIBRATORIO	83
D.2.1	UNI 9614 – Effetti sulle persone.....	84
D.2.2	UNI 9916 - Effetti sugli edifici	88
D.2.3	Effetti sulle attività produttive.....	91
D.3	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO	92
D.3.1	Classificazione UNI9614 del territorio	92
D.3.2	Analisi degli impatti attuali	94
D.3.3	Inquadramento Geologico	99
D.4	ANALISI DEGLI IMPATTI	100
D.4.1	Impatti Previsionali - Fase di Esercizio.....	100
D.4.2	Impatti Previsionali - Fase di Cantiere.....	104

ALLEGATI:

TOMO 1 – Simulazioni acustiche:

- ALLEGATO I: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ACUSTICHE
- ALLEGATO II: DETTAGLIO DEGLI EFFETTI DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA
- ALLEGATO III: DETTAGLIO SUI RECETTORI SENSIBILI - RUMORE
- ALLEGATO IV: CONFRONTO TRA LA SITUAZIONE POST OPERAM E POST OPERAM CON MITIGAZIONI: SEZIONI VERTICALI
- ALLEGATO V: SIMULAZIONI ACUSTICHE DI DETTAGLIO ESEGUITE NELLE AREE CRITICHE DI CANTIERE

TOMO 2 – Schede censimento ricettori:

- ALLEGATO VI: SCHEDE CENSIMENTO RICETTORI

TOMO 3 – Report misure fonometriche:

- ALLEGATO VII: REPORT MISURE FONOMETRICHE

TOMO 4 – Report misure vibrazioni:

- ALLEGATO VIII: REPORT MISURE VIBRAZIONI

A PREMESSA

Scopo del presente studio è quello di valutare l'impatto, durante le fasi Ante Operam, Corso d'opera e Post Operam,, delle componenti Rumore e Vibrazioni, che la realizzazione dell'infrastruttura di progetto avrà sull'ambiente circostante, in linea con le prescrizioni CIPE riportate nella Del. n. 3/2010, ed in particolare le n. 8, 17, 49, 50 e 67.

Si specifica che, anche se non espressamente prescritto in sede di Delibera CIPE 3/10, si è ritenuto opportuno, nella presente fase, elaborare uno studio acustico post - operam ed in corso d'opera interamente ex novo; dopo attenta riflessione ed analisi, infatti, tale opzione è stata ritenuta necessaria in quanto, nella presente fase, si è potuto disporre:

- del progetto definitivo completo ed aggiornato in ogni sua parte, comprensivo delle ottimizzazioni apportate al progetto in relazione all'ottemperanza di alcune specifiche prescrizioni di carattere progettuale che hanno determinato lievi modifiche al tracciato planoaltimetrico stradale;
- dei rilievi topografici in 3D aggiornati, elaborati sulla base del volo aereo appositamente effettuato;
- del censimento aggiornato di tutti i ricettori presenti nel corridoio di studio;
- dei flussi di traffico più attendibili e aggiornati.

L'insieme dei fattori sopra illustrati, unitamente all'esecuzione di una campagna integrativa di indagini fonometriche e vibrazionali, i cui risultati sono allegati al presente documento, ha consentito di disporre di un data base più aggiornato e dettagliato, sulla base del quale poter effettuare le più attendibili simulazioni modellistiche relative agli impatti attesi sulle componenti rumore e vibrazioni, nel rispetto delle prescrizioni riportate nella Del. CIPE 03/10.

Per ognuna delle due componenti esaminate saranno nel seguito riportati i riferimenti normativi, la metodologia di studio i risultati delle valutazioni modellistiche effettuate, indicando gli eventuali interventi di mitigazione e le relative analisi dei dati risultanti dagli studi condotti.

Per una più agevole individuazione delle corrispondenze tra le prescrizioni CIPE ed il presente studio, si riporta la seguente tabella:

Prescrizioni CIPE	Capitoli/Paragrafi corrispondenti alle prescrizioni
8.2	C.6 - D.3.5
17	D.3.4
49	C.6.6; C.6.7; C.6.8, C.7.1; C.7.2
50	G.3 del documento - D01-T100-AM090-1-RG-002-0A (PMA)
67	C.3.3.1

Si specifica che lo studio è stato redatto dagli ingg. Sergio Giuseppe Bartolo e Massimo Provenzano, tecnici competenti in acustica (cfr. C.5).

B DESCRIZIONE DELL'AREA DI STUDIO E DEL PROGETTO

Il progetto si inserisce nel settore sud-orientale della Sicilia. L'intervento inizia a sud in prossimità delle aree urbane di Ragusa, Comiso e Vittoria, per proseguire poi, lungo l'attuale SS 514, nelle aree collinari dell'entroterra ragusano, siracusano e catanese e ridiscendere verso la piana di Catania, lungo la SS 194, terminando, a nord, presso le aree costiere più settentrionali della Provincia di Siracusa, dopo aver lambito i centri urbani di Francofonte e Lentini (Figura B.1).

Figura B.1: Inquadramento dell'area d'intervento



Il tracciato si snoda in larga parte sull'attuale sede delle SS524 e SS194, discostandosene solo per brevi tratti in cui l'adeguamento risulta impossibile per la presenza di parametri geometrici non compatibili con le norme progettuali di riferimento. Sono presenti due varianti significative all'attuale tracciato, una in prossimità dell'abitato di Francofonte e l'altra in prossimità dell'abitato di Lentini.

L'intervento presenta uno sviluppo di circa 68,6 Km, così suddiviso:

- circa 39 km lungo la S.S. 514 dall'area di Ragusa all'innesto con la S.S. 194 presso Vizzini;

- circa 29 km lungo la S.S. 194 dall'innesto con la S.S. 514 sino a fine intervento presso l'abitato di Lentini;

L'Autostrada è collegata:

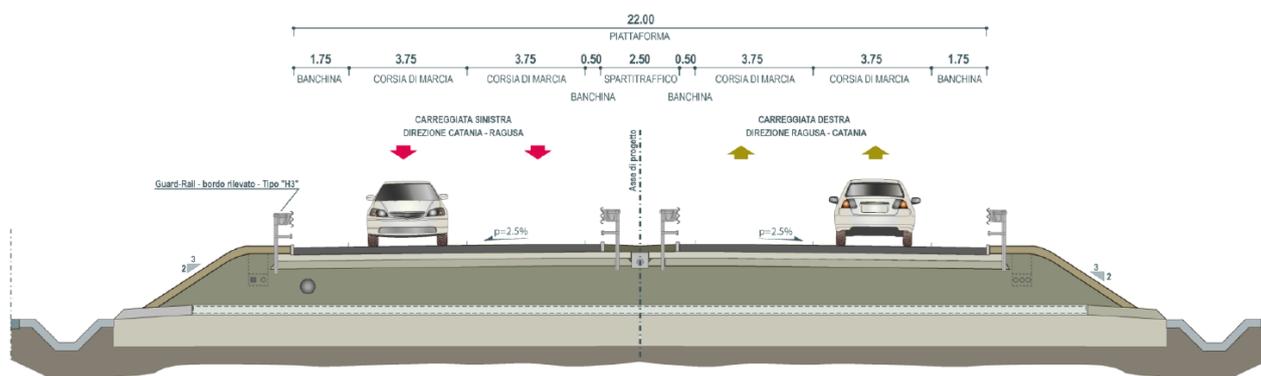
- a sud, con la S.S. 115 Sud Occidentale Sicula, che collega le città di Trapani e Siracusa;
- a nord, con l'Autostrada Catania – Siracusa.

La piattaforma stradale presenta una larghezza pari a 22 m, in accordo con la sezione tipo B del D.M. 5/11/2001: "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade", ed è così ripartita (Figura B.2):

- doppia carreggiata, ciascuna costituita da due corsie di 3,75 m;
- banchina pavimentata di 1,75 m. affiancata in dx delle corsie;
- banchina pavimentata di 0,50 m. affiancata in sx delle corsie;
- spartitraffico: 2,50 m.

Per tale tipologia di strada, le velocità di progetto previste dalla normativa sono pari a 70/120 km/h e la velocità massima consentita per gli utenti ai sensi del Codice della Strada (D.Lgs. 285/92) è pari a 110 km/h.

Figura B.2: Sezione tipo B del D.M. 5/11/2001



I 68,6 km di progetto si snodano prevalentemente in rilevato o trincea; è prevista la realizzazione di circa 2,3 km in viadotto. L'opera in sotterraneo più significativa è la galleria di Francofonte, della lunghezza di circa 0,8 km.

Il progetto prevede la realizzazione di 10 svincoli di collegamento tra il nuovo asse viario e la rete stradale di secondo livello interferita, più l'interconnessione con l'autostrada Catania –

Siracusa. Gli svincoli sono situati in corrispondenza delle strade provinciali e dei principali centri urbani presenti lungo il tracciato.

Il tracciato è suddiviso in 8 lotti esecutivi funzionali, così ripartiti:

- Lotto 1: 11,36 km, dallo svincolo 1 sulla SS 115 allo svincolo 2 sulla SP7;
- Lotto 2: 6,82 km, dallo svincolo 2 sulla SP7 allo Svincolo 3 sulla SP5;
- Lotto 3: 7,91 km, dallo Svincolo 3 sulla SP5 allo Svincolo 4 di Licodia Eubea;
- Lotto 4: 4,45 km, dallo Svincolo 4 di Licodia Eubea allo Svincolo 5 di Grammichele;
- Lotto 5: 6,43 km, dallo Svincolo 5 di Grammichele allo Svincolo 7 di Vizzini;
- Lotto 6: 12,08 km, dallo Svincolo 7 di Vizzini allo Svincolo 8-Ovest di Francofonte;
- Lotto 7: 11,25 km, dallo Svincolo 8-Ovest di Francofonte all'inizio della variante di Lentini;
- Lotto 8: 8,35 km, dall'inizio della variante di Lentini all'interconnessione con l'Autostrada Catania – Siracusa.

La maggior parte del tracciato si sviluppa in zone agricole, con densità abitativa variabile in funzione della tipologia di coltivazioni previste (da estensive a fortemente particellarizzate). Solo nei lotti 6, 7 ed 8 l'opera lambisce le aree periferiche dei centri abitati di Francofonte e Lentini, inserendosi in ambiti più densamente urbanizzati, con presenza di servizi pubblici quali scuole, ospedali, ecc.

C RUMORE

C.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

C.1.1 Introduzione

A partire dal 1991, con l'emanazione del D.P.C.M.1/3/91, la normativa italiana ha affrontato la problematica dell'inquinamento acustico fissando limiti di accettabilità dei livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, in attesa di una legge quadro sulla materia.

La Legge quadro, emanata alla fine del 1995 (Legge n.447/95 pubbl. S.O.G.U n.254 del 30/12/95), ha stabilito i principi fondamentali per la tutela dell'ambiente esterno ed abitativo dall'inquinamento acustico, creando una cornice di fondo ai vari provvedimenti attuativi da essa previsti, dalla cui emanazione dipende il concreto operare della nuova disciplina.

Il conseguimento delle finalità legislative viene ricercato con una strategia di azione che prevede attività di prevenzione ambientale (classificazione acustica del territorio comunale, valutazioni di impatto ambientale, ecc) e di protezione ambientale (controllo dei livelli di inquinamento acustico, piani di risanamento, ecc...), definendo in dettaglio le competenze dei vari Enti (Stato, Regioni, Province, Comuni e privati).

Tale Legge fissa infine le sanzioni amministrative per il superamento dei limiti di immissione ed indica gli organismi preposti ai controlli. Trattandosi di una Legge Quadro, essa fissa solo i principi generali, demandando ad altri organi dello Stato ed Enti locali l'emanazione di leggi, decreti e regolamenti di attuazione, come descritto nel seguito.

C.1.2 Il D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"

Il Decreto, emanato in attesa dell'approvazione della Legge Quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico e stante la grave situazione riscontrata sul territorio nazionale (in particolare nelle aree urbane), fissa dei limiti di accettabilità per i livelli di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Sono escluse dal campo di applicazione di tale decreto le sorgenti sonore che producano effetti esclusivamente all'interno di locali adibiti ad attività industriali o artigianali senza diffusione nell'ambiente esterno, le aree e le attività aeroportuali (regolamentate mediante altri decreti specifici), le attività temporanee e le manifestazioni in luogo pubblico o aperto, qualora comportino l'utilizzo di macchinari ed impianti rumorosi.

Tale norma consente ai Comuni di svolgere attività di pianificazione e di programmazione sul proprio territorio, nelle modalità previste dall'art.2: i comuni sono chiamati ad adottare la classificazione in 6 zone (Tabella 1), ad ognuna delle quali compete un limite massimo del livello sonoro equivalente, in relazione alla diversa destinazione d'uso del territorio (Tabella 2).

Tabella 1: Classificazione del territorio Comunale

<p>Classe I <i>Aree particolarmente protette</i> Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione; aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.</p>
<p>Classe II <i>Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale</i> Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.</p>
<p>Classe III <i>Aree di tipo misto</i> Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali ed con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.</p>
<p>Classe IV <i>Aree di intensa attività umana</i> Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.</p>
<p>Classe V <i>Aree prevalentemente industriali</i> Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.</p>
<p>Classe VI <i>Aree esclusivamente industriali</i> Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.</p>

Per le zone non esclusivamente industriali, oltre ai limiti massimi in assoluto per il rumore, sono stabilite anche le seguenti differenze da non superare tra il livello equivalente del rumore ambientale e del rumore residuo (criterio differenziale); 5 dB(A) durante il periodo diurno e 3 dB(A) durante quello notturno. Rimangono in vigore per i territori comunali, transitoriamente, i limiti in dB(A) fissati dalla Tabella 3, in attesa della suddivisione del territorio comunale nelle 6 zone riportate dalla tab.1

Tabella 2: Valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalente (Leq A) relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento. Limiti massimi (Leq in dB (A))

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento Diurno	Tempo di riferimento Notturno
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

Tabella 3: Limiti transitori sui livelli di rumore previsti dal DPCM 1/3/91 in attesa di zonizzazione comunale

Zonizzazione	Limite diurno L_{eq} (A)	Limite notturno L_{eq} (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

(*) l'art. 2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444 individua:

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 degli 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 mc/mq.

All'allegato A, il Decreto riporta definizioni tecnico-scientifiche utili alla comprensione del testo, mentre nell'Allegato B sono specificate strumentazioni e modalità di misura del rumore.

C.1.3 La legge quadro sull'inquinamento acustico 26/10/1995 n.447

La finalità della Legge è quella di stabilire i "principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'art.117 della Costituzione" (Art.1). L'articolo 2, comma 1, riporta alcune definizioni di base (inquinamento acustico, ambiente abitativo, sorgente sonora fissa, sorgente sonora mobile, valori limite di emissione e di immissione); vengono poi definiti alcuni nuovi parametri per caratterizzare i fenomeni acustici, quali i valori di attenzione (il livello di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente) ed i valori di qualità (i livelli di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge).

La legge si preoccupa, pertanto, non solo della tutela della salute ma anche, a differenza del D.P.C.M 1/3/91, del conseguimento di un clima acustico ottimale per il comfort delle persone. I valori limite di immissione sono distinti, concordemente con quanto previsto dal D.P.C.M. 1/3/91, in valori limite assoluti e valori limite differenziali (comma 3).

Al comma 5 dell'articolo vengono definiti i provvedimenti per la limitazione delle immissioni sonore; questi possono essere di natura amministrativa, tecnica, costruttiva e gestionale; al fine della tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico la Legge riconosce quindi l'importanza non solo degli interventi di tipo attivo sulle sorgenti o di tipo passivo lungo le vie di propagazione o sui ricettori, ma soprattutto di strumenti quali i piani urbani del traffico e più in generale i piani urbanistici.

Il comma 6 è di fondamentale importanza per i tecnici e professionisti del settore, in quanto viene introdotta la definizione di tecnico competente: è la figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori di rumore definiti dalla legge, redigere i piani di risanamento acustico, svolgere attività di controllo. L'attività di tecnico competente può essere svolta presentando apposita domanda all'assessorato regionale competente, comprovando un'esperienza continuativa nel settore di almeno due anni per i laureati ad indirizzo scientifico e di quattro anni per i diplomati ad indirizzo tecnico. Sono invece abilitati tutti i diplomati in servizio presso le strutture pubbliche territoriali che svolgevano, alla data dell'entrata in vigore della legge (31 dicembre 1995), attività nel campo dell'acustica ambientale.

Le competenze assegnate dalla Legge allo Stato, tramite l'emanazione di appositi Decreti (art.3), sono molteplici e piuttosto articolate; si segnalano tra i compiti di maggiore interesse:

- la determinazione dei livelli massimi di cui all'art.2;
- il coordinamento dell'attività di certificazione e di omologazione dei prodotti ai fini del contenimento del rumore;
- la determinazione delle tecniche di rilevamento del rumore emesso dalle infrastrutture di trasporto;
- il coordinamento delle attività di ricerca e sperimentazione tecnico-scientifica;
- la determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti, allo scopo di ridurre l'esposizione umana al rumore;
- l'indicazione dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti, ai fini della tutela dall'inquinamento acustico;
- l'adozione di piani pluriennali per il contenimento delle emissioni sonore prodotte per lo svolgimento di servizi pubblici essenziali, quali linee ferroviarie, metropolitane, autostrade, strade statali.

Importanti funzioni di coordinamento e controllo sono assegnate alle Regioni (art.4); queste devono provvedere, entro un anno dall'entrata in vigore della Legge Quadro ad emanare leggi regionali volte a:

- stabilire i criteri di base ai quali i comuni procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle disposizioni vigenti, nonché le modalità, le scadenze e le sanzioni relative;
- determinare le modalità di controllo del rispetto della normativa per la tutela dall'inquinamento acustico all'atto del rilascio delle concessioni edilizie relative a nuovi impianti e infrastrutture, adibiti ad attività produttive, commerciali, sportive e ricreative;
- fissare le procedure per la predisposizione e l'adozione, da parte dei Comuni, dei piani di risanamento acustico e per il rilascio di autorizzazioni per lo svolgimento di attività temporanee e all'aperto.

Le Regioni, in base alle proposte pervenute ed alle disponibilità finanziarie assegnate dallo Stato, definiscono inoltre le priorità e predispongono un piano triennale di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico.

Negli artt.6 e 7 della Legge sono individuate le competenze specifiche dei Comuni, i rapporti dei Comuni con gli altri Enti locali, i contenuti dei piani di risanamento acustico. In particolare sono specificati alcuni importanti adempimenti comunali con risvolti di carattere urbanistico-territoriale, quali la classificazione del territorio comunale (art.4, comma 1, lettera a), il coordinamento degli strumenti urbanistici, l'adozione dei piani di risanamento acustico (art.7), la verifica del rispetto della normativa per la tutela dall'inquinamento acustico all'atto del rilascio delle concessioni edilizie la rilevazione ed il controllo delle emissioni acustiche prodotte dai veicoli.

Le istituzioni locali, in particolare i Comuni, assumono finalmente un ruolo centrale in merito al problema dell'inquinamento acustico, con competenze di carattere programmatico, decisionale e di controllo.

Le ricadute di carattere tecnico-professionale della Legge sono molteplici; in particolar modo nell'art.8 vengono previsti alcuni adempimenti il cui espletamento non può prescindere dalla collaborazione con figure professionali specializzate. Viene infatti stabilito che tutti i progetti sottoposti a valutazione di impatto ambientale, ai sensi dell'art.6 della Legge n.349 8/7/1986, devono essere redatti in conformità alle esigenze di tutela dell'inquinamento acustico delle popolazioni interessate. E' fatto inoltre obbligo di produrre una valutazione provvisoria del clima acustico delle aree destinate alle opere per uso pubblico e sono fissate nuove procedure per la redazione delle domande per il rilascio di concessioni edilizie.

C.1.4 IL D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

Il presente decreto, in attuazione dell'art.3, comma 1, lettera a) della Legge 26 ottobre 1995 n.447, determina i valori limite di immissione, i valori di attenzione ed i valori di qualità previsti all'art.2 della già citata Legge Quadro. Tale norma consente ai Comuni di svolgere attività di pianificazione e di programmazione sul proprio territorio, nelle modalità prevista dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico. In questo decreto troviamo riportata la suddivisione del territorio in 6 classi, come già definita nel D.P.C.M. 1/3/1991 (Tabella 1). Per tali aree vengono elencati i valori limite di emissione riportati in Tabella 4.

Tabella 4: Valori limite di emissione in dBA

Valori limite di emissione - L_{eq} in dB(A) (art. 2)		
<i>Classi di destinazione d'uso del territorio</i>	<i>tempi di riferimento</i>	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

Il D.P.C.M stabilisce anche i valori limite differenziali di immissione (differenze tra il livello equivalente del rumore ambientale e quello del rumore residuo): 5dB(A) per il periodo diurno e 3 dB(A) per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi. In genere il criterio differenziale non si applica qualora:

- il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno;
- il rumore è prodotto da infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;
- il rumore è prodotto da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;
- il rumore è prodotto da servizi e impianti dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

Il D.P.C.M. stabilisce anche dei valori di attenzione, specificando che non si applicano alle fasce di pertinenza delle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime ed aeroportuali.

C.1.5 Il D.M. 16/3/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"

Il Decreto Ministeriale, di concerto tra i Ministeri dell'Ambiente, dell'Industria, dei Trasporti, dei LL.PP e della Sanità relativo alle tecniche di rilevamento del rumore ed alle metodologie di misura, indica le definizioni tecniche relative alle misure acustiche, i criteri e le modalità di misura del rumore in condizioni generiche ed in condizioni particolari quali quelle relative al rumore ferroviario e stradale ed infine, uniforma le modalità di presentazione dei risultati delle

misure. L'art.2 del decreto stabilisce la strumentazione di misura necessaria alla quantificazione delle emissioni sonore. L'art.3 rimanda agli allegati B,C,D per quello che riguarda le norme tecniche per l'esecuzione delle misure (allegato C: metodologia di misura del rumore ferroviario; allegato D: presentazione dei risultati delle misurazioni).

C.1.6 Il D.M. 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto e delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore "

Tale Decreto stabilisce i criteri che le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture devono seguire per pianificare e realizzare le attività di risanamento acustico del rumore prodotto dalle infrastrutture stesse, ai sensi dell'art.10, comma 5 della legge quadro 447/95. Considerata la necessità di uniformare i criteri suddetti, il Decreto presenta un'importanza notevole nell'ambito della legislazione acustica italiana, essendo il primo in cui si accenna esplicitamente all'uso obbligatorio della mappatura acustica. Le società e gli Enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture (incluse Regioni, Province, Comuni), hanno l'obbligo di:

- individuare le aree in cui per effetto delle immissioni delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di immissione previsti;
- determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti;
- presentare alle autorità competenti, nelle modalità previste dal decreto stesso, il piano di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture.

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite del rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto; il rumore immesso nell'area in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza, non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture. Gli oneri derivanti dall'attività di risanamento sono a carico delle società e degli enti gestori delle infrastrutture che vi provvedono in conformità a quanto previsto dalla legge quadro 447/95. L'art.5 stabilisce che gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento devono essere effettuati secondo la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente rumorosa;
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore;
- direttamente sul ricettore.

Le formule necessarie per il calcolo dell'indice di priorità sono, come riportato nell'allegato 1, le seguenti. Si individuano delle aree A_i , parti dell'area A oggetto di piano di risanamento tali che che:

$$\bigcup_{i=1}^n A_i = A$$

con l'accortezza, dove possibile, di sceglierle in modo tale che la differenza massima tra aree adiacenti sia di 3 dB.

Una volta calcolate le aree parziali si determina il numero di persone x_i all'interno dell'area A_i con la seguente proporzione:

$$x_i : X = A_i : A$$

Dove con il termine X si indica la totalità delle persone presenti nell'area totale A , supponendo che la totalità degli utenti presenti sia ugualmente distribuita su tutta l'area. Quindi

$$x_i = (X \cdot A_i) / A$$

Per il calcolo dell'indice di priorità IP :

$$IP = \sum R_i (L_i - L_{*i})$$

Dove:

- R_i per gli ospedali e le case di cura indica la totalità dei posti letto, che deve essere moltiplicato per il coefficiente 4; per le scuole, il numero R_i (totalità degli alunni), deve essere moltiplicato per 3, per gli altri ricettori R_i è dato dal prodotto della superficie dell'area A_i per l'indice demografico statistico più aggiornato.
- L_{*i} è il valore limite di immissione del rumore per l'area A_i , con i seguenti criteri:
 - a) se l'area A_i è collocata all'esterno delle fasce di pertinenza o delle aree di rispetto, il valore limite di immissione L_{*i} zona è quello stabilito dalla zonizzazione;
 - b) se l'area A_i è collocata all'interno di fascia di pertinenza o area di rispetto di una singola infrastruttura, il valore L_{*i} fascia del limite di immissione per quell'infrastruttura, è quello previsto dal decreto ad essa relativo; per le altre infrastrutture eventualmente concorrenti che contribuiscono al di fuori della propria fascia di pertinenza o area di rispetto, il valore L_{*i} zona del limite di immissione è quello stabilito dalla zonizzazione;

- c) se l'area A_i è collocata in una zona di sovrapposizione di due o più fasce di pertinenza o aree di rispetto, L^* ifascia è il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture;

L'allegato 4 del DM 29/11/2000 stabilisce che

"...Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore di 10 dB (A) rispetto al livello della sorgente avente massima immissione ed inferiore al livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente può essere trascurato..."

In altri termini se un'area risulta compresa fra le fasce di pertinenza di due diverse infrastrutture di trasporto A e B e sono valide entrambe le seguenti condizioni:

$$L_{eq,B} \geq L_{s,N-1},$$

$$|L_{eq,A} - L_{eq,B}| < 10dB(A)$$

In questo caso il limite di soglia dell'area descritta precedentemente L_s dovrà essere considerato pari a:

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

In cui:

- L_{zona} rappresenta il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture che dovrà essere il limite cui tendere con il "concorso" di tutte le sorgenti varie interessate,
- $L_{eq,A}$ e $L_{eq,B}$ indicano i livelli acustici, simulati in uno stesso punto, provocati rispettivamente dalle infrastrutture di trasporto A e B;
- N è il numero di sorgenti che danno luogo al fenomeno di concorsualità acustica;
- Nel caso in cui vi siano 2 sorgenti ed $L_{zona}=60dB$ dovrà essere considerato un livello di soglia L_s di 57 dB. Nel caso in cui vi siano 3 sorgenti ed $L_{zona}=60dB$ dovrà essere considerato un livello di soglia L_s di circa 55 dB.

Al fine di rendere più agevole la comprensione dei casi in cui valutare la concorsualità, ISPRA ha trasmesso una Nota Tecnica al MATTM in data 20/05/2010 (prot. ISPRA Nr. 0017900). Nel caso di varianti plano-altimetriche di infrastrutture esistenti che ricadono nella definizione di Variante ai sensi del D.P.R. 142/2004 e D.P.R. 459/98, l'infrastruttura soggetta a VIA si configura come infrastruttura già esistente. In presenza di situazioni di concorsualità, il rumore, immesso nell'area in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza, non deve superare complessivamente il maggiore tra i valori limite di immissione previsti dalle singole infrastrutture.

I limiti propri delle singole infrastrutture devono essere calcolati secondo il criterio definito nell'Allegato 4 del DM 29/11/2000. Al di fuori delle aree di sovrapposizione tra fasce di pertinenza valgono i limiti definiti all'art. 5 del D.P.R. 142/2004 e all'art. 5 del D.P.R. 459/98.

Pertanto, gli interventi di mitigazione da prevedere per l'infrastruttura soggetta a VIA dovranno essere dimensionati in funzione dei limiti di cui sopra.

C.1.7 D.P.R. 30/03/2004 n.142 Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Il decreto stabilisce norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture stradali tipo:

- autostrade;
- strade extra-urbane principali;
- strade extra-urbane secondarie;
- strade urbane di scorrimento;
- strade urbane di quartiere;
- strade locali.

Le disposizioni date dal decreto si applicano:

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

Il decreto contiene all'art.1 le definizioni necessarie alla comprensione del testo. L'art.3 definisce le fasce di pertinenza acustica:

- per le infrastrutture di tipo 1,2,3,4, le fasce territoriali sono fissate in 250 m. In particolare, per le infrastrutture ex art.2, comma 2 lettera a), si distingue una fascia di 100 m. contigua alla strada (Fascia A) ed una seconda (Fascia B) più distante dalla prima, di ampiezza pari a 150 m.
- per le infrastrutture ex art.2, comma 2 lettera b) è fissata a 250 m.
- per le infrastrutture di tipo 5,6 la fascia è fissata a 30 m.

Nel caso di infrastrutture realizzate in affiancamento ad altre esistenti, la fascia di pertinenza si calcola a partire dal confine dell'infrastruttura preesistente.

All'art.4 si stabiliscono norme per le infrastrutture stradali di nuova realizzazione: per le tipologie 1,2,3,4 i progettisti individuano corridoi che meglio tutelino anche i singoli recettori e quindi tutti i recettori all'interno di una fascia di 250 m. per lato, misurati dal confine della infrastruttura; la larghezza della fascia può essere estesa fino a 500 m. per lato in presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo. All'interno della fascia di pertinenza, i valori limite di immissione sono quelli riportati nella Tabella 5:

Tabella 5: Fasce di pertinenza acustica e limiti di immissione per strade di nuova realizzazione

TIPO DI STRADA (secondo Codice della Strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo D.M. 5.11.01- Norme funz. e geom. per la costruzione delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		250	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
			50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995.			
F - locale		30				

* per le scuole vale il solo limite
diurno

Qualora non sia tecnicamente possibile assicurare il rispetto di tali limiti, si dovrà procedere ad interventi direttamente sui recettori assicurando i seguenti valori massimi ammissibili:

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

Tali valori si intendono misurati al centro della stanza, con finestre chiuse, con il microfono posto all'altezza di 1,5 m. dal pavimento. Per le strade locali urbane e le strade di quartiere, gli obiettivi di risanamento vano conseguiti entro 5 anni dall'entrata in vigore del decreto.

Tabella 6: Fasce di pertinenza acustica e limiti di immissione per strade esistenti ed assimilabili

TIPO DI STRADA (secondo Codice della Strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo Norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E - urbana di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995.			
F - locale		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

Per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza delle infrastrutture devono essere individuate ed adottate opportune opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via i propagazione del rumore e direttamente sul recettore, per ridurre, con l'aiuto delle migliori tecnologie disponibili, l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio della infrastruttura. Qualora i valori stabiliti non siano tecnicamente conseguibili, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cure e di riposo;
- 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri recettori in ambiente abitativo;
- 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

I valori sopra menzionati sono misurati al centro della stanza, a finestre chiuse, con microfono posto ad 1,5 m. dal pavimento. Tutti i valori limite menzionati devono essere conseguiti mediante l'attività pluriennale di risanamento, eccetto per le infrastrutture di nuova realizzazione, per le quali tali limiti hanno validità immediata. In via prioritaria, l'attività pluriennale di risanamento dovrà essere attuata all'interno della fascia di pertinenza acustica

per scuole, ospedali, case di cura e di riposo, e all'interno della fascia A, per tutti gli altri recettori. All'esterno della fascia A, le rimanenti attività di risanamento saranno armonizzate con i piani previsti dalla legge quadro n.447/97.

C.1.8 Direttiva 2002/49/CE e D.Lgs. 194/2005

Il concetto di mappatura acustica strategica di un agglomerato è stato introdotto dalla Direttiva Europea 2002/49/CE, adottata in Italia dal Decreto Legislativo 194/2005. Uno degli obiettivi della Direttiva è valutare l'entità della popolazione esposta al rumore generato da infrastrutture di trasporto (strade, aeroporti, porti, ferrovie ecc.) e da sorgenti industriali. La direttiva specifica anche i casi in cui debbano essere eseguite tali valutazioni:

- Assi stradali principali: "una strada regionale, nazionale o internazionale, designata dallo Stato membro, su cui transitano ogni anno più di 3.000.000 di veicoli";
- Assi ferroviari principali: "una ferrovia, designata dallo Stato membro, su cui transitano più di 30.000 treni";
- Aeroporti principali: "aeroporto civile, designato dallo Stato membro, in cui si svolgono più di 50.000 movimenti all'anno";
- Agglomerati urbani: "parti del territorio, designati dallo Stato membro, la cui popolazione è superiore a 100.000 abitanti e la cui densità di popolazione è tale che lo Stato membro la consideri un'area urbanizzata".

La Direttiva stabilisce che debbano essere trasmessi alla Commissione due diverse tipologie di documento in funzione del caso in esame:

- Mappatura Acustica: per le infrastrutture di trasporto;
- Mappatura Acustica Strategica: per gli agglomerati.

C.1.8.1 *Contenuti di una mappatura acustica strategica*

Il documento mira a definire la situazione di rumore esistente all'interno dell'agglomerato e nelle aree prospicienti le infrastrutture di trasporto principali per mezzo dei descrittori L_{den} ed L_{night} , attraverso l'elaborazione di grafici e dati numerici. Gli indicatori L_{den} e L_{night} sono rappresentativi rispettivamente del disturbo globale e di quello notturno e sono definiti come segue:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(14 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

In cui:

- L_{day} è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato <<A>>, definito dalla norma ISO 1996-2 determinato sull'insieme dei periodi day (06-20) di un anno;
- $L_{evening}$ è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato <<A>>, definito dalla norma ISO 1996-2 determinato sull'insieme dei periodi evening (20-22) di un anno;
- L_{night} è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato <<A>>, definito dalla norma ISO 1996-2 determinato sull'insieme dei periodi night (22-06) di un anno.

I livelli devono essere valutati in prossimità degli edifici, ad un'altezza dal suolo di $4,0 \pm 0,2$ m e sulla facciata più esposta. Le valutazioni dei livelli acustici possono essere realizzati attraverso l'ausilio di modelli previsionali; in Italia non essendo presenti modelli nazionali si fa riferimento a quelli ad interim specificati nell'allegato II della Direttiva:

- Traffico veicolare: modello di propagazione "NMPB-Routes" che utilizza la banca dati di emissione della "Guide du bruit";
- Traffico ferroviario: metodo di calcolo ufficiale dei Pesì Bassi, "RMR". Tuttavia RFI ha riconosciuto l'equivalenza di un proprio modello di simulazione, basato sulla ISO 9613-2, con quello ad interim;
- Rumore dell'attività industriale: ISO 9613-2;
- Rumore degli aeromobili: documento 29 ECAC.CEAC.

C.1.8.2 Materiale da trasmettere alla Commissione

La Commissione richiede la trasmissione di informazioni sia grafiche che numeriche. In particolare dovrebbe essere precisato:

- Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Le cifre vanno arrotondate al centinaio per eccesso o per difetto: (ad esempio: 5 200 = tra 5 150 e 5 249; 100 = tra 50 e 149; 0 = meno di 50).

Si dovrebbe inoltre precisare, ove possibile e opportuno, quante persone negli intervalli di cui sopra occupano abitazioni dotate di:

- insonorizzazione speciale dal particolare rumore in questione, ossia insonorizzazione speciale degli edifici da uno o più tipi di rumore ambientale, in combinazione con gli impianti di ventilazione o condizionamento di aria del tipo che consente di mantenere elevati valori di insonorizzazione dal rumore ambientale;
- una facciata silenziosa, ossia la facciata delle abitazioni in cui il valore di Lden a 4 m di altezza dal suolo e a 2 m di distanza dalla facciata, per i rumori emessi da una specifica sorgente, sia inferiore di oltre 20 dB a quello registrato sulla facciata avente il valore più alto di Lden;
- Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di Lnight in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Questi dati potranno altresì essere valutati per la fascia 45-49.

Si dovrebbe inoltre precisare, ove possibile e opportuno, quante persone negli intervalli di cui sopra occupano abitazioni dotate di:

- insonorizzazione speciale dal particolare rumore in questione;
- una facciata silenziosa;
- Mappe grafiche che rappresentino almeno le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB.

C.1.9 Decreto Assessorato della Sanità 11/09/2007

Con tale decreto, intitolato, "Linee guida per la classificazione in zone acustiche del territorio dei comuni della Regione Siciliana" e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana n. 50 del 19/10/2007, la Regione Sicilia disciplina parzialmente la materia dei cantieri stradali, in merito all'impatto acustico. Per cantieri stradali è concessa la deroga al criterio differenziale e, nel caso in cui le aree dove si eseguono le lavorazioni non siano situate in prossimità di scuole ospedali, case di cura o classi acustiche I, II e VI, valgono le seguenti prescrizioni:

- Orario di lavoro: 08:00 – 19:00 dal lunedì al venerdì;
- Limite di 70 dB(A) (nel caso di cantieri stradali deve essere verificato attraverso misure di almeno 30 minuti);
- Durata dei lavori 20 gg lavorativi;

- Per cantieri di durata superiore ai 5 gg deve essere consegnata una documentazione contenente:
 - Relazione che attesti che i macchinari utilizzati rientrano nei limiti di emissione sonora previsti per la messa in commercio dalla normativa nazionale e comunitaria;
 - Un elenco dei livelli di emissione sonora delle macchine;
 - Un elenco di tutti gli accorgimenti tecnico e procedurali che saranno adottati per la limitazione del disturbo;
 - Una pianta dettagliata e aggiornata dell'area di intervento con l'identificazione degli edifici di civile abitazione.

Tuttavia, nello stesso decreto la Regione Sicilia stabilisce che è compito dei comuni autorizzare deroghe temporanee ai limiti di rumorosità, qualora lo richiedano particolari esigenze locali o ragioni di pubblica utilità. Il provvedimento di autorizzazione rilasciato deve comunque prescrivere le misure necessarie a ridurre al minimo il disturbo.

C.2 ORGANIZZAZIONE DEL PROGETTO

Al termine dell'esame dei riferimenti normativi e dell'analisi della situazione *ante operam* e *post operam* sono stati definiti gli strumenti, le procedure e le informazioni necessarie per procedere alla valutazione delle emissioni acustiche della infrastruttura in progetto.

C.2.1 SoundPLAN 7.2

Il software utilizzato per il calcolo dei livelli acustici generati dall'infrastruttura considerata è SoundPLAN 7.2. Il software consente di realizzare:

- simulazioni acustiche di infrastrutture stradali, ferroviarie, industriali ed aeroportuali;
- valutazione dell'impatto acustico di sorgenti di rumore su edifici e punti ricettori;
- ottimizzazione delle barriere acustiche;
- valutazione del rumore industriale interno ed esterno;
- valutazione della dispersione dei gas inquinanti e delle polveri in atmosfera;
- studio della popolazione esposta al rumore provocato da sorgenti di rumore (infrastrutture, edifici industriali ecc.).

I suoi campi di applicazione sono molto vari, tra cui:

- sviluppo dei piani di traffico stradale, ferroviario e aereo;
- valutazioni di impatto acustico;
- ottimizzazione dei piani di risanamento acustico;

SoundPLAN è un codice costituito da una serie di moduli individuali; di seguito vengono descritti alcuni dei moduli più importanti.

C.2.1.1 *SoundPLAN Manager*

Il SoundPLAN Manager è il cardine che unisce tutti i sottoprogrammi, permette di avviare nuovi progetti di lavoro, aprire vecchi progetti e settare gli standard acustici per ogni specifico progetto. Permette, inoltre, di comprimere, copiare e cancellare progetti di lavoro.

C.2.1.2 *DataBase Geografico*

Il Geo-Database è un modulo che permette di inserire e gestire i dati geografici e gli attributi acustici di tutti gli oggetti presenti in un progetto.

Le simulazioni acustiche eseguite in questo studio sono state effettuate con il modello NMPB-Routes-96.

All'interno del DataBase Geografico devono essere definite tutte le informazioni altimetriche necessarie per la determinazione del Modello Digitale del Terreno (Digital Ground Model o DGM), nel caso tale informazione non sia disponibile a priori.

C.2.1.3 *Calcolo*

Il modulo Calculation permette di fare delle simulazioni acustiche; calcolando il rumore emesso dal traffico e dalle sorgenti industriali, e stimando l'influenza sui recettori. Il modello di dati è generato in conformità con gli Standards selezionati dall'utilizzatore. All'interno di tale modulo si definiscono i dati che devono essere impiegati per la creazione delle mappe acustiche.

C.2.1.4 *Applicazione del codice di calcolo*

SoundPLAN consente di realizzare sia mappature grafiche, utili a scopo divulgativo, sia valutazioni puntuali dei livelli acustici. Attraverso la valutazione puntuale è possibile realizzare simulazioni precise ottimizzando i tempi di calcolo. Tale procedura richiede che nell'area di studio siano dislocati dei punti ricevitore in prossimità delle facciate degli edifici per i quali si intende valutare l'impatto acustico. La valutazione del livello acustico generato dalla sorgente considerata è eseguita solo su tali punti e non su una griglia casuale a maglia regolare.

Le simulazioni acustiche richiedono un DGM che può essere importato o creato da informazioni tridimensionali (isoipse, punti quotati, tracciati stradali tridimensionali). Sul DGM sono collocati gli edifici ed i tracciati stradali.

C.2.2 NMPB-Routes 96¹

L'algoritmo definito dal NMPB-Routes 96 consente la stima della propagazione del rumore generato da una sorgente stradale. Il suo utilizzo è ampiamente consolidato a livello europeo e per tale ragione è indicato dalla Direttiva Europea 2002/49/CE come modello da utilizzare, per la realizzazione delle mappature acustiche strategiche (si veda C.1.8), nei paesi che sprovvisti di un metodo di calcolo nazionale. L'assenza di un metodo nazionale di calcolo in Italia e la sua affidabilità hanno fatto sì che nel nostro Paese il NMPB-Routes 96 sia utilizzato nella maggioranza delle mappature acustiche di infrastrutture stradali.

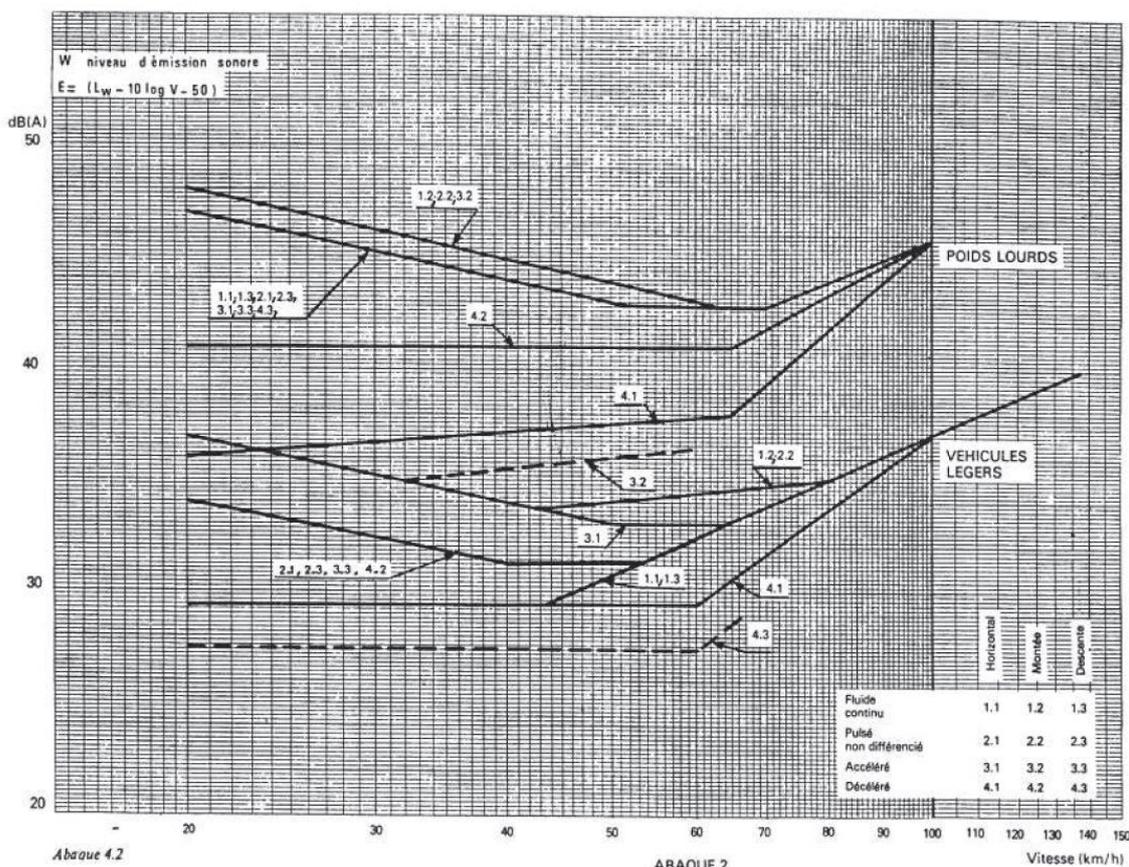
¹ NMPB-Routes 96, Methode de calcul incluant les effets meteorologiques, version experimentale, Bruits des infrastructures routieres, Gennaio 1997

Il modello è dotato di una banca dati di emissioni relativa a due differenti tipologie di veicoli: leggeri (inferiori a 3,5 ton) e pesanti (superiori a 3,5 ton).

Il modello consente di calcolare l'emissione acustica della sorgente stradale utilizzando i seguenti parametri:

- Flussi di traffico dei veicoli leggeri e pesanti (veicoli/h o AADT) differenziati nei periodi di studio (nel caso in oggetto *diurno* e *notturno*);
- Velocità dei veicoli leggeri e pesanti (km/h) differenziati nei periodi di studio (nel caso in oggetto *diurno* e *notturno*);
- Caratteristiche del flusso di traffico (stabile, accelerato, decelerato, instabile);
- Tipologia della pavimentazione stradale;
- Gradiente stradale (determinato automaticamente dal DGM).

Figura 3: Livello di emissione di un veicolo leggero (e pesante) transitante in un'ora in funzione della velocità del veicolo e delle caratteristiche del flusso di traffico. Il dato fornito da tale abaco è utilizzato dall'NMPB-Routes 96 per la valutazione dell'emissione acustica della sorgente stradale



La strada è modellata come un insieme di sorgenti puntiformi, ognuno dei quali caratterizzato da un'emissione L_{Awi} pari a:

$$L_{Awi} = [(EVL + 10 \log(QVL) + (EPL + 10 \log(QPL)))] + 20 + 10 \log(li) + R(j)$$

In cui:

- EVL ed EVP sono i livelli di emissione calcolati con l'abaco presente in Figura 3 (dB(A));
- QVL e QVP sono i flussi orari dei veicoli leggeri e pesanti (veic./h);
- li è la lunghezza dello i -esimo tratto di strada omogeneo (m);
- $R(j)$ il valore dello spettro di rumore stradale normalizzato tratto dalla EN 1793-3.

Nella valutazione della propagazione del rumore emesso dalla sorgente stradale il modello tiene conto delle condizioni atmosferiche che devono essere specificate definendo la percentuale di giorni in cui si verificano condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del rumore p . Il metodo di calcolo per la valutazione di tale parametro (deve essere calcolato separatamente per ognuno dei periodi nei quali è effettuata la valutazione della propagazione sonora) è specificato dalla UNI ISO 1996-2:2010². Per poter calcolare tale parametro sarebbe necessario disporre di dati meteorologici riferito ad una serie storica sufficientemente lunga (almeno 10 anni) ed ad un territorio non distante all'area di studio.

In assenza di tali informazioni è possibile eseguire valutazioni in sicurezza considerando una percentuale di giorni favorevoli alla propagazione sonora p del 50% per il periodo *diurno* e del 100% per il periodo *notturno*.

Il modello pertanto consente di valutare i livelli acustici immessi in un punto ricevitore dalla sorgente stradale in condizioni favorevoli alla propagazione (LF) ed in condizioni neutre (LH). Il livello medio annuale immesso nel punto ricevitore (Li,LT) è calcolato dalla seguente relazione:

$$Li,LT = 10 \log[p \cdot 10^{(LF/10)} + (1-p) \cdot 10^{(LH/10)}]$$

C.2.3 Dati di input

I dati utilizzati per la realizzazione delle simulazioni acustiche sono stati:

- Linee di elevazione 3D dell'area oggetto di studio desunte dai rilievi effettuati nell'estate del 2012;

² UNI ISO 1996-2:2010 Acustica - Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 2: Determinazione dei livelli di rumore ambientale

- Tracciati tridimensionali degli assi delle carreggiate e delle scarpate/rilevati presenti e di progetto;
- Flussi di traffico del tracciato Ante Operam e Post operam ricavati dall'aggiornamento delle analisi trasportistiche;
- Percentuale di veicoli leggeri transitanti nel periodo diurno sul totale;
- Percentuale di veicoli pesanti transitanti nel periodo diurno sul totale;
- Caratteristiche della superficie stradale di progetto (asfalto - contatto diretto);
- Tracciati tridimensionali e flussi di traffico delle altre infrastrutture presenti in prossimità del tracciato post operam;
- Edifici (ricettori) presenti all'interno dell'area di studio, con identificazione degli edifici sensibili (Scuole ed Ospedali);
- Collocazione dei punti ricevitore in prossimità delle facciate degli edifici, ovvero dei punti nei quali valutare il valore del livello acustico nel periodo diurno (06-22) e notturno (22-06);
- Fasce di pertinenza acustica dell'infrastruttura stradale.

C.2.4 Elaborazione dei dati di input

C.2.4.1 Realizzazione del modello digitale del terreno (DGM)

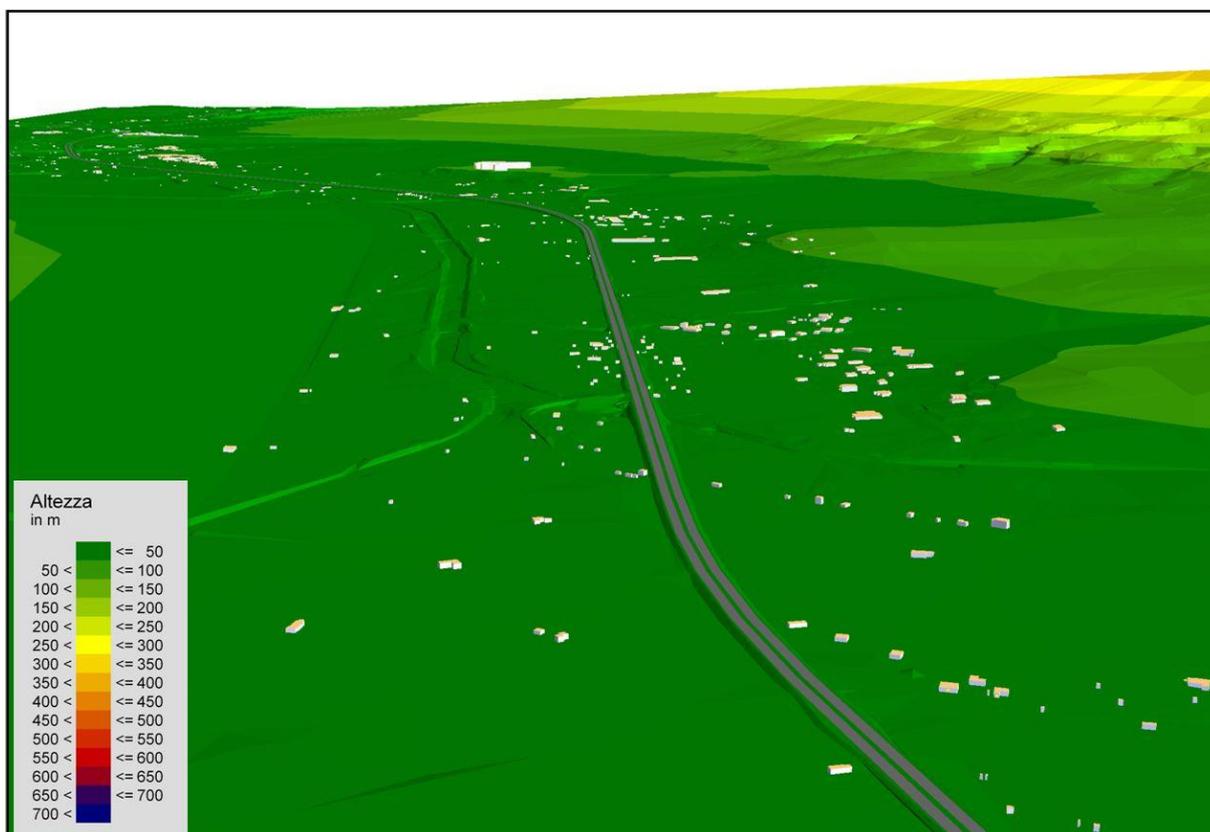
Sono stati realizzati due diversi DGM (digital ground model), il primo per le simulazioni acustiche dell'emissione dell'infrastruttura in condizioni *ante operam*, il secondo per quelle in condizioni di *post operam* (con e senza mitigazione).

Nel primo caso sono stati utilizzati le curve di livello 3D ed i tracciati tridimensionali dell'attuale infrastruttura e delle viabilità secondaria presente nell'area di studio, così come derivanti dal rilievo effettuato mediante restituzione del volo aereo appositamente effettuato nel giugno del 2012.

Nel secondo caso, inseriti i dati tridimensionali dell'infrastruttura di progetto sulla situazione ante operam (assi stradali, scarpate e rilevati presenti al margine della carreggiata), si è proceduto ad una ri-elaborazione delle curve di livello, eliminando quelle presenti all'interno della sede stradale di progetto e raccordando quelle ricadenti all'esterno della nuova infrastruttura con i nuovi dati planoaltimetrici.

Il risultato di tale operazione ha restituito un modello tridimensionale del terreno e del progetto estremamente accurato ed affidabile, come dimostrato nell'immagine seguente.

Figura 4: Particolare del Modello Digitale del Terreno presso il Lotto 7 di progetto



C.2.4.2 Caratterizzazione dei ricettori: edifici e ricettori sensibili

A partire dal gennaio 2013 è stato realizzato un capillare censimento dei ricettori presenti nelle aree oggetto di studio, realizzando circa 600 schede di censimento, ognuna delle quali riporta, oltre ad un'immagine del ricettore, anche la destinazione d'uso, il numero di elevazioni fuori terra, la progressiva chilometrica la distanza dall'infrastruttura stradale ed eventuali note. La base dati è stata costantemente aggiornata e, fino a dicembre 2016, sono stati aggiunti ulteriori 19 ricettori inseriti a loro volta nelle schede di censimento (cfr Allegato VI: Schede Censimento Ricettori ed elaborati D01-T100-AM037-1-P5-001/008-0A).

Per una corretta valutazione dell'impatto acustico dell'infrastruttura di progetto, i singoli ricettori sono stati caratterizzati in base alla loro destinazione d'uso, individuando, così come previsto dalla normativa vigente, anche tutti i ricettori "sensibili" (vedi Tabella 7).

Tabella 7: Descrizione dei recettori sensibili

Nome	Distanza dall'asse stradale	Codice Ricettore	Foto
Scuola, Francofonte	400m	99 bis	
Plesso scolastico, Francofonte	380 m	D_550_Scuola	
Ospedale, Lentini	520 m	L50_Ospedale_B L50_Ospedale_D	

Nome	Distanza dall'asse stradale	Codice Ricettore	Foto
Residenza Sanitaria Assistenziale, Lentini	160 m	D231_residenza assistenziale	

Si specifica che nella simulazione acustica non sono stati valutati, seppur censiti, i ricettori non ritenuti rilevanti dal punto di vista acustico, come ruderi, edifici demoliti, capanni degli attrezzi, magazzini, pertinenze agricole, ecc.; per tale ragione, i ricettori simulati risultano in numero inferiore a quelli globalmente censiti. Nel caso in cui, per motivi di accessibilità/visibilità, non sia stato possibile accertare l'effettiva destinazione d'uso dell'edificio, questo è stato cautelativamente considerato come residenziale.

Sulle facciate più esposte dei recettori sono stati collocati (in SoundPLAN) i punti ricevitori, nei quali eseguire le valutazioni dei livelli acustici.

Ogni punto ricevitore è associato alla facciata dell'edificio, considerando l'effettiva altezza e numero dei piani; ad esempio, se l'edificio è di due piani, SoundPLAN, assegna in modo automatico 2 punti ricevitori, uno per ogni singolo piano. Ogni punto è stato collocato ad una distanza di 1 metro dall'edificio.

C.2.4.3 *limiti normativi*

L'intervento in progetto prevede l'adeguamento di un'infrastruttura esistente, che transita attraverso territori appartenenti a Comuni sprovvisti di Piani Comunali di Classificazione Acustica. Date le caratteristiche del progetto, che è costituito dall'adeguamento funzionale delle SS 514 e SS114, nell'area oggetto di studio è stato possibile applicare i limiti previsti dal D.P.R. 30/03/2004 n.142 (vedere paragrafo C.1.7, Tabella 6 - "strade esistenti e assimilabili - ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti") ai recettori all'interno di una fascia di 250 m per lato, misurati dal confine della infrastruttura, suddivisa a sua volta in due fasce di pertinenza:

- fascia a) - ampiezza di 100m. all'interno della quale i limiti da rispettare sono 70 dB(A) durante il periodo diurno e 60 dB(A) durante il periodo notturni;
- fascia b) - ampiezza di 150m. all'interno della quale i limiti da rispettare sono 65 dB(A) durante il periodo diurno e 55 dB(A) durante il periodo notturni;

La larghezza complessiva della fascia può essere estesa fino a 500 m. per lato in presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo. Al di fuori di tale fascia, per i recettori non sensibili, i limiti normativi sono quelli stabiliti dal DPCM 1/3/91 (paragrafo C.1.2, Tabella 3).

In alcune aree, a causa della presenza di altre sorgenti di rumore, è stata valutata la necessità di ridurre tali limiti nel rispetto dei contenuti dell'Allegato 4 del D.M 29/11/2000 (vedere C.1.6). A tale scopo è stata eseguita una simulazione acustica delle infrastrutture stradali e ferroviarie, per quei recettori in cui hanno avuto luogo le condizioni specificate nell'Allegato 4 del D.M. 29/11/2000, abbassando i limiti normativi di 3 dB(A).

C.2.4.4 Caratterizzazione delle emissioni stradali

Per la caratterizzazione delle emissioni stradali, ci si è riferiti agli studi trasportistici elaborati nel corso dell'iter progettuale, la cui stima dei flussi di traffico, attuali e previsti, si è basata sui rilievi effettuati appositamente nel 2007, nel 2010 e nel 2012 (primavera – autunno), e sulle conseguenti elaborazioni correlate alle analisi di natura economica e finanziaria.

Si evidenzia che l'aggiornamento dei rilievi di traffico ha mostrato livelli piuttosto differenziati lungo il tracciato, con valori massimi nel tratto più a nord presso Lentini (oltre 20.000 transiti medi giornalieri) e minimi nella zona più a sud verso Ragusa (poco meno di 10.000).

Dal punto di vista della composizione del traffico veicolare, i rilievi effettuati hanno altresì mostrato, nel corso degli anni monitorati un progressivo calo della componente pesante a fronte di un lieve aumento di quello leggero; pertanto attualmente la componente pesante del traffico si attesta mediamente su valori pari a circa il 15% del totale.

Le velocità sono state così considerate:

- Nello scenario *ante operam* le velocità medie considerate sono: 80 km/h per i veicoli leggeri e 60 km/h per quelli pesanti.
- Nello scenario *post operam* le velocità medie considerate sono: 100 km/h per i veicoli leggeri e 80 km/h per quelli pesanti.

Come tipologia di manto stradale è stato considerato, in coerenza con le previsioni progettuali, il tipo "drenante" sull'intero tracciato del collegamento autostradale, ivi comprese le rampe di

svincolo. Alla pavimentazione drenante (dati di letteratura³) viene assegnata una capacità di ridurre le immissioni acustiche di circa 1,7 dB(A).

Date le caratteristiche extraurbane dell'infrastruttura attuale e di progetto, il flusso di traffico è stato considerato stabile in ogni tratto dell'infrastruttura di progetto.

La percentuale dei flussi di traffico diurni, per ognuna delle due tipologie di veicoli, è risultata, sulla base dei più recenti rilievi, pari al 92% del flusso di veicoli leggeri giornalieri ed all'85 % del flusso di veicoli pesanti giornalieri. In Tabella 8 è riportato un esempio di come, a partire dal valore del flusso di traffico medio giornaliero e pesante, siano stati ricavati i flussi orari medi di traffico leggero e pesanti nei periodi *diurno* e *notturno*.

Tabella 8: Esempio di assegnazione dei flussi di traffico su una carreggiata di un tratto di strada considerata

TGM leggeri (veicoli)	9000	TGM pesanti (veicoli)	1300
% veicoli leggeri nel periodo diurno sul totale	92%	% veicoli pesanti nel periodo diurno sul totale	84%
Veicoli leggeri nel periodo diurno (veic.)	8280	Veicoli pesanti nel periodo diurno (veic.)	1092
Veicoli leggeri nel periodo notturno (veic.)	720	Veicoli pesanti nel periodo notturno (veic.)	208
Flusso orario medio giornaliero veicoli leggeri nel periodo diurno (veic./h)	518	Flusso orario medio giornaliero veicoli pesanti nel periodo diurno (veic./h)	68
Flusso orario medio giornaliero veicoli leggeri nel periodo notturno (veic./h)	90	Flusso orario medio giornaliero veicoli pesanti nel periodo notturno (veic./h)	26

Le correzioni alle emissioni acustiche dell'infrastruttura causate dalle variazioni di gradiente sono assegnate dal SoundPLAN in modo automatico, dall'analisi dell'andamento tridimensionale del tracciato stradale.

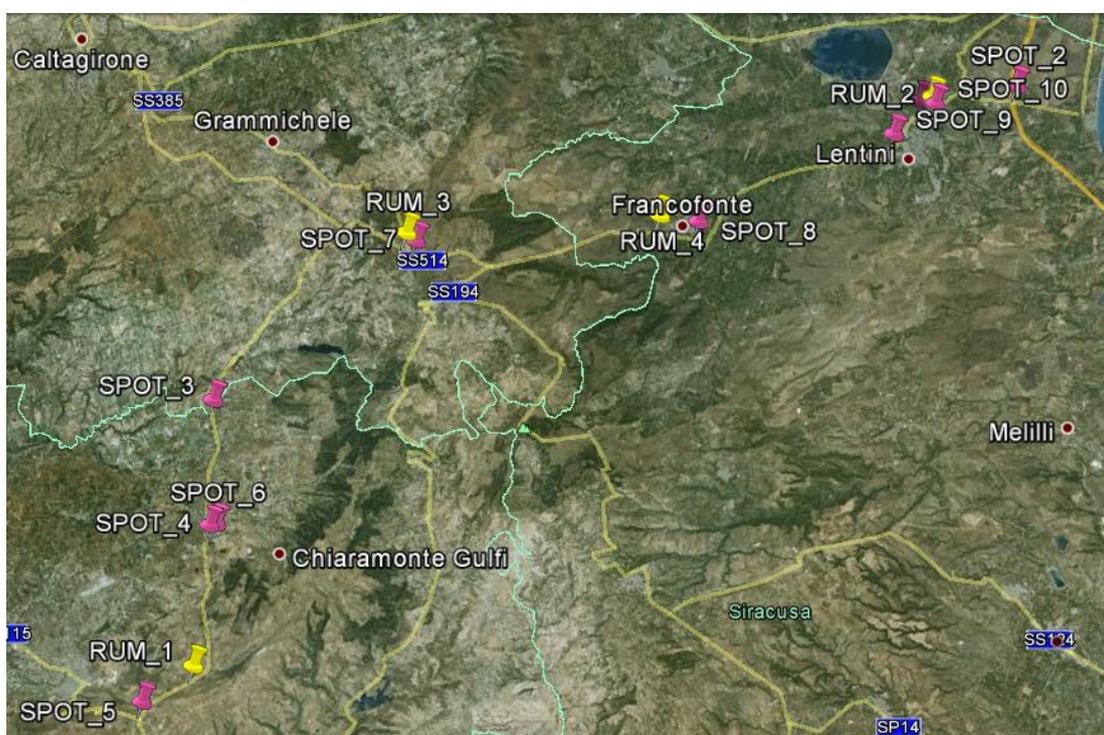
Le emissioni acustiche dei tratti dell'infrastruttura stradale in condizioni *post operam* transitanti all'interno di gallerie non sono state considerate in quanto non significative.

³ Si veda ad esempio: "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", Position Paper of European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2007

C.2.5 Verifica della calibrazione del modello

Al fine di verificare se i risultati della modellazione acustica realizzata in condizioni di *ante operam* fossero in grado di rappresentare adeguatamente il fenomeno e fornire una valida base per le simulazioni modellistiche, nel periodo compreso tra dicembre 2012 e gennaio 2013 (esclusi i giorni caratterizzati dalle festività natalizie) è stata effettuata una campagna di rilievi fonometrici costituita da 4 rilievi fonometrici settimanali e 10 spot, distribuiti lungo l'intero tracciato in progetto, così come riportato in Figura 5.

Figura 5: Localizzazione postazioni di misura (Rumore)



I punti di misura sono stati individuati all'interno della fascia territoriale corrispondente all'area interessata dalle emissioni prodotte dall'infrastruttura oggetto del presente studio.

Le quattro postazioni di misura settimanale (RUM_x) sono state posizionate in modo tale da monitorare l'intero tracciato (inizio, intermedio e fine), con attenzione particolare agli ambiti più urbanizzati di Ragusa, Vizzini, Francofonte e Lentini, mentre le 10 postazioni spot sono state posizionate al fine di valutare sia il clima acustico nell'intorno dell'area di studio in zone particolarmente sensibili per la densità dei ricettori presenti, sia di verificare/valutare eventuali sorgenti concorsuali.

Per ogni postazione di misura è stato prodotto un apposito report (cfr. Allegato VII: Report Misure Fonometriche) riportante:

- stralcio planimetrico del sito di misura;
- documentazione fotografica;
- strumentazione adottata;
- sintesi della misura distinguendo i due periodi diurno e notturno;
- Time History (complessiva ed oraria);
- Livelli percentili su base oraria;
- Lmin ed Lmax su base oraria;
- Conteggio del traffico circolante durante il rilievo;
- Parametri meteorologici.

Confrontando i risultati delle misure fonometriche con i risultati della modellazione acustica sono emerse differenze minime in tutti i punti; la deviazione standard delle differenze fra i valori misurati e simulati è di 1,22 per il periodo diurno e di 0,96 per il periodo notturno (Tabella 9). L'unica eccezione è risultata la misura SPOT 8, che tuttavia, data la sua posizione ed il contesto antropico puntuale in cui è stata realizzata (presso l'abitato di Francofonte), può essere ritenuta poco significativa in quanto certamente condizionata da fattori localizzati.

Tabella 9: Confronto fra valori simulati e misurati nei punti oggetto di rilievi fonometrici

Postazioni di Misura	Simulati		Misurati		Differenze	
	Day	Night	Day	Night	Day	Night
RUM1	59,1	53,4	59,1	52,2	0,00	-1,20
RUM2	62,2	56,6	63,1	57,4	0,90	0,80
RUM3	61,2	53,9	59,7	53,4	-1,50	-0,50
RUM4	62,5	57,8	65,2	57,8	2,70	0,00
SPOT 1	55,3	0	54,9	0	-0,40	
SPOT 10	68,9	0	69,3	0	0,40	
SPOT 2	73,7	68,2	74,7	69,9	1,00	1,70
SPOT 3	66,8	64,3	68,1	65,4	1,30	1,10
SPOT 4	71	66,9	69,6	67	-1,40	0,10
SPOT 5	72,7	67	72,6	68,6	-0,10	1,60
SPOT 6	71,3	0	70,1	0	-1,20	
SPOT 7	59,8	0	61	0	1,20	
SPOT 9	54,3	48,3	53,9	48,7	-0,40	0,40

C.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ACUSTICHE ANTE OPERAM – POST OPERAM

C.3.1 Introduzione

Le simulazioni acustiche hanno analizzato tre scenari: *ante operam*, *post operam* e *post operam con opere di mitigazione*. In tutti gli scenari sono stati valutati gli effetti concorsuali dei principali assi della viabilità secondaria, tenendo conto anche delle modificazioni indotte dalla realizzazione del progetto nella distribuzione dei flussi di traffico, così come desunti dagli studi trasportistici.

Per ogni scenario sono state realizzate due diverse tipologie di simulazioni

- *Grafiche*: aventi uno scopo divulgativo, mostrano l'andamento delle isolivello acustiche generate da tutte le infrastrutture che interessano l'area di progetto. La griglia di calcolo considerata, all'interno dell'area di studio, è stata realizzata con punti collocati a circa 15 m di distanza gli uni dagli altri;
- *Tabellari*: sono state valutate "puntualmente", su un totale di 716 edifici, le immissioni acustiche, provocate dall'infrastruttura stradale e dalla viabilità secondaria, nelle fasi Ante Operam, Post Operam e Post Mitigazione, collocando 1352 punti ricevitore. Il numero dei punti ricevitori è superiore a quello degli edifici in quanto tiene conto del numero dei piani dei singoli edifici e della possibilità di collocare, sullo stesso edificio, più punti ricevitori su facciate diverse, al fine di identificare quella più esposta al rumore.

Le riflessioni acustiche della facciata in cui il punto ricevitore è stato assegnato non sono state considerate (SoundPLAN consente di correlare un punto ricevitore ad una facciata di un edificio) al fine di evitare sovrastime del rumore immesso e quindi poter correttamente valutare qual è l'impatto dalla sorgente sonora sul punto ricevitore analizzato.

Inoltre, al fine di valutare gli effetti degli interventi di mitigazione acustica previsti, sono state realizzate delle mappe acustiche verticali, che mostrano l'andamento delle isolivello acustiche generate dal collegamento autostradale Ragusa Catania in corrispondenza del posizionamento delle barriere antirumore.

Per tali simulazioni si è utilizzata una griglia di calcolo alta 10 metri, lunga 30 m e con punti collocati a circa 0,1 m di distanza.

C.3.2 Parametri di calcolo

Di seguito si riassumono i parametri di calcolo adottati nella modellazione.

C.3.2.1 Mappe grafiche

Standard di propagazione	NMPB – Routes - 96
Banca dati di emissione	Guide du Bruit
Valutazione	L_{diurno} ed $L_{notturno}$
Ordine di riflessione	1
Massimo raggio di ricerca	1000 m
Massima distanza riflessioni da ricevitori	200 m
Massima distanza ricevitori da sorgente	50 m
Spaziatura griglia di calcolo	15 m
Altezza griglia di calcolo	4 m

C.3.2.2 Calcoli tabellari

Standard di propagazione	NMPB – Routes - 96
Banca dati di emissione	Guide du Bruit
Valutazione	L_{diurno} ed $L_{notturno}$
Ordine di riflessione	3
Massimo raggio di ricerca	1000 m
Massima distanza riflessioni da ricevitori	200 m
Massima distanza ricevitori da sorgente	50 m
Riflessione della facciata assegnata	Non considerata

C.3.2.3 Sezioni verticali

Standard di propagazione	NMPB – Routes - 96
Banca dati di emissione	Guide du Bruit
Valutazione	L_{diurno} ed $L_{notturno}$
Ordine di riflessione	3
Massimo raggio di ricerca	1000 m
Massima distanza riflessioni da ricevitori	200 m
Massima distanza ricevitori da sorgente	50 m
Spaziatura griglia di calcolo	0,1 m

C.3.3 Caratterizzazione della sorgente

Nella situazione *ante operam* sono state considerate le emissioni acustiche di tutte le sorgenti di rumore ritenute significative. I risultati della modellazione acustica relativa allo scenario *ante operam* sono riportati riportata nell'Allegato I: Risultati delle simulazioni acustiche.

Per lo scenario *post operam*, sono state eseguite tre diverse tipologie di simulazioni tabellari:

- *Collegamento autostradale Ragusa-Catania*: considerando come sorgenti acustiche un asse stradale per senso di marcia e gli svincoli;
- *Viabilità secondaria di I tipo*: considerando come sorgenti acustiche le strade non locali (ad es. provinciali) presenti in prossimità del collegamento autostradale, al fine di verificare l'eventuale riduzione dei limiti normativi a causa della presenza di concorsualità acustiche. I flussi di traffico per tali infrastrutture sono stati estrapolati, come già detto, delle analisi correlate all'aggiornamento dei dati trasportistici;
- *Viabilità secondaria di II tipo*: considerando come sorgenti acustiche le strade locali presenti in prossimità del collegamento autostradale aventi, sulla base delle analisi correlate all'aggiornamento dei dati trasportistici, flussi di traffico significativi (es: Via Etnea). Tale simulazione è stata eseguita al fine di valutare il clima acustico complessivo presente ai ricevitori collocati in prossimità del collegamento autostradale.

Dall'analisi sono state escluse le sole viabilità locali in cui i flussi di traffico risultano trascurabili, in quanto riconducibili a dinamiche di spostamento estremamente localizzate (es. viabilità locali, poderali).

Dai risultati delle simulazioni sono stati individuati i ricettori per i quali era possibile eseguire la riduzione dei limiti normativi, così come descritto nel paragrafo C.2.4.3, a causa del verificarsi del fenomeno di concorsualità acustica.

Le infrastrutture che, per effetti di concorsualità, causano una riduzione dei limiti normativi in alcuni recettori presenti nell'area di studio sono le seguenti :

- SP 52;
- SS 194 (parte a Nord di Lentini);
- A18;
- Parte del tracciato *ante operam* della SS 194 in prossimità di Francofonte.

In Tabella 10 si riportano i recettori in cui le infrastrutture sopramenzionate causano una riduzione dei limiti normativi.

Tabella 10: Analisi della riduzione dei limiti normativi causati dalla presenza di viabilità secondaria

Nome	Piano	Direzione	Utilizzo	Limite teorico		Limite effettivo	
				LD	LN	LD	LN
6	2	N	Z1	70	60	70	57
7	1	N	Z2	65	55	65	52
1P	1	E	Z1	70	60	70	57
1P	2	E	Z1	70	60	70	57
L34	1	SE	Z3	70	60	70	57
L50_Ospedale_B	1	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_B	2	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_B	3	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_B	4	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_B	5	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_B	6	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	1	NO	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	2	NO	HOS	50	40	47	37
L50_Ospedale_D	3	NO	HOS	50	40	47	37
L50_Ospedale_D	4	NO	HOS	50	40	47	37
L50_Ospedale_D	5	NO	HOS	50	40	47	37
L50_Ospedale_D	6	NO	HOS	50	40	47	37
L50_Ospedale_D	1	SW	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	2	SW	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	3	SW	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	4	SW	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	5	SW	HOS	50	40	50	37
L50_Ospedale_D	6	SW	HOS	50	40	50	37

I risultati della modellazione acustica relativa allo scenario *post operam* sono riportati nell'Allegato I: Risultati delle simulazioni acustiche.

L'analisi dei risultati della simulazione relativa allo scenario *post operam* ha evidenziato come in alcuni recettori i limiti normativi non siano rispettati; per tale motivo si è proceduto con la progettazione degli interventi di risanamento.

C.3.3.1 Progettazione degli interventi di risanamento

Sono state eseguite tre diverse tipologie di simulazioni tabellari utilizzando le stesse informazioni presenti nei calcoli eseguiti per la valutazione dello scenario *post operam*, aggiungendo le opere di mitigazione considerate.

Le opere di mitigazione acustica sono state progettate in due fasi:

- *Preliminare*: il modulo "Ottimizzazione Barriere" di SoundPLAN consente di progettare l'altezza delle barriere acustiche utilizzando come dati di input il tracciato della barriera ed i livelli che si vogliono ottenere su determinati ricettori. Il risultato di tale operazione non è stato considerato come definitivo in quanto tale modulo non consente di considerare le caratteristiche di riflessione della barriera e può dar luogo a profili estremamente irregolari;
- *Dettagliata*: i risultati ottenuti dalla progettazione preliminare sono stati analizzati e processati. Sono stati eliminati i tratti della barriera aventi altezza nulla ed ai tratti rimasti è stata assegnata l'altezza maggiore fra quelle assegnata nella fase preliminare ai diversi moduli della barriera. Tale operazione è stata eseguita in ogni area in cui era presente un superamento dei limiti normativi (considerando anche le concorsualità). Inoltre sono state assegnate le caratteristiche di riflessione alla barriera definendone le tipologie ovvero:
 - *Polimetilmetacrilato (PMMA)*: si tratta di una barriera trasparente, con valori del coefficiente di assorbimento acustico prossimi allo 0. Dato il bassissimo impatto paesaggistico/percettivo, il suo utilizzo è stato privilegiato in tutti i casi in cui non vi fossero ricettori da proteggere nel lato della strada opposto a quello in cui la barriera è presente;
 - *Fonoassorbente*: l'utilizzo di tale tipologia è stato preso in considerazione nei casi in cui siano presenti dei ricettori da proteggere anche nel lato della strada opposto a quello in cui la barriera è presente.

Al fine di ottemperare alla prescrizione CIPE n. 67, è stata effettuata un'analisi per verificare la possibilità di realizzare barriere integrate comprendenti dune artificiali inerbite. Com'è noto, infatti, l'utilizzo di dune in terra artificiali presenta numerosi vantaggi in termini paesaggistici, ma può essere applicato solo laddove le condizioni al contorno lo consentano (terreni sufficientemente pianeggianti, assenza di ostacoli/vincoli in prossimità del tracciato, corpo stradale in trincea o in rilevato di altezza contenuta, ecc.). Il tratto di strada responsabile del superamento dei limiti normativi presso l'ospedale di Lentini è risultato, sulla base dei criteri precedentemente esposti, l'unico, in tutto il tracciato, in cui è stato possibile valutare l'ipotesi di realizzare delle dune artificiali in terra, sormontate da barriere acustiche in PMMA. Le caratteristiche delle dune acustiche considerate sono state:

- Altezza 1,5m;
- Pendenza lati $\approx 33^\circ$;

- Larghezza della sommità 2,8 m.

I risultati delle simulazioni hanno fornito indicazioni incoraggianti in merito all'efficacia di tale sistema; tuttavia la realizzazione delle dune acustiche in tale tratto non è stata ritenuta tecnicamente realizzabile, in quanto il tracciato presenta altezze dei rilevati piuttosto elevate (fino a 6 metri) che, unite alle caratteristiche geomeccaniche non ottimali dei terreni interessati, avrebbero comportato l'occupazione di un'area molto vasta per la realizzazione della duna. Pertanto, anche in tale tratto, è stato ritenuto preferibile intervenire mediante la realizzazione di barriere acustiche, al fine di salvaguardare le colture ad agrumeto circostanti, tipiche della zona, così come peraltro richiesto in altre prescrizioni della Del. CIPE (ad es. al punto 29).

Inoltre è stato verificato come sia necessario, al fine di rispettare i limiti normativi imposti, oltre alle barriere acustiche previste, stendere asfalto drenante fonoassorbente, dello stesso tipo di quello presente nell'intero tracciato di progetto, nelle rampe di accesso ed uscita degli svincoli 10 e 11.

C.3.4 Risultati della progettazione di dettaglio delle barriere acustiche

In Tabella 11 si riportano i dettagli relativi al dimensionamento, localizzazione ricettori mitigati e tipologia degli interventi di mitigazione acustica previsti. Si evidenzia che le barriere 5 e 6 sono state modellate in prossimità dei margini delle carreggiate delle rampe di accesso e di uscita al collegamento autostradale in prossimità dello svincolo 10, a partire dall'innesto con Via Etnea.

Si precisa che, oltre alle barriere sotto riportate, sarà necessario effettuare degli interventi diretti (infissi ad alte prestazioni acustiche) al ricettore D231, situato proprio in prossimità dello svincolo 10, in quanto trattasi di ricettore sensibile (residenza assistenziale di tipo ospedaliero dotato di 40 posti letto).

Al fine di consentire una flessibilità nelle scelte architettoniche e compositive, dal punto di vista progettuale le barriere previste risultano di estensione superiore rispetto a quelle richieste dalla modellazione, in quanto sono state generalmente dimensionate su un modulo multiplo di 12, che permette indifferentemente l'adozione di pannelli di luce pari a 3 o 4 m usualmente disponibili in commercio.

Per gli approfondimenti in merito alle caratteristiche architettoniche delle barriere, si rimanda alla relazione sulle misure di mitigazione/compensazione ambientale, elab. D01-T100-AM070-1-RG-001-0A.

Tabella 11: Barriere acustiche

Lotti	Barriera	Progressive		Posizione Carreggiata	Materiale	Altezza (metri)	Larghezza pannelli (metri)	Lunghezza barriera TOT (metri)	Tipol. Sezione Stradale
		Da	a						
Lotto 1	Barriera n.1	0+125	0+161,16	sx	FA integr	3	3	36,16	Rampa in rilevato
Lotto 6	Barriera n.2	10+580	10+618,7	sx	FA	5	3	38,7	Debole Trincea
Lotto 7	Barriera n.3	4+910	4+947,9	sx	PMMA	5	3	37,9	Rilevato/Falsa trincea
Lotto 8	Barriera n.4	0+814	0+856,16	dx	FA integr	4	3	42,16	Muro
	Barriera n.4A	0+850	0+938,70	dx	PMMA	4	3	88,7	Rilevato
	Barriera n.4B	0+931	0+988,16	dx	FA integr	4	3	57,16	Muro
	Barriera n.4C	0+980	1+312,70	dx	PMMA	4	3	332,7	Rilevato - Rampa
	Barriera n.4D	1+270	1+357,9	dx	PMMA	4	3	87,9	Rilevato
	Barriera n.4E	1+340	1+391,1	dx	PMMA	4	3	54,1	Rampa svinc - Rilevato
	Barriera n.4F	1+384	1+411,16	dx	FA integr	4	3	27,16	Sovrappasso svincolo
	Barriera n.4G	1+405	2+196,7	dx	PMMA	4	3	791,7	Rilevato
	Barriera n.5	4+653		sx	FA integr	3 + tubo	3	108,16	Viab esterna - Rilevato/Testa muro
	Barriera n.6	4+677		dx	FA integr	3 + tubo	3	72,16	Viab esterna
Barriera n.7	7+185	7+221	dx	FA	3	3	37,5	Rilevato	
Barriera n.8	7+281	7+317	dx	FA	3	3	37,5	Rilevato	
Barriera n.9	7+341	7+377	sx	FA	3	3	37,5	Rilevato	
Barriera n.10	8+337	8+400,10	dx	PMMA	3	3	63,1	Esistente	

C.3.4.1 Valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento progettati

L'efficacia degli interventi definiti dalla progettazione di dettaglio è stata valutata attraverso 3 simulazioni tabellari, in ognuna delle quali è stata considerata la presenza degli interventi di risanamento:

- *Collegamento autostradale Ragusa-Catania:* Considerando come sorgenti acustiche un asse stradale per senso di marcia e gli svincoli;
- *Viabilità secondaria di I tipo:* Considerando come sorgenti acustiche le strade non locali presenti in prossimità del collegamento autostradale;

- *Viabilità secondaria di II tipo.* Considerando come sorgenti acustiche le strade locali presenti in prossimità del collegamento autostradale aventi flussi di traffico rilevanti (es: Via Etnea).

Nella progettazione delle opere di mitigazione acustica, sono stati utilizzati i coefficienti di assorbimento riportati in Tabella 12.

Tabella 12: Coefficienti di assorbimento delle barriere acustiche considerate

Frequenza [Hz]	Coefficiente di assorbimento	
	Barriera in PMMA	Barriera fonoassorbente
100	-	0,190
125	0,040	0,370
160	-	0,700
200	-	0,820
250	0,040	1
315	-	1
400	-	1
500	0,03	1
630	-	1
800	-	1
1000	0,030	1
1250	-	1
1600	-	0,980
2000	0,020	0,830
2500	-	0,750
3150	-	0,720
4000	0,020	0,740
5000	-	0,700

I risultati della modellazione acustica relativa allo scenario *post operam* con interventi di mitigazione acustica è riportata nell'Allegato I: Risultati delle simulazioni acustiche.

Al fine di una più immediata valutazione delle opere di mitigazione acustica sono stati realizzati i seguenti allegati:

- Allegato II: Dettaglio degli effetti degli interventi di Mitigazione Acustica: Riporta un'analisi dei livelli acustici che si hanno negli scenari ante operam, post operam e post operam con opere di mitigazione, su tutti recettori in cui si è avuto il superamento dei limiti normativi;

- Allegato III: Riporta un'analisi dei livelli acustici che si hanno negli scenari di *ante operam*, *post operam* e *post operam con opere di mitigazioni* nei soli recettori sensibili riportati in Tabella 7;
- Allegato IV: Confronto tra la situazione Post Operam e Post Operam con Mitigazioni: Sono riportate le mappe acustiche verticali, relative agli scenari *post operam* e *post operam con opere di mitigazione*
- Tavole Grafiche:
 - da D01-T100-AM040-1P5-001-0A a D01-T100-AM040-1P5-008-0A Isofoniche - Ante - Operam - Diurno
 - da D01-T100-AM041-1P5-001-0A a D01-T100-AM041-1P5-008-0A Isofoniche - Ante - Operam - Notturmo
 - da D01-T100-AM042-1P5-001-0A a D01-T100-AM042-1P5-008-0A Isofoniche - Corso d'Opera
 - da D01-T100-AM043-1P5-001-0A a D01-T100-AM043-1P5-008-0A Isofoniche - Post - Operam - Diurno
 - da D01-T100-AM044-1P5-001-0A a D01-T100-AM044-1P5-008-0A Isofoniche - Post - Operam - Notturmo
 - da D01-T100-AM045-1P5-001-0A a D01-T100-AM045-1P5-008-0A Isofoniche - Post - Operam con mitigazioni - Diurno
 - da D01-T100-AM046-1P5-001-0A a D01-T100-AM046-1P5-008-0A Isofoniche - Post - Operam - con mitigazioni - Notturmo

C.3.5 Determinazione dell'indice di priorità degli interventi

Per ogni intervento di risanamento acustico previsto nel paragrafo C.3.4 è stato calcolato l'Indice di priorità degli interventi sulla base dei contenuti del D.M. 29/11/2000 (vedere paragrafo C.1.6). La procedura espressa dal D.M. 29/11/2000 è stata adattata al caso in esame secondo la procedura descritta nei paragrafi successivi.

C.3.5.1 Procedura per il calcolo dell'indice di priorità degli interventi

Gli edifici nei quali l'intervento di risanamento ha consentito di riportare i livelli acustici emessi dal collegamento autostradale al di sotto dei limiti consentiti sono stati individuati e ne è stata

calcolata la popolazione residente. Dato che non sono stati resi disponibili i dati catastali di dettaglio è stata assunta una densità acustica standard per ogni edificio di 1 ab ogni 30 m² di superficie utile. Nel caso di edifici multipiano la totalità della superficie utile è ottenuta moltiplicando la superficie in pianta dell'edificio per il numero degli piani.

Per ogni edificio è stato calcolato l'indice di priorità moltiplicando il più elevato fra i superamenti osservati nello scenario di *post operam* per la popolazione presente all'interno dell'edificio.

Nel caso di recettori sensibili il numero di popolazione presente è stato ricavato attraverso altre ipotesi:

- Scuole: al posto della popolazione residente sono stati considerati il numero complessivo di studenti presenti al suo interno. Il dato è stato infine moltiplicato per 3 in conformità a quanto previsto dal D.M. 29/11/2000;
- Ospedali e Case di cura al posto della popolazione residente sono stati considerati il numero complessivo di posti letto presenti al suo interno. Il dato è stato infine moltiplicato per 4 in conformità a quanto previsto dal D.M. 29/11/2000.

L'indice di priorità relativo all'intervento i-esimo è dato dalla somma degli indici di priorità degli edifici sensibili e non sensibili nei quali l'intervento i-esimo consente di bonificare i superamenti osservati nello scenario di *post operam*. Un esempio di tale procedura è riportato in Tabella 13.

Tabella 13: Esempio di calcolo dell'indice di priorità degli interventi

<i>Identificativo intervento</i>	<i>Nome ricettori beneficiari</i>	<i>Popolazione presente nel ricettore (corretta)</i>	<i>Correzione</i>	<i>Superamento massimo osservato nel ricettore</i>	<i>IP ricettore</i>	<i>IP intervento</i>
1	X	10	NO	10	100	404
	Y (scuola)	100	3	1	300	
	Z	2	NO	2	4	

C.3.5.2 Risultati del calcolo dell'indice di priorità degli interventi

In Tabella 14 gli interventi di risanamento acustico previsti nel paragrafo C.3.4 sono stati ordinati in funzione dell'indice di priorità degli interventi calcolato così come descritto nel paragrafo C.3.5.1.

Tabella 14: Classifica dell'indice di priorità degli interventi

Tipo Intervento	IP
Realizzazione della barriera n°4	3878
Realizzazione della barriera n°10	2940
Installazione infissi ad elevato potere fono isolante per la RSA Sant'Antonio	2916
Realizzazione della barriera n°5 e stesura di asfalto fonoassorbente in prossimità delle rampe di accesso ed uscita dello svincolo 10	1263
Realizzazione della barriera n°6 e stesura di asfalto fonoassorbente in prossimità delle rampe di accesso ed uscita dello svincolo 10	202
Realizzazione della barriera n°2	43
Realizzazione della barriera n°7	23
Realizzazione della barriera n°1	15
Realizzazione della barriera n°3	13
Realizzazione della barriera n°8	6
Stesura di asfalto fonoassorbente in prossimità delle rampe di accesso ed uscita dello svincolo 11	5
Realizzazione della barriera n°9	4

C.3.6 Analisi dei dati e conclusioni dello studio Post operam

Dall'analisi dei dati contenuti nell'Allegato II, si nota come gli interventi di risanamento acustico progettati sono in grado di mitigare tutti i ricettori considerati, ad eccezione del D231_residenza assistenziale (recettore sensibile di tipo ospedaliero dotato di 40 posti letto), sito nel comune di Lentini, per il quale sarà necessario intervenire mediante interventi diretti al ricettore come l'installazione di infissi ad elevato potere fonoisolante tali da rispettare, per le facciate, le prescrizioni del D.P.C.M 5/12/97 "Requisiti acustici passivi degli edifici ($D_{2m,nT,w} \geq 45$ dB)".

Si precisa inoltre che tale ricettore risente, in maniera importante, dal punto di vista acustico della presenza di Via Etnea (strada di tipo locale con un elevato traffico automobilistico di carattere urbano).

In conclusione si può affermare che, al fine del rispetto dei livelli acustici di immissione previsti dalla normativa vigente, gli interventi necessari sono:

- Barriere acustiche, così come riportate in Tabella 11;
- Asfalto fonoassorbente (riduzione delle emissioni acustiche della strada di 1,7 dB) in prossimità delle rampe di accesso ed uscita degli svincoli 10 e 11;
- Installazione di infissi ad elevato potere fonoisolante, così come specificato nel paragrafo C.3.4.1, per la Residenza Sanitaria Assistenziale Sant'Antonio.

Nel capitolo C.3.5 sono riportati gli indici di priorità degli interventi di risanamento acustico in conformità al D.M. 29/11/2000 per ognuno degli interventi previsti.

C.4 ANALISI DELL'IMPATTO ACUSTICO DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE

C.4.1 Introduzione

I lavori per l'ampliamento a quattro corsie del collegamento autostradale Ragusa – Catania richiedono attività di cantiere che potenzialmente possono creare impatti acustici rilevanti. A tale scopo è stata realizzata una valutazione previsionale dell'impatto acustico prodotto da tali attività, finalizzata alla bonifica delle eventuali criticità acustiche attraverso interventi (in ordine di preferenza):

- Strategici: eventuali modifiche al lay-out od alla viabilità di cantiere, senza comprometterne la funzionalità;
- Attivi: sostituzione di macchinari eccessivamente rumorosi con altri meno impattanti, ma ugualmente efficaci;
- Passivi: installazione di schermi acustici temporanei.

Data la caratteristica delle attività in argomento, si deve prevedere che le valutazioni in questa sede espresse potranno trovare dettagliata puntualizzazione solo nell'ambito del progetto di cantierizzazione esecutivo.

I lavori necessari per la realizzazione dell'opera richiedono sia cantieri mobili (fronte avanzamento lavori) che fissi (cantieri base/operativi).

Tipicamente, gli effetti di disturbo derivanti dalle lavorazioni di cantiere possono essere suddivisi in due categorie:

- Effetti di medio/lungo periodo: sono quelli che si protraggono per quasi tutta la durata dei lavori, e sono dovuti essenzialmente agli impatti derivanti dai traffici dei mezzi d'opera e dalla presenza delle attrezzature fisse operanti nei cantieri "base/operativi";
- Effetti temporanei: sono quelli dovuti ai cantieri "mobili" lungo tratta (scavi, sbancamenti, imbocchi gallerie, ecc.) che hanno una durata limitata nel tempo ma spesso un potenziale più elevato in termini di impatto, a causa della natura dei macchinari impiegati e delle lavorazioni effettuate. La valutazione degli impatti acustici dei cantieri "mobili", comprensiva delle attività connesse alla realizzazione degli imbocchi della galleria di Francofonte, è stata realizzata in 15 aree potenzialmente critiche, scelte in funzione dei recettori e delle sorgenti presenti.

C.4.2 Descrizione degli input per l'analisi

C.4.2.1 Cantieri base

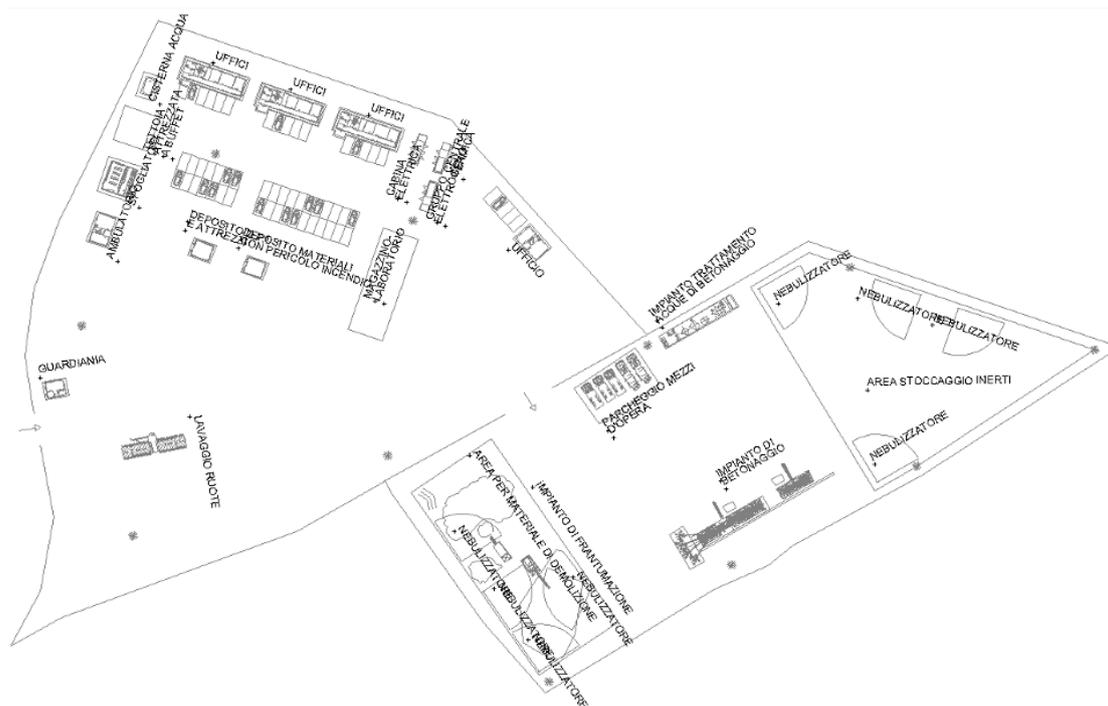
Per la realizzazione dell'opera in progetto sono stati previsti 8 cantieri base, operanti nel periodo diurno (06:00 – 22:00), il cui orario lavorativo previsto sarà dalle 07:00 alle 17:00, la cui configurazione esemplificativa è riportata in Figura 6. L'elenco delle principali sorgenti acustiche modellate è riportato in Tabella 15.

Tabella 15: Descrizione delle sorgenti di rumore considerate all'interno di un cantiere base

Sorgente	Livello di Potenza sonora	Tempo di utilizzo (solo diurno)
Impianto di trattamento acque di betonaggio	77,7 dB(A)	100%
Pala Meccanica 100 hp	108,9 dB(A)	70%
Autocarro	103,4 dB(A)	70%
Impianto di betonaggio – miscelatore	75 dB(A)	100%
Impianto di betonaggio – slurry	105 dB(A)	100%
Frantoio (*)	107,9 dB(A)	70%*

* nel solo Cantiere Base 1 il tempo di utilizzo è del 100%.

Figura 6: Esempio di Lay-out di un Cantiere Base (Lotto 1)



C.4.2.2 Viabilità di cantiere e cava - cantieri

Nell'ambito del presente progetto è previsto che il principale asse dorsale di collegamento delle aree di cantiere utilizzato durante le lavorazioni sarà costituito dalle strade statali 115 e 514 attualmente esistenti, oggetto dell'adeguamento, in quanto queste rimarranno in esercizio per tutta la durata dei lavori, senza deviazioni significative, se non in casi eccezionali e localizzati.

Fa eccezione il primo tratto del Lotto 1, fino al km 4 circa, ed il tratto corrispondente all'imbocco della galleria di Francofonte, per i quali si prevede una parziale deviazione dei flussi di traffico dal tracciato previsto in fase *ante-operam* lungo percorsi alternativi, che sono stati opportunamente considerati nel presente studio.

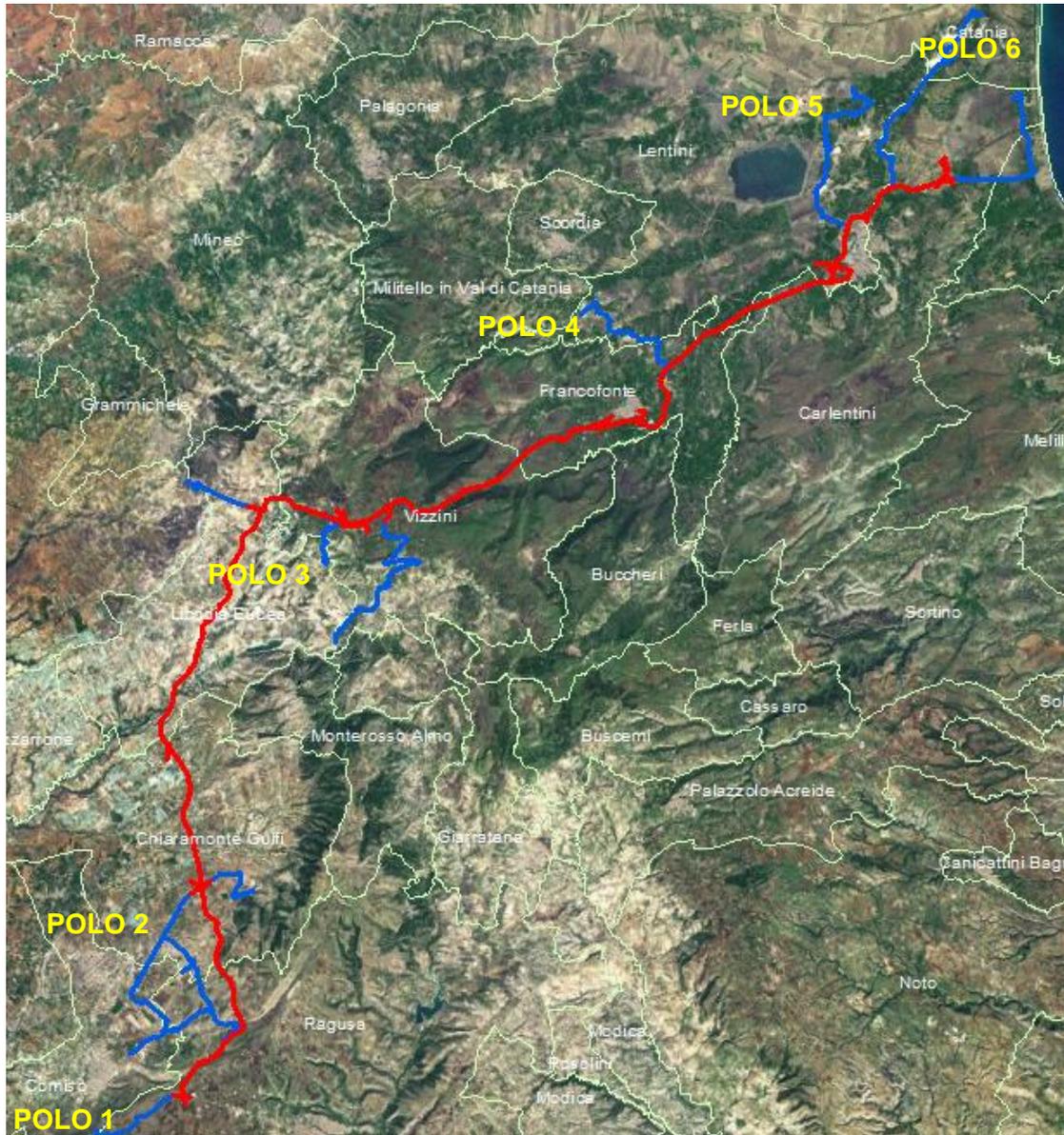
Sono state conseguentemente modellate le emissioni acustiche di alcuni tratti stradali che saranno realizzati ad hoc per il corretto svolgimento delle attività di cantiere.

E' opportuno osservare come la presenza dei cantieri mobili lungo il tracciato stradale comporterà una riduzione della velocità dei mezzi circolanti, conseguente alle penalizzazioni della carreggiata stradale attuale previste nel corso dei lavori di adeguamento. Nella fase di modellazione acustica è stata pertanto assegnata una velocità media dei veicoli circolanti pari a 50 km/h per i veicoli leggeri e per quelli pesanti.

Per quanto concerne le viabilità cava – cantieri, utilizzata nel progetto sia per l'approvvigionamento sia per il conferimento dei materiali di scarto, il progetto identifica i percorsi da utilizzare per collegare le aree dove avvengono le lavorazioni con i 6 "poli" di approvvigionamento/smaltimento individuati in relazione alle esigenze progettuali.

In particolare, come si vedrà nel seguito, le viabilità sono state individuate con l'obiettivo di arrecare il minimo disturbo alla popolazione residente, evitando il più possibile, nel rispetto di alcune specifiche prescrizioni CIPE, interferenze dirette con gli ambiti più densamente urbanizzati (per approfondimenti si vedano gli elaborati D01-T100-CA011-1-P3 da 001 a 003 - Individuazione cave e siti di deposito).

Figura 7: Tracciato dell'infrastruttura stradale nello scenario corso d'opera; in rosso la SS 194 "Ragusana" ed in blu le strade di cava utilizzate dai mezzi di cantiere, con l'indicazione dei potenziali Poli di approvvigionamento/smaltimento.



Più in dettaglio si illustra quanto segue.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 1:

Per la parte più a sud, il collegamento più diretto avviene attraverso il lotto 1, mediante la viabilità relativa alla SP 14; si tratta di una strada che si snoda prevalentemente in ambito agricolo, con occasionale presenza di case sparse.

Nella zona più a nord del polo, si è evitato di considerare la SS 115, in quanto questo itinerario avrebbe determinato l'interessamento di alcune zone periferiche dell'abitato di Comiso. Si è pertanto optato per la viabilità relativa alla SP 9, caratterizzata da una scarsissima presenza antropica.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 2:

Il polo si pone in corrispondenza del lotto 2 di progetto. Come viabilità di collegamento per le cave del Polo 2 si è previsto, ad ovest della SS 514, l'utilizzo delle SP 9 e SP 77, entrambe contraddistinte da una bassissima urbanizzazione.

Ad est della SS 514, in corrispondenza dello svincolo nr. 2, si utilizzerà per un breve tratto la SP 7, in un punto ove insiste un'area di sviluppo industriale, e pertanto non sussistono elementi di criticità dal punto di vista della sensibilità dei ricettori.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 3:

Il polo nr. 3 comprende un insieme di siti di cava afferenti prevalentemente al territorio del Comune di Vizzini, lungo i lotti 4 e 5 di progetto. I siti più ad Ovest, presso lo svincolo nr. 5 per Grammichele, saranno agevolmente serviti dalla SS 683.

I siti che gravitano presso l'area di Vizzini scalo sono ben collegati all'omonimo svincolo n. 6 sulla SS 514, mediante la rete viaria provinciale.

Si segnala, in questo tratto, il collegamento con la cava CT086 in loc. "Torretta", in quanto trattasi dell'unico itinerario che interessa un centro abitato, ossia Vizzini. Tale circostanza è stata ritenuta inevitabile in quanto non sussistono itinerari alternativi; dalle indagini effettuate, comunque, risulterebbe che l'itinerario in questione sia stato opportunamente condiviso con l'amministrazione cittadina per garantire all'impianto il necessario collegamento con la rete stradale principale. Sarà comunque opportuno approfondire tale aspetto nelle fasi successive dell'iter attuativo dell'opera.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 4:

Il polo 4 si caratterizza per la presenza di un unico sito estrattivo, in loc. "Ambelia", collegato con la SS114, in corrispondenza del lotto 7, mediante la Strada Comunale "Canali" di Francofonte. L'itinerario si presenta a scarsissima urbanizzazione.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 5

Il polo nr. 5 si attesta nella parte terminale del progetto, presso il lotto 8.

Anche in questo caso si è cercato di individuare itinerari caratterizzati da bassa densità abitativa, prevedendo l'utilizzo della viabilità minore posta in corrispondenza dell'area a nord di Lentini, ove insiste una fitta rete di strade di basso ordine gerarchico.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 6

Il polo nr. 6 si estende a sud dell'ultimo tratto del Fiume Simeto, verso la fascia costiera, in una porzione di territorio recentemente interessata dalla realizzazione dell'autostrada Catania – Siracusa.

Per tale polo si prevede prevalentemente l'utilizzo della SS 194, strada che si inserisce in un contesto agricolo piuttosto frammentato, caratterizzata da un traffico e da un livello di antropizzazione più elevati rispetto ad altri tratti dell'intervento.

Per l'accesso al sito di cava SR006 non si è esclusa a priori la possibilità dell'utilizzo della SS litoranea nr. 114, fermo restando che tale opzione andrebbe preferibilmente evitata nel periodo estivo.

La tabella seguente sintetizza le distanze tra i lotti in progetto ed i poli di approvvigionamento/smaltimento. Si specifica che le distanze sono riportate come valore medio tra quelle relative ad ogni sito di cava presente nell'ambito del polo. In giallo sono evidenziati i percorsi scelti nell'ambito del piano di gestione delle materie del presente Progetto Definitivo; per eventuali approfondimenti sull'argomento, si veda anche la relazione inerente al Bilancio dei movimenti terre, elab. D01-T100-CA010-1-RG-002-0A.

DISTANZE TRA LOTTI E POLI DI APPROVVIGIONAMENTO/DISCARICA (MEDIA PER POLO)						
	POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4	POLO 5	POLO 6
LOTTO 1	4,2	5,3	29,59	44,6	61,7	70,0
LOTTO 2	13,9	5,3	22,74	37,7	54,9	63,1
LOTTO 3	20,8	12,2	14,72	29,7	46,9	55,1
LOTTO 4	28,8	20,2	10,17	25,2	42,3	50,6
LOTTO 5	33,3	24,7	7,17	18,7	35,8	44,1
LOTTO 6	39,8	31,2	9,00	6,1	23,3	31,5
LOTTO 7	52,4	43,8	21,59	6,9	11,1	19,3
LOTTO 8	64,6	56,0	33,79	9,9	7,65	10,4

Si specifica che il bilancio materie connesso al progetto definitivo, grazie al sostanziale equilibrio tra scavi e riporti ed alla massimizzazione del riutilizzo del materiale di scavo, prevede un bassissimo ricorso ad approvvigionamenti/smaltimenti presso i siti di cava.

C.4.2.3 Studio dell'incremento dei traffici previsto in fase di cantiere.

La presenza delle attività di cantiere causerà un incremento dei mezzi di trasporto circolanti nel collegamento autostradale in esame.

Per una valutazione delle ricadute ambientali derivanti dalla movimentazione dei mezzi in corso d'opera, si è pertanto reso necessario, nell'ottemperanza della prescrizione n. 49, un approfondimento di indagine che consentisse di quantificare l'entità dei traffici potenzialmente indotti dalla fase di cantiere.

Gli input che sono stati utilizzati per la valutazione dei traffici sono:

- Suddivisione negli 8 lotti funzionali previsti da progetto;
- Caratterizzazione e durata delle lavorazioni così come definito nel cronoprogramma allegato agli elaborati inerenti alla cantierizzazione;
- Entità della movimentazione materie (terre) previste all'interno di ogni lotto e, ove previsto, derivante dal bilanciamento tra lotti;
- Posizionamento delle aree di approvvigionamento e deposito dei materiali;
- Viabilità prevista per i collegamenti con i siti di approvvigionamento e per le dorsali di distribuzione lungo il tracciato di progetto.

Per determinare i valori medi giornalieri di corse di automezzi per lotto si è suddiviso il volume di materiale movimentato:

- da/per i diversi lotti;
- da/per i siti di approvvigionamento;
- da/per i siti di conferimento definitivo dei materiali (depositi);

per la capacità media di carico di un automezzo (circa 15 mc), e per il numero di giorni in cui, da cronoprogramma, si prevede che vengano effettuati i corrispondenti lavori.

I valori così individuati sono stati attribuiti agli assi stradali utilizzati come dorsali di collegamento tra i lotti, determinando, per ogni singola subtratta, l'incremento del volume di traffico di mezzi pesanti prevedibile.

Per la viabilità di collegamento da/per il sito di approvvigionamento, lo stesso calcolo è stato effettuato considerando però i valori effettivi approvvigionati dal sito (o da più siti che gravitano sulla stessa direttrice).

Come fattori correttivi si è considerato:

- un coefficiente pari a 1,5 per l'ottimizzazione dei trasporti sulle direttrici di andata e ritorno (1 corsa su due risulta a pieno carico in entrambe le direzioni);
- un coefficiente pari a 0,5 per le movimentazioni interne al singolo lotto; tale valore discende come media tra il percorso più lungo ipotizzabile (da inizio a fine lotto) e quello più breve (da inizio a inizio lotto).

I valori così ottenuti sono stati sommati a quelli già presenti nell'ante-operam, senza introdurre, cautelativamente, le prevedibili flessioni dei volumi di traffico indotte dalle penalizzazioni della fruibilità delle strade nel corso dei lavori.

L'incremento relativo alla componente dei mezzi pesanti così calcolati, nel caso più critico, è stato riscontrato nel lotto 8, ed è risultato pari a circa 290 unità medie giornaliere, ossia circa 18 veicoli orari (considerando il periodo diurno pari a 16 h), corrispondente ad un incremento di circa il 10% del traffico pesante attuale (il tratto stradale corrispondente è già attualmente caratterizzato da un traffico pesante più sostenuto che nella restante parte del tracciato).

Tabella 16: Incrementi di flussi di traffico dovuti alle attività di cantiere relativi ai casi più critici

Incremento dei mezzi di traffico pesanti, in termini di veicoli/ora.	Lotto	Ricettori più vicini alla strada in cui è previsto l'incremento del flusso di traffico
22	8	D245
22	8	16, 15, D223, D219

Tabella 17: Incrementi di flussi di traffico dovuti alle attività di cantiere relativi a tutti i lotti (traffico giornaliero medio espresso in termini di veq/h per il periodo diurno)

Lotto	Incremento dei mezzi di traffico pesanti, in termini di veicoli/ora.
1	12
2	13
3	6
4	14

Lotto	Incremento dei mezzi di traffico pesanti, in termini di veicoli/ora.
5	8
6	12
7	6
8	18

Analogamente a quanto sopra descritto, nell'ottemperanza della prescrizione n. 49 della Del. CIPE 03/10, sono stati stimati ed inseriti nel modello di simulazione in corso d'opera i seguenti traffici, concernenti la viabilità cava – cantiere, descritti nel par. C.4.2.2.

Dal momento che il piano di gestione dei materiali prevede il minimo ricorso all'utilizzo di cave/discariche (è previsto approvvigionamento di materiale per rilevato solo per i lotti 3 e 8) tali valori sono stati stimati in via cautelativa, facendo riferimento ai volumi di materiale approvvigionato e a quelli di scavo di materiale non reimpiegabile per rilevati e destinato quindi esclusivamente a riempimenti e rimodellamenti ambientali⁴.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 1:

Per le viabilità utilizzate per il collegamento con le cave afferenti al Polo 1, si stima un incremento dei flussi di mezzi pesanti giornalieri pari a circa 0,6 veicoli/h. Tale tratto, infatti, grazie alle buone qualità geolitologiche, si caratterizza per un notevole reimpiego dei materiali da scavo.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 2:

Per le viabilità utilizzate per il collegamento con le cave afferenti al Polo 2, si stima un potenziale incremento medio dei flussi di mezzi pesanti giornalieri pari a circa 15-20 veicoli su ogni itinerario interessato (circa 1 v/h).

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 3:

Per le viabilità utilizzate per il collegamento con le cave afferenti al Polo 3, si stima un incremento potenziale medio dei flussi di mezzi pesanti giornalieri pari a circa 100 veicoli, ossia 6-7 veicoli/h su ogni itinerario interessato.

⁴ Tale materiale potrebbe essere conferito, tutto o in parte, nei siti di cava, qualora le aree di rimodellamento previste non fossero sufficienti.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 4:

Per le viabilità utilizzate per il collegamento con le cave afferenti al Polo 4, si è valutato un incremento potenziale medio dei flussi di mezzi pesanti giornalieri pari a circa 8-10 veicoli.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 5

Per le viabilità utilizzate per il collegamento con le cave afferenti al Polo 5, si stima un incremento potenziale medio dei flussi di mezzi pesanti giornalieri pari a circa 120 veicoli, ossia circa 8 veicoli/h.

Viabilità di collegamento con il polo di approvvigionamento/smaltimento nr. 6

Per le viabilità utilizzate per il collegamento con le cave afferenti al Polo 6, si stima un incremento potenziale medio dei flussi di mezzi pesanti giornalieri pari alla metà di quello valutato per il Polo 5.

C.4.2.1 Caratterizzazione dei ricettori

Per lo studio in corso d'opera si sono utilizzati gli stessi dati relativi alla caratterizzazione dei ricettori adottati per il post operam; in più, al fine di valutare l'incidenza del transito dei mezzi di cantiere presso aree non strettamente limitrofe all'asse autostradale in progetto, è stata effettuata una verifica sulla presenza di eventuali ricettori sensibili che potessero subire disturbi causati dalla presenza di tali veicoli.

L'analisi, effettuata presso le viabilità che, in tale fase progettuale, sono state ritenute utilizzabili per il trasporto di materiale cava/discarica/cantiere, non ha fatto emergere la presenza di ricettori sensibili.

C.4.2.2 Lavori per la realizzazione delle gallerie

Al fine di valutare la condizione più critica fra quelle possibili, circa la realizzazioni della galleria nei pressi del centro abitato di Francofonte, è stato preso in esame il cantiere dell'imbocco ovest della galleria. In tale caso, infatti, i recettori sono collocati più a ridosso delle attività di cantiere; fra tutte le fasi di lavorazione che hanno luogo in tale cantiere è stata simulata quella caratterizzata dal maggior impatto acustico, ovvero le fasi iniziali dello scavo in galleria (sbancamento in corrispondenza degli imbocchi). I macchinari utilizzati in tale fase sono elencati in Tabella 18.

Le attività previste per la realizzazione di tale opera prevedono la realizzazione di un percorso fra l'imbocco ovest della galleria di Francofonte ed il cantiere base 7 che resterà attivo per tutta la durata delle attività di cantiere. In relazione ai tempi di scavo lungo tale tratta è stato calcolato

che, per trasportare il materiale di scavo nelle apposite aree di stoccaggio site esternamente agli imbocchi, circoleranno mediamente circa 5 mezzi pesanti orari sia nel periodo diurno che nel periodo notturno.

I risultati delle modellazioni eseguite per la determinazione degli impatti acustici delle attività necessarie alla realizzazione delle gallerie sono riportati nel paragrafo C.4.4.2.

Tabella 18: Descrizione delle sorgenti di rumore considerate all'interno del cantiere galleria

Sorgente	Livello di Potenza sonora	Tempo di utilizzo
Pala Meccanica 270 hp	105 dB(A)	70%
Pala Meccanica 162 hp	107 dB(A)	70%
Pala Meccanica 100 hp con braccio demolitore	108,9 dB(A)	70%

C.4.2.3 Attività di scavo lungo cantieri mobili

Ai fini della valutazione delle criticità indotte dai cantieri mobili lungo tratta, si sono prese in considerazione le attività aventi il potenziale di impatto più elevato, che, nel caso specifico, sono costituite dalle attività di scavo. Per eseguire gli scavi, infatti, sulla base delle caratteristiche geolitologiche dei territori attraversati, si sono previste diverse tecnologie, che vanno dal semplice sbancamento con pala meccanica, all'utilizzo del ripper ad elevata potenza per le rocce di media durezza, sino al martellone per la roccia dura. Nella maggioranza dei casi i fronti di scavo prevedono un utilizzo combinato dei macchinari sopra elencati, in percentuali differenti a seconda delle caratteristiche dei terreni da escavare.

Al fine di valutare l'impatto acustico dei cantieri mobili, pertanto, sono state individuate 15 aree critiche; la scelta di tali aree è stata effettuata confrontando le posizioni dei ricevitori rispetto alle aree di scavo nonché l'emissione acustica ed il numero dei macchinari previsti per ogni specifica lavorazione; di conseguenza, esse vanno ad interessare i lotti in cui le attività di scavo risultano da progetto più impegnative (lotto 1, 5 e 6) o quelli in cui sono presenti gallerie (Lotti 4 e 7). In Tabella 20 è riportato per ognuna delle 15 aree critiche considerate, l'elenco dei ricevitori e dei macchinari presenti. Le caratteristiche di emissione dei macchinari considerati sono sintetizzate in Tabella 19.

I macchinari sono stati considerati operativi solamente durante il periodo diurno. Si fa notare che, per una corretta valutazione dell'impatto acustico prodotto dall'intera fase di cantiere, sono

state considerare oltre alle sorgenti di rumore elencate in Tabella 20 anche le emissioni acustiche provenienti dai cantieri base e quelle generate dalla viabilità di cantiere. In

Figura 8 è riportata la localizzazione delle 15 aree di scavo indagate lungo il collegamento autostradale Ragusa-Catania.

I risultati delle simulazioni acustiche eseguite sono riportate nel paragrafo C.4.4.

Tabella 19: Descrizione delle sorgenti di rumore considerate all'interno dei cantieri mobili

Sorgente	Livello di Potenza sonora	Tempo di utilizzo
Apripista 100 hp	107,0	70%
Apripista 410 hp	111,0	70%
Pala Meccanica 100 hp con braccio demolitore	108,1	70%
Pala Meccanica 200 hp	104,0	70%
Ripper	112,0	70%

Figura 8: Localizzazione delle aree critiche indagate

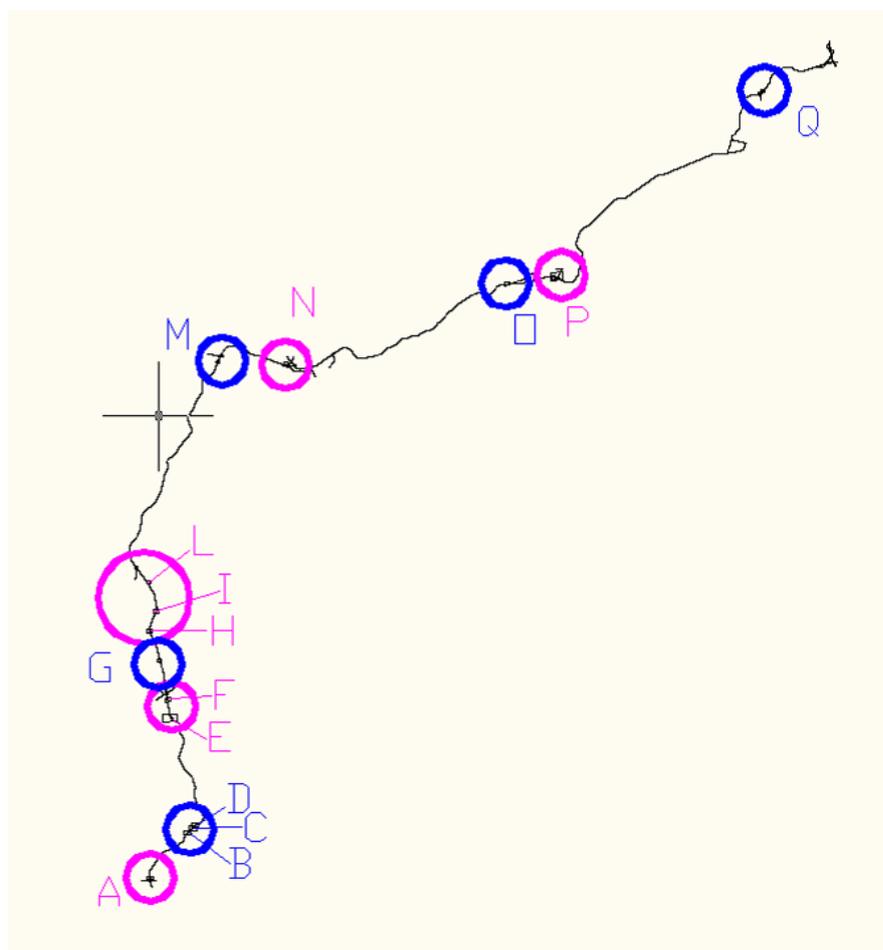


Tabella 20: Lista dei ricevitori e dei macchinari presenti nelle 15 aree di studio prese in esame per la valutazione delle immissioni sonore durante le attività dei cantieri mobili

ID Area	Ricevitori più esposti al rumore generato dalle attività di cantiere	Lotto	Sez. iniziale tratto considerato	Sez. finale tratto considerato	Num. mezzi scavi in terreni sciolti		Num. mezzi scavi con uso di ripper			Num. mezzi scavi con uso di martellone		
					Apripista hp 100	Pala meccanica hp 200	Apripista hp 410	Pala meccanica hp 200	Ripper hp 410	Apripista hp 410	Pala meccanica hp 200	Pala meccanica con demolitore hp 100
A	1P, 3P, 5P	LOTTO 1	0+150	0+200			1	2	1			
B	10P	LOTTO 1	3+300	3+400	2	2						
C	D52	LOTTO 1	3+600	4+000			1	1	1			
D	D101, D101BIS						2	2	2			
E	65P	LOTTO 1	10+075	10+200						1	1	2
F	271, D473, D474, 275, 273	LOTTO 1	11+000	11+150						3	3	8
G	105P, 106P, 107P, 108P, 109P	LOTTO 2	1+750	1+850	2	2						
H	203, 204, 212, 214, 215, 216, 217, 218	LOTTO 2	3+300	3+500	1	1				1	1	3
I	150P 170P, 171P,	LOTTO 2	4+450	4+550	1	1						
L	180P_2, 182P	LOTTO 2	6+000	6+200	2	2						
M	202P	LOTTO 4 / 5	L4 4+400	L5 0+050	1	1						
N	170, 171	LOTTO 5	3+950	4+150	2	2						
O	D13, 143, 148, 149, 150, 151, 162	LOTTO 6	10+350	10+450						2	2	2
P	D360	LOTTO 7	0+500	1+100	10	10						
Q	D219	LOTTO 8	4+850	4+950	2	2						

C.4.3 Analisi delle immissioni acustiche di medio/lungo periodo: effetti indotti dalle attività di cantiere fisse e dalle modifiche alla viabilità esistente

L'analisi eseguita ha riguardato lo studio delle immissioni sonore indotte dalle attività di cantiere fisse e dalle modifiche alla viabilità esistente. A tale scopo sono state effettuate modellazioni acustiche tabellari e grafiche (i parametri di calcolo sono riportati nei paragrafi C.3.2.1 e C.3.2.2) considerando le sorgenti di rumore riportate in Tabella 21.

Le mappe grafiche sono riportate nelle tavole:

- D01-T100-AM042-1-P5-001-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-002-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-003-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-004-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-005-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-006-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-007-0A
- D01-T100-AM042-1-P5-008-0A

Tabella 21: Lista delle sorgenti di rumore considerate per la valutazione dell'effetto dei cantieri base e della viabilità

Tipo Sorgente
I flussi di traffico ante operam transitanti nel tracciato attuale del collegamento autostradale Ragusa Catania, considerando anche le deviazioni causate dai lavori per la realizzazione dell'opera (primo tratto del Lotto 1 e galleria di Francofonte)
I macchinari presenti nei cantieri fissi (vedi Tabella 15)
I flussi di traffico dei mezzi necessari per il corretto funzionamento del cantiere

Le velocità dei veicoli transitanti lungo i tracciati stradali sono state ridotte a 50 km/h; tale operazione è stata considerata necessaria, come già detto, per tenere conto del fatto che il flusso stradale dei veicoli subirà un rallentamento a causa della presenza dei cantieri.

In Tabella 22 sono riportati i livelli acustici determinati per lo scenario *ante operam* e per lo scenario *in corso d'opera* nei recettori nei quali il livello acustico riferito allo scenario *in corso d'opera* risulti essere superiore al limite acustico previsto dalla fascia acustica della nuova infrastruttura.

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni acustiche si nota come l'effetto medio delle emissioni dei cantieri base, dei flussi di traffico indotti dalla presenza delle attività di cantiere e delle deviazioni stradali causate sulle immissioni acustiche nei ricettori, sia di 1.1 dB(A) nel periodo diurno e 0.7 dB(A) nel periodo notturno. Tali medie sono state calcolate considerando esclusivamente i ricettori per i quali le attività sopracitate hanno comportato un incremento dei livelli di rumore.

E' opportuno altresì sottolineare che l'incremento dei livelli osservati riguarda anche il periodo notturno, sebbene in tale periodo non siano previste lavorazioni; questo fenomeno è dovuto essenzialmente alla riduzione delle velocità dei mezzi pesanti circolanti, causate dalla penalizzazione della sezione stradale dovuta alla presenza dei cantieri e dalla modificazione della viabilità in alcuni tratti. Infatti, come si può osservare in Figura 1, l'emissione dei mezzi pesanti aumenta in modo sostanziale per velocità inferiori ai 50 km/h nel caso di flusso stazionario (che è la tipologia di flusso considerata nello studio in esame). Tale assunto, pertanto, è da ritenersi cautelativo ai fini del presente studio.

In linea generale l'analisi ha dimostrato che il responsabile principale dei superamenti rilevati dalla simulazione *in corso d'opera*, considerando le sorgenti elencate in Tabella 21, sia il flusso di traffico riferito allo scenario *ante operam*; A riprova di ciò, si deve osservare che la maggioranza dei ricettori che mostrano criticità ricadono in zone in cui anche lo scenario post operam risulta migliorativo, rispetto a quello ante operam, a causa delle variazioni nella distribuzione dei flussi di traffico indotte dal progetto. E' il caso, ad esempio, della viabilità locale che attualmente collega a sud-ovest l'abitato di Francofonte con la SS 114, che nel post operam risulterà ad uso esclusivamente locale e pertanto subirà una drastica riduzione dei flussi di traffico.

In tale contesto, la presenza delle attività di cantiere non comporta un peggioramento sostanziale del clima acustico rispetto allo stato attuale.

Dall'analisi dei risultati contenuti in Tabella 22 è possibile anche valutare l'impatto della viabilità cava-cantiere sui recettori più esposti.

Si ribadisce preliminarmente che è stata fatta particolare attenzione alla scelta dei percorsi cava-cantiere, in modo tale da evitare il passaggio dei mezzi pesanti in prossimità di ricettori

sensibili e da privilegiare strade secondarie e con scarsa presenza di edifici residenziali. E' utile pertanto focalizzare l'attenzione sui ricettori indagati nel corridoio di studio.

Ad esempio, nei recettori 260 e 262, l'incremento del livello acustico rilevato rispetto allo scenario ante operam deve essere attribuito interamente all'effetto della viabilità cava-cantiere, in quanto il cantiere base più vicino è schermato da una serie di edifici ed è collocato ad una distanza di circa 750m da entrambi. Inoltre le modifiche al tracciato della viabilità ante-operam non interessano l'area in prossimità dei due ricettori. L'asse stradale più prossimo al recettore 260 è situato ad una distanza di circa 12 m.

Anche in tali condizioni l'effetto della viabilità cava cantiere sul clima acustico dei recettori può essere considerato trascurabile, in quanto nel peggiore dei casi comporta un incremento di soli 0,5 dB(A) rispetto allo scenario ante operam.

In conclusione, la modellazione e lo studio condotto ha dimostrato che, nello scenario in corso d'opera, le sorgenti principalmente responsabili dei superamenti rilevati dal modello sono costituite dai flussi di traffico riferiti allo scenario ante operam; la modifica delle condizioni di circolazione dei mezzi (abbassamento della velocità), l'incremento dei transiti dei mezzi pesanti, la parziale deviazione dei flussi su viabilità alternative in alcuni tratti, nonché la presenza delle lavorazioni ospitate nei cantieri base non comportano un deterioramento rilevante del clima acustico.

Tabella 22: Analisi dell'effetto delle attività dei cantieri fissi, delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere nei recettori in cui è stato osservato un superamento dei limiti normativi.

Nome ricettore	Piano	Limiti		Livello ante operam		Livello ante operam, attività di cantiere base e , delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere		Effetto delle attività di cantiere fisse e delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere
		dB(A)		dB(A)		dB(A)		
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	
80	1	70	60	76.3	71.6	76.0	71.8	0.2
82	1	70	60	75.0	70.5	75.2	71.3	0.8
82	2	70	60	74.5	70.0	74.7	70.7	0.7
82	3	70	60	73.8	69.2	74.0	69.9	0.7
82	4	70	60	73.0	68.4	73.2	69.1	0.7
82	1	70	60	69.3	65.0	69.2	65.4	0.4
82	2	70	60	69.6	65.0	69.5	65.5	0.5
82	3	70	60	69.5	64.9	69.5	65.4	0.5
82	4	70	60	69.0	64.4	69.0	64.9	0.5
85	1	70	60	68.9	64.9	69.0	65.6	0.7
85	2	70	60	69.3	64.9	69.5	65.5	0.6
85	1	65	55	66.0	62.3	66.3	63.1	0.8
85	2	65	55	67.1	62.8	67.4	63.6	0.8
86	1	65	55	75.1	70.9	75.6	72.0	1.1
86	2	65	55	77.1	72.5	77.6	73.5	1.0
96	1	65	55	71.5	67.3	72.0	68.3	1.0
96	2	65	55	72.3	67.9	72.8	68.9	1.0
97	1	65	55	57.3	54.0	57.8	55.1	1.1
101	1	65	55	73.7	69.4	74.2	70.4	1.0
101	1	65	55	74.7	70.3	75.2	71.3	1.0
101	2	65	55	74.6	70.1	75.1	71.1	1.0
102	1	65	55	68.6	64.4	69.1	65.5	1.1
103	1	65	55	66.8	62.9	67.3	64.0	1.1
105	1	65	55	70.9	66.9	71.4	67.9	1.0

Nome ricettore	Piano	Limiti		Livello ante operam		Livello ante operam, attività di cantiere base e , delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava- cantiere		Effetto delle attività di cantiere fisse e delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava- cantiere dB(A)
		dB(A)		dB(A)		dB(A)		
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	
105	2	65	55	71.7	67.4	72.2	68.4	1.0
106	1	65	55	60.7	57.3	61.2	58.3	1.0
106	2	65	55	62.4	58.3	62.9	59.4	1.1
106	3	65	55	62.9	58.7	63.5	59.8	1.1
110	1	70	60	65.6	60.3	66.8	61.4	1.2
112	1	65	55	64.5	61.0	65.0	62.1	1.1
112	2	65	55	66.2	62.0	66.7	63.1	1.1
112	3	65	55	67.3	63.1	67.8	64.1	1.0
113	1	65	55	74.0	69.8	74.5	70.8	1.0
113	2	65	55	74.2	69.7	74.7	70.8	1.1
114	1	65	55	66.9	63.5	67.4	64.5	1.0
114	2	65	55	68.8	64.5	69.3	65.6	1.1
114	3	65	55	69.5	65.1	70.0	66.2	1.1
115	1	65	55	65.3	62.0	65.8	63.0	1.0
115	2	65	55	68.3	64.0	68.8	65.1	1.1
117	1	65	55	73.3	69.2	73.9	70.2	1.0
118	1	65	55	70.8	66.8	71.3	67.8	1.0
119	2	70	60	64.4	60.6	64.9	61.6	1.0
119	3	70	60	65.8	61.6	66.3	62.7	1.1
120	1	65	55	75.3	70.9	75.8	72.0	1.1
120	2	65	55	76.3	71.6	76.8	72.7	1.1
121	1	65	55	74.3	69.9	74.8	70.9	1.0
123	1	65	55	76.2	71.7	76.7	72.8	1.1
124	1	65	55	76.0	71.5	76.5	72.6	1.1
124	2	65	55	76.0	71.3	76.5	72.4	1.1
125	1	65	55	69.1	65.2	69.6	66.3	1.1
126	1	65	55	76.2	72.0	76.7	73.0	1.0
127	1	65	55	73.5	69.2	74.0	70.2	1.0
129	1	65	55	74.5	70.1	75.0	71.1	1.0
130	1	65	55	66.3	62.6	66.7	63.5	0.9

Nome ricettore	Piano	Limiti		Livello ante operam		Livello ante operam, attività di cantiere base e , delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava- cantiere		Effetto delle attività di cantiere fisse e delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava- cantiere dB(A)
		dB(A)		dB(A)		dB(A)		
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	
130	2	65	55	68.0	63.8	68.4	64.7	0.9
132	1	65	55	58.4	55.4	58.5	56.0	0.6
132	2	65	55	62.7	59.0	63.0	59.8	0.8
133	1	70	60	70.2	66.4	70.3	67.0	0.6
133	2	70	60	71.9	67.4	72.0	68.1	0.7
134	1	70	60	65.4	61.9	65.3	62.4	0.5
134	2	70	60	67.1	62.8	67.0	63.3	0.5
134	1	70	60	70.7	65.9	71.4	66.8	0.9
134	2	70	60	70.7	65.8	71.4	66.8	1.0
136	2	70	60	64.3	60.4	64.4	61.1	0.7
149	2	70	60	64.9	59.9	66.2	61.0	1.3
153	2	70	60	64.2	59.5	65.0	60.4	0.9
165	1	65	55	66.5	60.8	66.6	60.8	0.1
189	1	65	55	63.5	59.0	64.1	59.7	0.7
189	1	65	55	66.0	61.1	66.6	61.9	0.8
259	1	65	55	58.4	55.2	58.9	55.2	0.5
260	1	65	55	67.6	63.8	68.0	63.6	0.4
262	1	65	55	66.6	63.2	67.1	63.0	0.5
263	1	65	55	68.7	64.8	69.1	64.6	0.4
108_107	3	70	60	63.1	59.2	63.6	60.2	1.0
226P	2	70	60	64.4	59.2	66.4	60.3	2.0
264_D27	1	65	55	60.4	57.8	61.0	57.7	0.6
77_chiesa e orfanotrofo	1	65	55	65.0	60.9	64.9	61.2	0.3
77_chiesa e orfanotrofo	2	65	55	65.7	61.2	65.6	61.6	0.4
77_chiesa e orfanotrofo	3	65	55	65.8	61.3	65.7	61.7	0.4
81_83_84	1	70	60	75.4	71.0	75.8	71.9	0.9
81_83_84	2	70	60	74.6	70.1	74.9	70.9	0.8
81_83_84	3	70	60	73.6	69.1	74.0	69.9	0.8

Nome ricettore	Piano	Limiti		Livello ante operam		Livello ante operam, attività di cantiere base e , delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere		Effetto delle attività di cantiere fisse e delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere dB(A)
		dB(A)		dB(A)		dB(A)		
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	
81_83_84	4	70	60	72.8	68.2	73.1	69.0	0.8
D108	1	65	55	63.6	58.7	64.1	59.4	0.7
D14	1	70	60	74.6	70.4	75.1	71.4	1.0
D15	1	65	55	76.5	72.3	77.0	73.3	1.0
D16	1	65	55	70.6	67.6	71.2	68.6	1.0
D16	2	65	55	75.5	71.2	76.0	72.2	1.0
D17	1	65	55	74.0	69.9	74.5	70.9	1.0
D18	1	65	55	75.1	70.9	75.6	71.9	1.0
D18	2	65	55	75.6	71.1	76.1	72.1	1.0
D20	1	65	55	77.1	72.5	77.6	73.6	1.1
D211	2	70	60	64.7	59.6	65.6	60.4	0.9
D211	3	70	60	65.2	59.8	66.1	60.7	0.9
D223	1	65	55	59.9	55.1	59.9	55.2	0.1
D223	2	65	55	63.9	58.9	63.9	58.9	0.0
D223	3	65	55	64.6	59.4	64.6	59.5	0.1
D225	3	65	55	59.7	54.8	60.1	55.2	0.4
D226	1	65	55	69.5	64.2	70.0	64.8	0.6
D229	1	65	55	63.4	58.5	63.6	58.7	0.2
D230	2	65	55	62.3	57.3	62.4	57.4	0.1
D230	1	65	55	62.6	57.4	62.6	57.5	0.1
D230	2	65	55	67.2	62.0	67.2	62.1	0.1
D231_resid enza assistenzial e	1	50	40	69.4	64.2	69.5	64.3	0.1
D231_resid enza assistenzial e	2	50	40	69.7	64.3	69.8	64.4	0.1
D231_resid enza assistenzial e	1	50	40	59.5	54.7	59.5	54.7	0.0

Nome ricettore	Piano	Limiti		Livello ante operam		Livello ante operam, attività di cantiere base e , delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere		Effetto delle attività di cantiere fisse e delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere dB(A)
		dB(A)		dB(A)		dB(A)		
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	
D231_residenza assistenziale	2	50	40	62.2	57.1	62.2	57.1	0.0
D24	1	65	55	67.4	62.7	67.9	63.3	0.6
D24	2	65	55	67.1	62.3	67.7	63.0	0.7
D262	1	70	60	69.2	63.9	69.4	64.3	0.4
D262	2	70	60	69.8	64.3	70.1	64.8	0.5
D272	1	70	60	65.7	60.7	65.9	61.1	0.4
D28	1	65	55	68.2	64.2	68.6	64.0	0.4
D299	1	65	55	62.7	58.3	62.9	58.7	0.4
D299	2	65	55	64.4	59.1	64.6	59.5	0.4
D30	1	65	55	70.9	67.0	71.4	66.9	0.5
D311	1	70	60	68.5	63.2	68.7	63.7	0.5
D313	1	70	60	65.5	60.6	65.9	61.1	0.5
D313	2	70	60	66.8	61.3	67.1	61.9	0.6
D5	1	65	55	62.6	59.4	63.1	60.4	1.0
D512	1	70	60	64.8	59.5	66.6	60.5	1.8
D517	1	70	60	66.6	61.5	67.1	62.2	0.7
D518	1	70	60	68.0	62.6	68.9	63.6	1.0
D527	1	70	60	66.5	61.1	66.7	61.5	0.4
D553	1	65	55	60.3	56.2	60.8	56.7	0.5
D91	1	65	55	68.1	62.9	68.5	63.5	0.6
L3	1	70	60	64.9	60.2	65.6	61.2	1.0
L30	1	70	60	68.5	63.3	69.1	64.0	0.7
L30	2	70	60	69.1	63.5	69.6	64.2	0.7
L4	1	70	60	72.2	66.7	72.8	67.8	1.1
S2	1	70	60	69.7	66.0	70.2	67.0	1.0
S3	1	65	55	68.3	64.3	68.8	65.4	1.1
Z12	1	65	55	62.3	57.6	62.9	57.5	0.6
99BIS	1	50	0	58.9	55.9	59.1	56.5	0.6

Nome ricettore	Piano	Limiti		Livello <i>ante operam</i>		Livello <i>ante operam</i> , attività di cantiere base e , delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere		Effetto delle attività di cantiere fisse e delle modifiche alla viabilità esistente e dell'effetto della viabilità cava-cantiere dB(A)
		dB(A)		dB(A)		dB(A)		
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	
99BIS	1	50	0	57.6	54.7	57.7	55.2	0.5
99BIS	2	50	0	60.9	57.4	61.0	58.0	0.6
99BIS	2	50	0	64.3	60.7	64.4	61.2	0.5
99BIS	3	50	0	61.9	58.1	62.0	58.6	0.5
99BIS	3	50	0	65.5	61.3	65.5	61.8	0.5
99BIS	4	50	0	62.4	58.3	62.5	58.8	0.5
99BIS	4	50	0	65.9	61.6	65.9	62.0	0.4
99BIS	5	50	0	62.6	58.3	62.7	58.9	0.6
99BIS	5	50	0	66.3	61.9	66.3	62.3	0.4

C.4.4 Analisi delle immissioni acustiche di breve periodo: effetti indotti dai cantieri mobili e dal traffico indotto dalle attività di cantiere

C.4.4.1 Aree di scavo

Come descritto in precedenza, la caratterizzazione delle immissioni acustiche dei cantieri mobili è stata effettuata su 15 aree rappresentative. Tale analisi è stata effettuata considerando:

- le sorgenti riportate in Tabella 20;
- i cantieri base;
- i flussi di traffico indotti dalle attività di cantiere (in questo caso non sono stati considerati i flussi di traffico relativi alla situazione *ante operam*) considerando anche le deviazioni stradali causate dai lavori, ad esempio per la realizzazione della galleria di Francofonte.

L'analisi acustica è stata effettuata mediante simulazioni acustiche tabellari e grafiche utilizzando i parametri di calcolo riportati nei paragrafi C.3.2.1 e C.3.2.2.

In Tabella 23 sono riportati i recettori nei quali i cantieri mobili sono causa di superamenti dei valori limite, per una visione grafica dell'impatto acustico prodotto, si rimanda all'Allegato V: simulazioni acustiche di dettaglio eseguite nelle aree critiche di cantiere.

Dall'analisi delle simulazioni acustiche si nota che per 11 ricettori si ha il superamento dei limiti normativi; tra questi, 7 hanno un superamento inferiore ai 5 dB(A) e 4 hanno un superamento superiore ai 5 dB(A).

Per i primi si prevede di applicare quanto stabilito dal Decreto Assessorato della Sanità 11/09/2007 (riportato nei suoi contenuti essenziali nel paragrafo C.1.9) per gli altri si prevede l'installazione di Barriere acustiche mobili, da collocare in prossimità dei ricettori o, se possibile, in prossimità delle sorgenti acustiche maggiormente impattanti, al fine di farli rientrare entro i limiti per l'applicazione del Decreto succitato.

Si fa presente inoltre che, per i ricettori residenziali, non stagionali, che sono maggiormente impattati dalle attività di cantiere, sono state previste, nel piano di Monitoraggio ambientale delle postazioni di misura, per verificarne l'effettivo impatto; ad esempio per il ricettore 65 P la postazione di misura RUM 5, per il ricettore 180P_2 la postazione di misura RUM 07a, mentre per i ricettori 149, 150 e 151 verrà utilizzata la postazione RUM 12 che si trova nelle immediate vicinanze.

Tabella 23: Analisi dell'impatto dei cantieri mobili sui ricettori

ID Area	Lotto	Ricettore con superamento	Limite	Livello Leq,d	Superamento	Macchinari più impattanti
A	1	1P	70	70,5	0,5	Ripper, Apripista 410 hp
E	1	65P	70	70,4	0,4	Apripista 410 hp, Pala Meccanica 100 hp
F	1	271	70	72,3	2,3	Apripista 410 hp, Pala Meccanica 100 hp
H	2	218	70	70,4	0,4	Apripista 100 hp, Pala Meccanica 100 hp
H	2	217	70	70,3	0,3	Apripista 100 hp, Pala Meccanica 200 hp
L	2	180P_2	70	80,5	10,5	Apripista 100 hp, Pala Meccanica 200 hp

ID Area	Lotto	Ricettore con superamento	Limite	Livello Leq,d	Superamento	Macchinari più impattanti
L	2	182	70	80,3	10,3	Apripista 100 hp, Pala Meccanica 200 hp
O	6	150	70	77,8	8,2	Apripista 410 hp (2), Ripper (2), Pala Meccanica 200 hp
O	6	151	70	75,2	5,2	Ripper (2), Apripista 410 hp (2)
O	6	D13	70	72,1	2,1	Ripper (2), Apripista 410 hp (2)
O	6	149	70	71,8	1,8	Apripista 410 hp (2), Ripper (2)

C.4.4.2 Lavori per la realizzazione degli imbocchi della galleria

Al fine di valutare i possibili effetti delle immissioni acustiche prodotte dalle attività per la realizzazione della galleria nei pressi di Francofonte, è stata effettuata una simulazione acustica tabellare e una grafica (Allegato V: simulazioni acustiche di dettaglio eseguite nelle aree critiche di cantiere - "Scavo Galleria Francofonte – Periodo Diurno: Lotto 7" e "Scavo Galleria Francofonte – Periodo Notturno: Lotto 7") in un area prospiciente l'imbocco ovest della galleria di Francofonte. Tale area è infatti risultata la più critica per la prossimità dei ricettori costituiti presenti nel nucleo abitato di Francofonte.

I parametri da calcolo utilizzati per la realizzazione di tali simulazioni sono gli stessi riportati nei paragrafi C.3.2.1 e C.3.2.2. Oltre ai macchinari necessari per la realizzazione dell'imbocco della galleria sono stati considerati i cantieri base, la viabilità indotta dalle attività di cantiere e quella indotta da collegamento diretto fra l'area di scavo e il deposito di inerti collocato in prossimità del cantiere base n°7.

Dai risultati della simulazione tabellare, riportata in Tabella 24, si osserva che i limiti acustici previsti dalla normativa regionale per attività temporanee di tale tipologia non siano superati (Per ragioni di sintesi si riportano esclusivamente i livelli acustici più elevati osservati in ogni singolo ricettore).

Tabella 24: Confronto fra limiti normativi e livelli acustici simulati nei periodi diurno e notturno derivanti dalle attività di cantiere per la realizzazione della galleria nei pressi di Francofonte

Nome ricettore	Limite Diurno dB(A)	Livello Leq Diurno dB(A)	Limite Notturno dB(A)	Livello Leq Notturno dB(A)
69_70	70	46,8	60	14,2
69_70	70	47,5	60	14,4
69_70	70	47,9	60	14,7
69_70	70	48,3	60	15,0
D360	65	42,2	55	13,7
D360	70	59,0	60	22,0
D361	70	41,9	60	15,0
D361	70	54,1	60	28,7
M25	65	51,9	55	10,6
Z12	65	55,7	55	13,4

C.4.5 Analisi dei dati e conclusioni dello studio previsionale relativo alle attività di cantiere

C.4.5.1 Sintesi dei risultati delle modellazioni

Nell'ambito del presente studio gli effetti di disturbo derivanti dalle lavorazioni di cantiere sono stati suddivisi in due categorie:

- Effetti di medio/lungo periodo, che si protraggono per quasi tutta la durata dei lavori, e sono dovuti essenzialmente agli impatti derivanti dai traffici dei mezzi d'opera e dalla presenza delle attrezzature fisse operanti nei cantieri "base";
- Effetti temporanei, dovuti ai cantieri mobili lungo tratta (scavi, sbancamenti, imbocchi gallerie, ecc.) che hanno una durata limitata nel tempo ma spesso un potenziale più elevato in termini di impatto, a causa della natura dei macchinari impiegati e delle lavorazioni effettuate.

Nel primo caso l'analisi delle immissioni acustiche dei cantieri base e della viabilità indotta dalle attività di cantiere ha evidenziato come l'incremento rispetto ai livelli osservati nello scenario *ante operam* sia inferiore a 1,5 dB(A) in ogni ricettore in cui i limiti acustici siano superati.

Dall'analisi dei dati si è evidenziato come la modifica delle attuali condizioni di circolazione dei mezzi (velocità ridotta), l'incremento dei transiti dei mezzi pesanti e la presenza dei cantieri base non comporterà verosimilmente un deterioramento rilevante del clima acustico (vedere paragrafo C.4.3).

Per quanto riguarda il secondo caso, le analisi di dettaglio effettuate sul fronte avanzamento lavori (cantieri mobili), hanno mostrato che, considerando situazioni estremamente gravose in termini di impiego contemporaneo di più macchinari, sarà possibile registrare un superamento dei limiti normativi inferiore a 5 dB(A) in 7 ricettori; per ovviare a tale problema, è possibile ricorrere alle deroghe previste dal Decreto Assessorato della Sanità 11/09/2007 (riportato nei suoi contenuti essenziali nel paragrafo C.1.9), ferma restando comunque la possibilità di adottare opportuni accorgimenti, quali l'installazione di barriere acustiche mobili, qualora in fase di monitoraggio dovessero riscontrarsi situazioni di particolari criticità.

In altri 4 ricettori il superamento dei limiti acustici risulta superiore a 5 dB(A); in tali situazioni si prescrive l'installazione di barriere acustiche mobili in prossimità o dei recettori o delle sorgenti acustiche responsabili delle criticità (vedere par C.4.4).

Tali criticità si sono riscontrate nei lotti 1 e 6, ove si prevedono, infatti, le attività di escavazione più rilevanti in terreni caratterizzati da rocce dure (calcari/calcareni e vulcaniti/basalti).

Si fa presente che, essendo state simulate sempre le condizioni peggiori attualmente prevedibili, tali superamenti risulteranno comunque limitati nel tempo in quanto si avranno solamente quando i macchinari considerati funzioneranno contemporaneamente nelle immediate vicinanze dei ricettori.

Per quanto riguarda infine gli impatti derivanti dai cantieri messi in opera per la realizzazione della galleria di Francofonte, analizzati nel paragrafo C.4.4.2, si evidenzia che le simulazioni eseguite per lo studio hanno mostrato come tali attività non determineranno verosimilmente superamenti rispetto ai limiti previsti dalla normativa vigente.

C.4.6 Prescrizioni per il contenimento delle emissioni acustiche in corso d'opera

Sulla base dello studio condotto e dei risultati conseguiti, è possibile individuare alcune specifiche prescrizioni/accorgimenti per il contenimento delle emissioni acustiche in corso d'opera; nell'ottemperanza della prescrizione CIPE n. 3, tali indicazioni saranno recepite nei capitolati d'onere a carico delle imprese esecutrici dei lavori.

C.4.6.1 Schermi acustici

Al fine di contenere gli impatti acustici causati dalle attività di cantiere si prevede di installare schermi acustici modulari e mobili possibilmente in prossimità delle sorgenti di rumore maggiormente impattanti. Tali sistemi devono poter essere spostati facilmente, in modo tale da poter essere collocati di volta in volta in prossimità delle aree di cantiere acusticamente più impattanti.

Le prestazioni assorbenti dei pannelli dovranno avere un indice di valutazione dell'assorbimento acustico $DL\alpha$ superiore a 4 (ovvero come minimo appartenenti alla categoria A2 stabilita dall'appendice A della UNI EN 1793-1:2013). Tuttavia si consiglia l'utilizzo di pannelli caratterizzati da un $DL\alpha$ superiore a 8 (categoria A3 o superiori della UNI EN 1793-1:2013)

Se l'indice di valutazione dell'assorbimento acustico $DL\alpha$ del pannello non è noto si consiglia di utilizzare pannelli fonoassorbenti in grado di soddisfare i valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico α elencati in Tabella 25

Tabella 25: Valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico richiesti per i pannelli fonoassorbenti degli schermi acustici

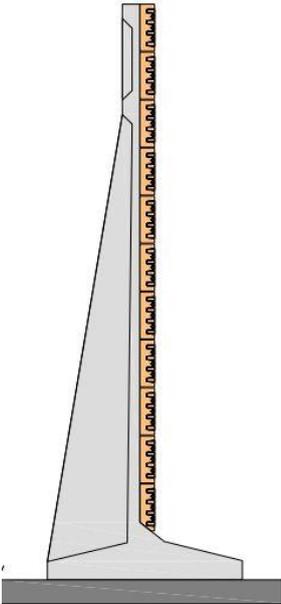
Frequenza [HZ]	α	Frequenza [HZ]	α
100	0,10	800	0,60
125	0,10	1000	0,60
160	0.15	1250	0.65
200	0.25	1600	0.65
250	0.35	2000	0.65
315	0.40	2500	0.60
400	0.45	3150	0.50
500	0.50	4000	0.45
630	0.55	5000	0.45

Gli schermi acustici scelti devono essere inoltre, resistenti al fuoco (almeno di classe 1 di reazione al fuoco), e resistenti ad acqua e umidità.

Al fine di facilitarne la mobilità nell'area di cantiere i pannelli scelti per gli schermi acustici devono essere leggeri (valori oltre i 7 kg/mq sono sconsigliati) e avere dimensioni di 1,50 – 2,00 m. di larghezza e 2,50 - 5,00 m. altezza

Nel caso in cui non sia possibile posizionare gli schermi acustici in prossimità della sorgente maggiormente impattante, allora se ne consiglia il posizionamento in prossimità del recettore più vicino.

Si riportano di seguito alcuni tipologici di barriere mobili:

Barriera montata su supporti fissi (tipo New Jersey)	Barriera montata su supporti mobili
	

C.4.6.2 *Altri accorgimenti per limitare gli impatti acustici generati dalle attività di cantiere*

Di seguito si elencano alcuni accorgimenti utili a ridurre le emissioni acustiche in fase di cantiere, che si ritiene necessario adottare in relazione alle specificità del progetto in argomento.

- Evitare di collocare i frantoi nei cantieri base in prossimità dei recettori. Schermi acustici fonoassorbenti dovrebbero essere collocati intorno ai frantoi senza pregiudicarne la funzionalità;
- La limitazione degli impatti acustici dei cantieri mobili passa attraverso il rispetto di adeguate regole di comportamento da parte degli operatori tecnici. Evitare di tenere accesi inutilmente macchinari e automezzi all'interno dei cantieri. Ad esempio nella fase di carico spengere il motore dei mezzi adibiti al trasporto degli inerti;
- Limitare, per quanto tecnicamente possibile, il numero di macchinari operanti contemporaneamente;
- Nel caso in cui sia necessario operare con più sorgenti di rumore in contemporanea distribuirle adeguatamente nell'area di scavo;
- Se sono presenti recettori in prossimità dell'area di scavo, limitare il numero di macchinari operanti in contemporanea nel confine dell'area di scavo più vicino al recettore stesso. In particolare, in tali situazioni, evitare possibilmente di utilizzare più di 1 apripista e di 2 pale meccaniche (ripper compresi) nelle immediate vicinanze del ricettore stesso, in quanto, sulla base delle modellazioni effettuate, si è ravvisato che tale configurazione è in grado di generare effetti acustici rilevanti.

C.5 ATTESTATI TECNICI ACUSTICI COMPETENTI



REGIONE CALABRIA
GIUNTA REGIONALE

DIPARTIMENTO AMBIENTE

DECRETO DIRIGENTE DEL _____
(ASSUNTO IL 11/SET/2006 PROT. N° 685)
CODICE N° _____

DIPARTIMENTO
SETTORE N° _____
SERVIZIO N° _____

“ Registro dei decreti dei Dirigenti della Regione Calabria “

N° 11271 del 13 SET 2006

Oggetto: Legge 26 Ottobre 1995, n. 447 – Art. 2 – commi 6 e 7 - Delibera Giunta Regionale n. 57 del 30 Gennaio 2006
Riconoscimento all'Ing. Bartolo Sergio Giuseppe nato a Reggio Calabria il 24/10/1973 quale “ Tecnico competente in rilevamento acustico “

Settore Ragioneria
Ai sensi dell'art. 44 della L.R. 4,2,02 n° 8 si esprime
parere favorevole in ordine alla regolarità
contabile e, nel contempo, si attesta che per
l'impegno assunto assiste copertura finanziaria.

Il Dirigente del Settore:

Publicato sul BURC
N°del...../...../.....
Parte _____

IL DIRIGENTE DI SETTORE

VISTA la legge regionale n. 7 del 13 maggio 1996 recante "Norme sull'ordinamento della struttura organizzativa della Giunta Regionale e sulla Dirigenza Regionale" ed in particolare l'art.28 che individua compiti e responsabilità del Dirigente con funzioni di Dirigente Generale;

VISTA la D.G.R. n° 282 del 16.11.2005 avente per oggetto : " Attribuzione Incarico di Dirigente di Settore all'Ing. Francesco Civitelli " (Modifica D.P.G.R. n° 239 del 07/10/2005);

VISTA la deliberazione di Giunta Regionale n. 2661 del 21.06.1999 recante "Adeguamento delle norme legislative e regolamentari in vigore per l'attuazione delle disposizioni recate dalla L.R. 7/96 e dal D.lgs 29/93 e successive integrazioni e modificazioni";

VISTO il D.P.G.R. n. 354 del 24.06.1999 del recante "Separazione dell'attività amministrativa di indirizzo e di controllo da quella di gestione"

VISTA la legge n. 447 del 26 Ottobre 1995 -- " LEGGE QUADRO SULL'INQUINAMENTO ACUSTICO" -- che stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'Ambiente esterno e dell'Ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'art. 17 della Costituzione;

VISTO l'art. 2, commi 6 e 7 della citata legge che definisce TECNICO COMPETENTE la figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori definiti dalle vigenti norme, redigere i piani di risanamento acustico, svolgere le relative attività di controllo;

VISTA la legge regionale n. 34 del 2002 e ss.mm.ii. e ritenuta la propria competenza;

VISTA la deliberazione di Giunta Regionale n. 57 del 30/01/2006 con la quale la Regione Calabria stabilisce le modalità ed i requisiti necessari per essere riconosciuti "TECNICO COMPETENTE IN MATERIA DI RILEVAMENTO ACUSTICO";

CONSIDERATO che con Decreto del Dirigente Generale del Dipartimento Ambiente n. 1262 del 24/02/2006 è stata costituita la Commissione finalizzata all'esame delle domande per il riconoscimento della figura dei Tecnici competenti in rilevamento acustico;

CONSIDERATO che nella seduta del 03/08/2006 la Commissione ha esaminato, con parere favorevole, la pratica presentata in data 10/04/2006, prot. n. 3783, dall'Ing. Bartolo Sergio Giuseppe nato a Reggio Calabria il 24/10/1973 al fine di essere riconosciuto quale "TECNICO COMPETENTE IN MATERIA DI RILEVAMENTO ACUSTICO", che è corrispondente a quanto previsto nel richiamato deliberato;

DECRETA

La narrativa costituisce parte integrante e sostanziale del presente atto;

L'Ing. Bartolo Sergio Giuseppe, come sopra generalizzato, è riconosciuto quale "TECNICO COMPETENTE IN MATERIA DI RILEVAMENTO ACUSTICO", ai sensi dell'art. 2, commi 6 e 7 della legge n. 447 del 26 Ottobre 1995 -- " LEGGE QUADRO SULL'INQUINAMENTO ACUSTICO"

Il presente Decreto sarà pubblicato sul bollettino della Regione Calabria.

Il Dirigente del Servizio
- Arch. Luciano Pelle -

- Ing. Francesco Civitelli -

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana

Assessorato Territorio ed Ambiente

Dipartimento Regionale Territorio e Ambiente
Via Ugo La Malfa, 169 - 90146 Palermo

Servizio 8 - "Tutela dall'inquinamento
acustico, elettromagnetico e rischio
industriale"

04 MAG. 2006

Palermo li _____

Risposta a _____

del _____

S 8 - Prot. n° 31569

Oggetto: Attestato di riconoscimento di "tecnico competente" in acustica, ai sensi dell'art.2 della legge 26 ottobre 1995, n.447

All'Ing. Massimo Provenzano
Via Fratelli S. Anna, 104
Alcamo (TP)

Vista la legge 26 ottobre 1995, n.447 ("Legge quadro sull'inquinamento acustico"), che all'art. 2 (commi 6, 7 ed 8) individua i requisiti del "tecnico competente" in acustica, definito come "figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori definiti dalle vigenti norme, redigere i piani di risanamento acustico, svolgere le relative attività di controllo", la cui attività può essere svolta previa presentazione di apposita domanda all'assessorato regionale competente;

Visto il D.P.C.M. 31 marzo 1998, recante i criteri generali per l'esercizio dell'attività del "tecnico competente in acustica";

Visto il D.A. 294/XVII del 30/06/2000, con il quale sono stati individuati i criteri per il riconoscimento della figura di "tecnico competente" nel territorio della Regione Siciliana;

Visto il D.D.G. n. 206/S3 del 19/04/2002, che all'articolo 2 ha abolito il nucleo di valutazione istituito con l'art.2 del D.A. 294/XVII del 30/06/2000;

Vista l'istanza del 07/04/2006 presentata dall'Ing. Massimo Provenzano e la relativa documentazione allegata;

SI ATTESTA

che l'Ing. Massimo Provenzano nato a Alcamo (TP) il 14/10/1973 e residente a Alcamo (TP) Via Fratelli S. Anna, 104, è in possesso dei requisiti previsti dalle norme vigenti, e pertanto può svolgere l'attività di "tecnico competente" in acustica ai sensi dell'art.2 della legge 26 ottobre 1995, n.447.

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO
(Dott. Giuseppe Castiglia)



S8 - "Inquinamento acustico ed elettromagnetico, aree ed impianti a rischio"
Tel. 091-7077172-7077141 - e-mail gcastiglia@artasicilia.it

D VIBRAZIONI

D.1 QUADRO NORMATIVO

Lo stato attuale della normativa evidenzia una forte carenza di leggi e decreti in materia di vibrazioni: inoltre le normative scientifiche emanate dagli enti specifici (ISO, UNI etc.) non offrono una attenta analisi dei valori di soglia che potrebbero essere stabiliti con apposite leggi. Tali enti, infatti, analizzano il fenomeno sotto il profilo tecnico della misura, della strumentazione ecc., non suggerendo all'organo legislativo un'attenta analisi dei possibili valori limite in relazione alla tipologia della sollecitazione (vibrazione continua od impulsiva), alla destinazione d'uso ed allo stato dell'edificio, agli effetti sullo stesso e sull'uomo. Nello studio d'impatto, quindi, ci si deve riferire a normative tecniche vigenti che, si ripete, non sono vincolanti come potrebbe essere un decreto emanato dall'organo legislativo ma che possono essere assunte esclusivamente come un riferimento tecnico per definire gli obiettivi da conseguire in relazione ad uno scenario di qualità della componente.

Nel corso del lavoro ci si riferirà alle normative elencate nei seguenti paragrafi.

D.1.1 Normativa generale

La valutazione delle vibrazioni in relazione al loro effetto sull'uomo e sulle strutture è regolamentata da normative internazionali. La norma ISO 2631 nella sua ultima revisione è prodotta da un Organismo Internazionale di normalizzazione al quale partecipa anche l'Italia. A livello nazionale la norma ISO è recepita e semplificata dalla norma UNI 9614.

Tenuto conto che le norme tecniche per la stesura dello studio d'impatto ambientale richiamano esplicitamente la ISO 2631 (effetti sull'uomo) e che le stesse norme prevedono una valutazione dell'effetto delle vibrazioni sugli edifici specialmente *per le aree di riconosciuta valenza e criticità ambientale*, è necessario riferirsi anche ad altre apposite normative per la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici (ISO 4866, UNI 9916). I riferimenti normativi che verranno seguiti nel presente lavoro saranno:

- NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/1 Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 1: Specifiche generali;
- NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/2 Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo -Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz);

- NORMA ITALIANA UNI 9670 Risposta degli individui alle vibrazioni - Apparecchiatura di misura;
- NORMA ITALIANA UNI 9614 Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo;
- NORMA INTERNAZIONALE ISO 4866 Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici;
- NORMA ITALIANA UNI 9916 (edizione 1991) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;
- RDTTEST METHOD - NT ACOU 033 - Prove di laboratorio per la determinazione dell'efficienza di radiazione sonora.

D.2 MODALITÀ DI PROPAGAZIONE DEL FENOMENO VIBRATORIO

L'onda elastica, prodotta dall'azione di una forza variabile nel tempo, può essere generata sia sulla superficie di discontinuità solido-aria (macchinari ancorati al terreno, traffico su strada, su ferrovia, rumore che investe la facciata di un edificio ecc.), sia all'interno del terreno (terremoti, metropolitane, attività di scavo delle gallerie, traffico in galleria, rumore in galleria ecc.). In pratica il mezzo solido entro il quale si propaga un'onda elastica non è omogeneo ma presenta delle variazioni continue o brusche delle costanti elastiche (si pensi alla stratificazione del terreno, alla presenza di falde freatiche ecc.), per cui si manifestano fenomeni di attenuazione, di rifrazione e di riflessione dell'onda elastica con possibili trasformazioni del *modo* di propagazione.

In un mezzo omogeneo solido ed infinito all'interno del quale agisce una sorgente di vibrazioni, la perturbazione elastica prodotta può propagarsi con *modo* longitudinale e/o con *modo* trasversale.

Modo longitudinale: (possibile nei solidi, liquidi ed aeriformi) è la propagazione dell'energia meccanica con moto delle particelle nella direzione di propagazione dell'onda. Nella direzione di propagazione sono presenti zone di compressione e di rarefazione; le loro distanze definiscono mezza lunghezza d'onda λ .

Modo trasversale: (possibile solo nei solidi) è la propagazione dell'energia meccanica nella direzione di propagazione con moto delle particelle nella direzione perpendicolare a quella della propagazione dell'onda. Tale modo di propagazione è possibile nei solidi poiché solo essi

reagiscono allo sforzo di taglio: caratteristica di tali onde è l'assenza di zone di rarefazione e di compressione (non ci sono, cioè fluttuazioni localizzate della densità del mezzo come nel *modo* di propagazione longitudinale). Anche in questo caso si definisce una lunghezza d'onda λ .

Sulla superficie di discontinuità solido-fluido di un semispazio solido (es. il terreno) sono possibili due modi di propagazione della perturbazione elastica:

Onde di Rayleigh: sono onde superficiali caratterizzate da un moto delle particelle ellittico con componente verticale ed orizzontale. L'ampiezza del moto decresce esponenzialmente all'aumentare della profondità dalla superficie. Ad una distanza di una lunghezza d'onda dalla superficie l'ampiezza della vibrazione è minore del 10% di quella sulla superficie.

Onde di Love: sono onde superficiali che si manifestano su uno strato con caratteristiche diverse da quello sottostante (discontinuità nei solidi).

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

D.2.1 UNI 9614 – Effetti sulle persone

L'esperienza nella valutazione delle vibrazioni negli ambienti abitativi mostra che le proteste per eccessive vibrazioni all'interno degli edifici residenziali si verificano quando i livelli di vibrazione sono appena superiori alla soglia di percezione umana. Di fatto tali livelli non sono di rischio per le strutture ma creano un senso di disturbo fisico accompagnato da uno stato di allarme se le vibrazioni si manifestano anche con il tintinnio di suppellettili, visibili oscillazioni delle porte, delle piante di appartamento etc. Se si superano i livelli di percezione delle vibrazioni con il manifestarsi dei fenomeni suddetti, non si sono ancora raggiunti i limiti di attenzione per cui le vibrazioni possono ancora essere tollerate se esse si manifestano per periodi limitati nel tempo come per il caso in esame.

I valori limite fissati dalla normativa sono quelli più bassi e si riferiscono alle condizioni di massima sensibilità dei ricettori (sale operatorie, ambienti altamente protetti ecc.). La norma fornisce la tabella dei valori dell'accelerazione in funzione della frequenza per bande di terzi di ottava, sia per gli assi z, x ed y, sia per una direzione combinata dei tre assi. Negli ambienti abitativi, infatti, la posizione dell'uomo può essere eretta, seduta o coricata (camere da letto) per cui può essere comodo effettuare una valutazione con la curva unica ottenuta dalla

combinazione delle due se non è possibile precisare la postura dell'individuo. Nei paragrafi successivi si sintetizzano schematicamente i contenuti della norma tecnica relativa al disturbo alle persone.

Lo scopo della norma è definire il metodo di misura delle vibrazioni di livello costante immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne od interne ad essi.

La norma definisce i tipi di vibrazioni come:

- "di livello costante" quando il livello di accelerazione complessivo varia in ampiezza di meno di 5 dB;
- "di livello non costante" quando il livello di accelerazione complessivo varia in ampiezza di oltre 5 dB;
- "impulsive" quando sono originate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

I locali o gli edifici in cui vengono immesse le vibrazioni vengono classificati secondo la loro destinazione d'uso in:

- aree critiche;
- abitazioni;
- uffici;
- fabbriche.

La giornata viene suddivisa in due periodi di tempo

- Diurno – dalle ore 7.00 alle ore 22.00;
- Notturno – dalle ore 22.00 alle ore 7.00.

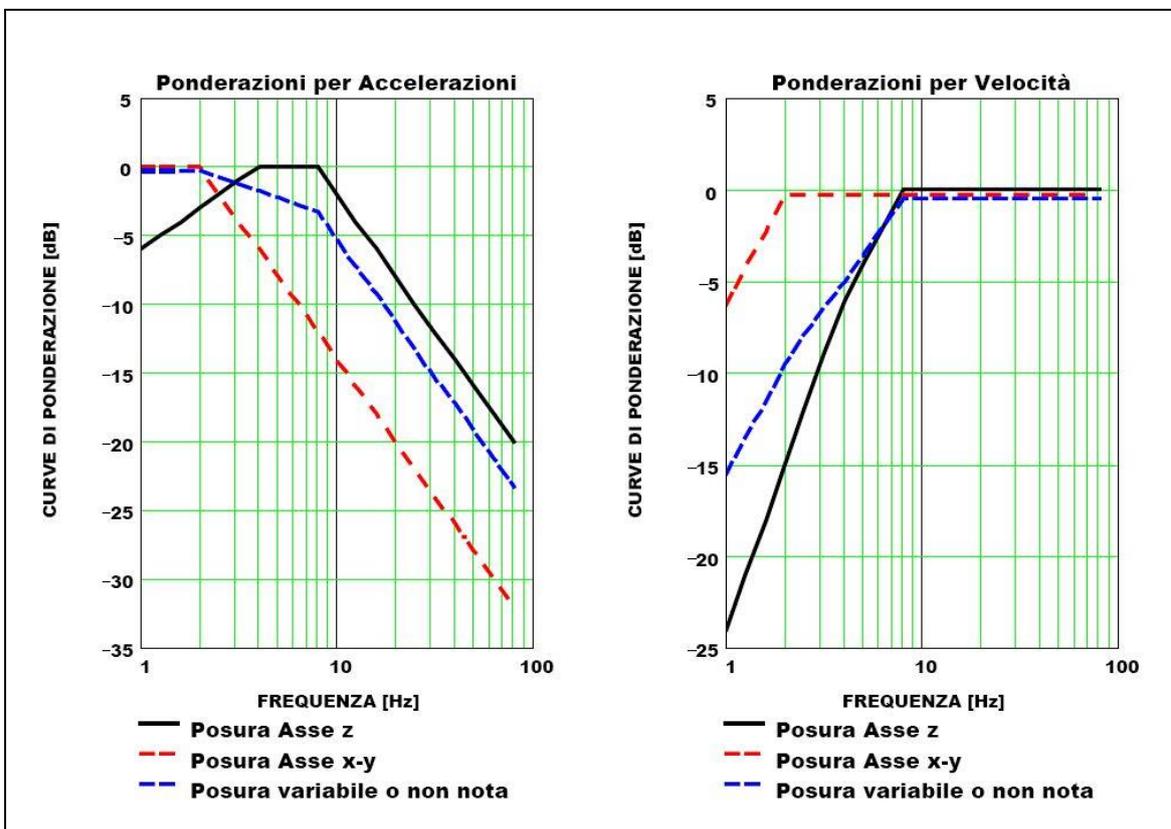
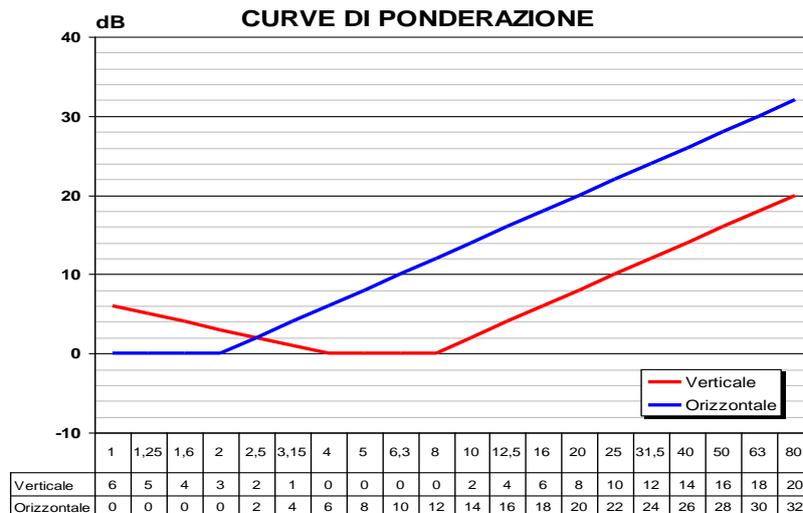
La grandezza fisica da misurare è il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione espresso in m/s^2 . Essa può anche essere espressa in termini di livello di accelerazione (in dB) mediante la formula:

$$L = 20 \text{Log}_{10} \left(\frac{a}{a_0} \right)$$

dove:

- a è il valore efficace dell'accelerazione;
- $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ è il valore efficace dell'accelerazione di riferimento.

La gamma di frequenze di interesse per le vibrazioni è compresa tra 1Hz ed 80Hz; poiché gli effetti sono differenti al variare della frequenza, per una valutazione complessiva è necessaria una curva di pesatura. Tale curva è diversa per le componenti verticali ed orizzontali. Le curve di pesatura sono riportate nel grafico seguente.



La soglia della percezione delle vibrazioni si pone a $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (74dB) per l'asse verticale ed a $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (71dB) per gli assi orizzontali. Tali valori di accelerazione sono ponderati in frequenza.

Le appendici alla norma indicano un prospetto di valori limite per le accelerazioni complessive ponderate in frequenza per gli assi verticale (z) ed orizzontali (x ed y). Essi sono qui di seguito riportati come elementi di riferimento per la valutazione indicativa dei livelli previsionali del presente studio.

Tabella 26 Limiti di riferimento per le vibrazioni lungo l'asse verticale

Destinazione d'uso	Accelerazioni aw	Livelli di accelerazione Lw
	[m/s ²]	[dB]
Aree critiche	5.0×10^{-3}	74
Abitazioni (notte)	7.0×10^{-3}	77
Abitazioni (giorno)	10.0×10^{-3}	80
Uffici	20.0×10^{-3}	86
Fabbriche	40.0×10^{-3}	92

Tabella 27 – Limiti di riferimento per le vibrazioni lungo gli assi orizzontali

Destinazione d'uso	Accelerazioni aw	Livelli di accelerazione Lw
	[m/s ²]	[dB]
Aree critiche	3.6×10^{-3}	71
Abitazioni (notte)	5.0×10^{-3}	74
Abitazioni (giorno)	7.2×10^{-3}	77
Uffici	14.4×10^{-3}	83
Fabbriche	28.8×10^{-3}	89

D.2.2 UNI 9916 - Effetti sugli edifici

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3.

Nel mese di Aprile 2004 è stata pubblicata la norma UNI9916:2004 in revisione della norma UNI9916:1991. La norma già nella versione del 1991 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Nella revisione del 2004 la norma si amplia in taluni aspetti descrittivi ed informativi relativi alle caratteristiche generali del fenomeno vibratorio, alle caratteristiche degli edifici rilevanti ai fini della valutazione della risposta, alla misurazione delle vibrazioni e al trattamento dei dati.

Inoltre sempre nella stessa versione si amplia l'appendice informativa relativa ai valori di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni, che hanno mero carattere indicativo e non possono essere considerati come limiti assoluti di accettabilità o non accettabilità. Tali valori devono invece essere utilizzati come soglie, all'approssimarsi delle quali è necessario approfondire le indagini strumentali e le conoscenze sulle lavorazioni in corso e le caratteristiche dell'edificio.

Il capitolo 3 è volto alla definizione dei danni che possono essere indotti da vibrazioni. I danni seguono la seguente classificazione:

- Danno di soglia: formazione di fessure sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti. Formazione di fessure filiformi nei giunti a malta delle costruzioni in mattoni e calcestruzzo;
- Danno minore: Formazione di fessure più aperte, distacco o caduta di gesso o di pezzi di intonaco di muri a secco. Formazione di fessure in blocchi di mattoni o calcestruzzo;
- Danno maggiore: Danneggiamento di elementi strutturali; fessure nelle colonne di supporto; apertura di giunti e serie di fessure nella muratura.

Di seguito vengono riportate le indicazioni essenziali delle DIN 4150 e BS 7385, della BS 5228-4 relativa agli effetti sugli edifici delle vibrazioni indotte dalla battitura di pali ed i valori della SN 640312.

La DIN 4150 e la BS 7385 fanno riferimento alla "peak component particle velocity", cioè al picco nel tempo della singola componente di velocità, p.c.p.v., definita nella norma UNI9916:2004 come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente in un punto o ottenute mediante integrazione.

Nei casi in cui il valore di riferimento fornito dalle norme, con il quale la p.c.p.v. deve essere confrontata, varia con la frequenza, si rende necessaria l'individuazione delle frequenze dominanti.

Tabella 28 Intervalli di frequenza caratteristici delle sorgenti di vibrazione

Sorgente di vibrazioni	Gamma di frequenza [Hz]
	UNI9916: 2004
Traffico (su strada e su rotaia)	Da 1 a 300
Esplosioni	Da 1 a 300
Battitura di pali	Da 1 a 100
Demolizioni (caduta edificio)	Da 1 a 20
Macchine esterne all'edificio	Da 1 a 300
Macchine interne all'edificio	Da 1 a 300
Attività umane (movimento di persone all'interno dell'edificio)	Da 0,1 a 100
Attività umane interessanti indirettamente l'edificio	-
Attività umane interessanti direttamente l'edificio	-
Vento	Da 0,1 a 2

I valori di riferimento indicati in Tabella 29 sono quelli al di sotto dei quali, salvo casi particolari, è ragionevole presumere che non vi sia danno; il superamento degli stessi non implica necessariamente il verificarsi del danno, ma un segnale della necessità di analisi più approfondite.

Tabella 29 Velocità massime ammissibili

CAT.	TIPI DI STRUTTURE	VELOCITA' DI VIBRAZIONE in mm/s			
		Misura alla fondazione			Misura all'ultimo piano
		< 10 Hz	10÷50 Hz	50÷100 Hz	Frequenze diverse
1	Edifici commerciali, industriali e simili	20	20÷40	40÷50	40
2	Edifici residenziali e simili	5	5÷15	15÷20	15
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3÷8	8÷10	8

Le eccitazioni invece vengono suddivise secondo le caratteristiche del moto vibratorio. Si hanno allora le seguenti categorie:

- Periodica;
- Armonica;
- Complessa;
- Quasi periodica;
- Non periodica;
- Transitoria;
- Impulsiva;
- Di tipo non deterministico.

Le eccitazioni possono essere inoltre suddivise secondo le caratteristiche della sorgente. L'eccitazione può essere quindi

- Ambientale (vento, traffico veicolare, etc...);
- Forzata (generata da eccitatori meccanici utili per lo studio delle caratteristiche degli edifici).

La durata delle eccitazioni è suddivisa nelle due categorie:

- Continua;
- Transitoria.

Il criterio per separare le due categorie dipende dalla costante di tempo di attenuazione delle oscillazioni sull'edificio oggetto di studio.

Se si definisce T la costante di tempo associata alla frequenza di risonanza più bassa dell'edificio, si definisce allora:

- Eccitazione continua: quella che agisce sull'edificio continuativamente per una durata superiore a $5T$;
- Eccitazione transitoria: quella che agisce sull'edificio per una durata inferiore a $5T$.

Sulla base di questi elementi, la norma suggerisce poi le modalità tecniche per l'esecuzione dei rilievi e fornisce, in particolare:

- Criteri generali per il fissaggio dei trasduttori;
- Modalità di individuazione delle frequenze di risonanza;
- Modalità di valutazione dei dati.

In generale, basandosi sulla norma DIN 4150, si considerano tre classi di edifici (edifici industriali e simili, edifici residenziali e simili, altri edifici non industriali né residenziali da tutelare).

Nell'appendice "A" alla norma (appendice non facente parte della norma stessa) viene riportata una classificazione degli edifici e dei tipi di terreno al fine di poter collocare i casi specifici in categorie per similitudine strutturale e/o geologica.

Nell'appendice "B" (appendice anch'essa non facente parte della norma ed avente solo carattere indicativo), infine, si riporta una rassegna di dati che può essere utilizzata quale riferimento comparativo.

D.2.3 Effetti sulle attività produttive

Per gli edifici industriali in particolare i valori di riferimento vengono espressi in termini di "velocità ammissibili" (mm/s) e sono i seguenti:

- Per frequenze inferiori a 10Hz: 20 mm/s
- Per frequenze comprese tra 10 e 50Hz: 20-40 mm/s
- Per frequenze superiori a 50Hz: 40-50 mm/s

Il campo di valori indicato, avente una variabilità del 100% (20-40 mm/s) proprio nel campo di frequenze in cui si collocano solitamente le risonanze degli edifici, conferma il carattere di riferimento indicativo di tali valori, carattere indicativo che determina la necessità di una attenta valutazione di ogni caso particolare studiato.

Nel presente studio non sono stati individuati attività produttive come effettivamente sensibili alle vibrazioni sulla base delle lavorazioni produttive specifiche.

D.3 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

D.3.1 Classificazione UNI9614 del territorio

La norma UNI9614 definisce il metodo di misura delle vibrazioni di livello costante negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne derivanti da cause naturali, attività umane come il traffico su gomma e su rotaia, da lavori stradali ed edili. Tali vibrazioni possono costituire una fonte di disturbo per le persone esposte e ridurre il loro benessere. Pertanto, in un'analisi su vasta scala come nel caso del presente studio la normativa si applica laddove tali vibrazioni potrebbero inficiare il benessere delle persone; in particolare sono oggetto di analisi le fasce di territorio immediatamente adiacenti all'infrastruttura stradale. In tali ambiti territoriali sono presi come riferimento gli edifici residenziali poiché maggiormente sensibili sotto il profilo del disturbo.

Per quanto riguarda i valori soglia delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza a cui fare riferimento, vengono considerati quelli riportati nelle Tabella 26 e Tabella 27

Per la caratterizzazione dei livelli vibrazionali attuali è stata condotta una campagna di misure lungo l'attuale tracciato stradale nella settimana 14-20/01/2013.

Il monitoraggio della componente vibrazioni è stato effettuato da personale qualificato con la strumentazione seguente:

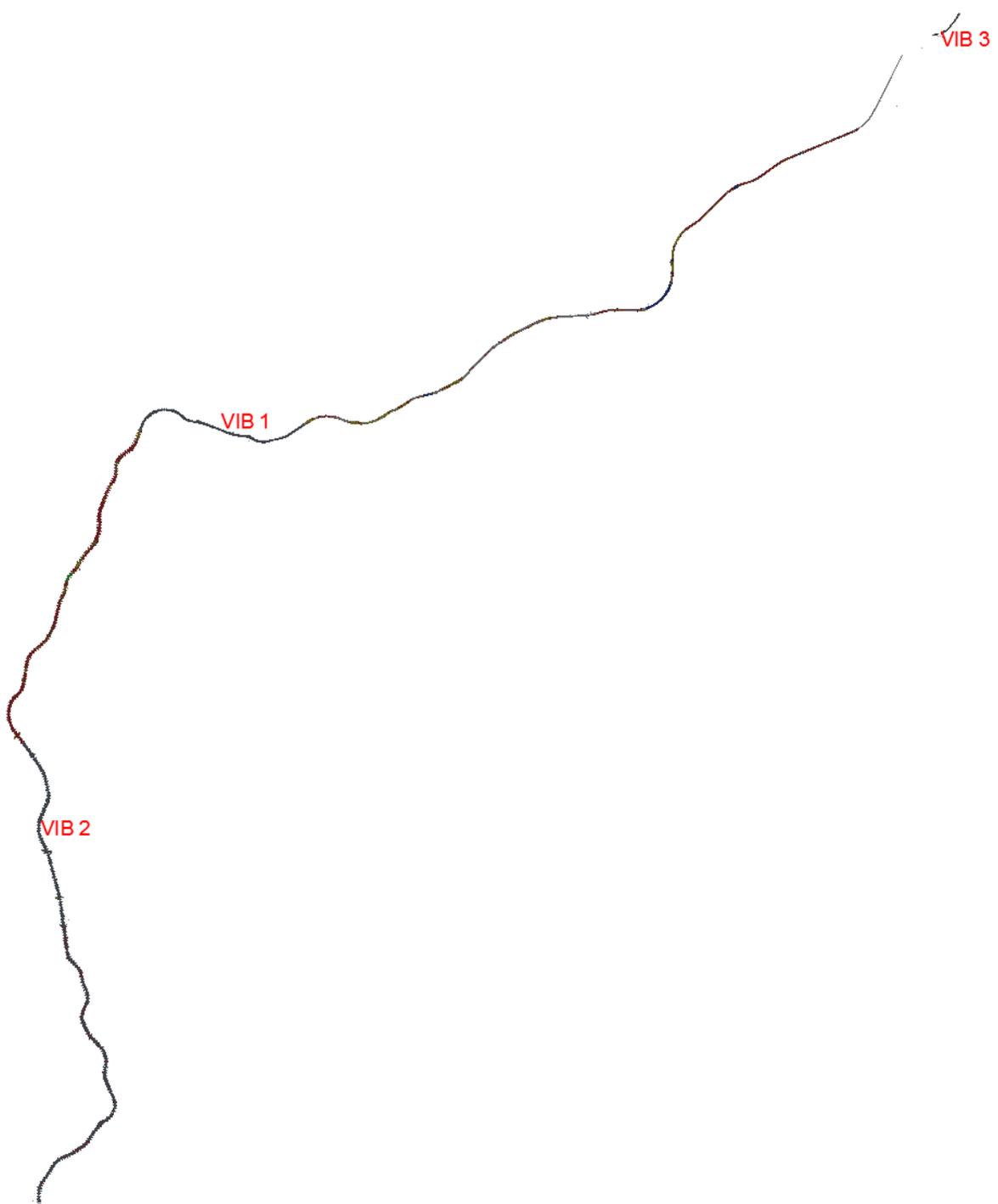
- analizzatore Real Time SOUNDBOOK a otto canali;
- terne accelerometriche di tipo piezoelettrico e relativi cavi di connessione;
- cubo in alluminio per misure triassiali.

Le tecniche di montaggio degli accelerometri piezoelettrici utilizzate in situ rispettano la previsione della norma ISO 5348.

Il monitoraggio ha interessato tre ricettori potenzialmente impattati, più prossimi al tracciato, dislocati lungo l'attuale infrastruttura viaria, rappresentativi delle aree urbanizzate omogenee per condizioni di esposizione, riportati nelle tavole "Planimetria dei ricettori, dei punti di misura e

zonizzazioni acustiche comunali" codici elaborati da D01-T100-AM037-1-P5-001-0A a D01-T100-AM037-1-P5-008-0A.

Figura 9: Localizzazione delle postazioni di misura



Di seguito si riporta una tabella di dettaglio:

Postazione	Lotto	Km.	Distanza dall'infrastruttura	Codice Ricettore	Data	Durata Misura
VB1	5	3+700	50 m.	208P	14/01/2013	24h
VB2	2	3+500	33 m.	203	15/01/2013	24h
VB3	8	4+500	61 m.	D223	17/01/2013	24h

Le misure, nelle tre postazioni, individuate come significative e rappresentative di diverse condizioni di esposizione, sono state effettuate in giornate diverse della settimana, al fine sia di individuare le fasce orarie nelle quali si concentra il maggior numero di transiti dei veicoli leggeri e pesanti, sia di avere un valore energetico/vibrazionale dell'intera giornata.

D.3.2 Analisi degli impatti attuali

Gli eventi vibratorii registrati sono stati suddivisi in base alla sorgente che li ha generati nelle seguenti categorie:

- Eventi generati da infrastrutture di trasporto (transiti di veicoli leggeri);
- Eventi generati da infrastrutture di trasporto (transiti di veicoli pesanti).

I risultati dei rilievi sono riportati nei rapporti tecnici di misura, Allegato VIII: Report Misure Vibrazioni, in essi viene riportato:

- l'andamento temporale delle accelerazioni ponderate in frequenza dell'intera misura;
- informazioni sul punto di monitoraggio;
- il valore RMS dell'accelerazione ponderata in frequenza (a_w) secondo filtro per assi combinati UNI 9614 per ogni asse e per ciascun piano per i transiti isolati dei veicoli leggeri e pesanti;
- lo spettro medio della vibrazione della misura con accelerazione ponderata in frequenza e non (lineare);
- gli spettri medi relativi alla sorgente di traffico stradale (transiti isolati dei veicoli leggeri e pesanti).

Nella valutazione dei valori di $L_{\text{weq(A)}}$ i valori di accelerazione sono stati ponderati con filtri per una posizione non nota del corpo umano (UNI 9614).

Tra tutti gli eventi vibratori rilevati durante il corso della misura si riportano, dovendo analizzare gli effetti vibrazionali associati al transito isolato dei veicoli leggeri e pesanti, gli eventi tipici di tali transiti.

La sorgente vibratoria più diffusa sul territorio, oggetto di studio, è quella di tipo stradale (veicoli pesanti e leggeri).

Per quanto riguarda l'intensità delle vibrazioni, si può notare che i valori di vibrazione, rilevati in tutti i siti, durante il periodo di misura sono contenuti, come mostrato nelle tabelle seguenti che riportano i valori dei livelli di accelerazione ponderata in frequenza, confrontati con i limiti normativi, in tutti le postazioni, i valori di accelerazione ponderata in frequenza per gli assi X,Y e Z risultano inferiori ai valori di soglia di percezione delle vibrazioni stabiliti dalla norma UNI 9614 (74 dB per l'asse Z).

VIB1

Eventi Vibratori	TPB (Piano Basso)									
	asse X		asse Y		asse Z		(*) Valore limite normativo assi X,Y		(*) Valore limite normativo asse Z	
	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)
Evento Transito Veicolo Leggero	38,8	0,0866	38,5	0,0842	43,5	0,1494	77	7,2	80	10
Evento Transito Veicolo Pesante	35,4	0,05866	33,1	0,0453	34,5	0,1507	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Diurno)	34,5	0,053	34,6	0,00537	36,3	0,0654	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Notturno)	31,8	0,0387	32,2	0,0409	33,3	0,0461	74	5	77	7,2

Eventi Vibratori	TPA (Piano Alto)									
	asse X		asse Y		asse Z		(*) Valore limite normativo assi X,Y		(*) Valore limite normativo asse Z	
	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)
Evento Transito Veicolo Leggero	46,4	0,2116	47,5	0,2386	47,5	0,2365	77	7,2	80	10
Evento Transito Veicolo Pesante	44,7	0,1718	46,2	0,2041	47,5	0,2371	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Diurno)	86,6	21,34	84,3	16,38	83	14,11	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Notturno)	46,2	0,2042	47,6	0,2292	46	0,1987	74	5	77	7,2

Non si riscontrano superamenti dei limiti normativi per l'intera durata della misura ma bensì relativamente al periodo diurno (7-22).
 I valori di accelerazione ponderata in frequenza per gli assi X,Y e Z, ai vari piani dell'edificio monitorato nel periodo notturno (22-7), risultano inferiori anche ai valori soglia di percezione delle vibrazioni stabiliti dalla norma UNI 9614 solo per l'asse Z.

VIB2

Eventi Vibratori	TPB (Piano Basso)									
	asse X		asse Y		asse Z		(*) Valore limite normativo assi X,Y		(*) Valore limite normativo asse Z	
	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)
Evento Transito Veicolo Leggero	45	0,1788	45,4	0,187	44,7	0,172	77	7,2	80	10
Evento Transito Veicolo Pesante	45,2	0,1826	46,4	0,2096	44,6	0,1705	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Diurno)	61,1	1,13	71,3	3,686	71,6	3,799	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Notturno)	45,1	0,18	45,8	0,194	44	0,158	74	5	77	7,2
<p>Non si riscontrano superamenti dei limiti normativi per l'intera durata della misura. I valori di accelerazione ponderata in frequenza per gli assi X,Y e Z, al piano dell'edificio monitorato, risulta inferiore ai valori soglia di percezione delle vibrazioni stabiliti dalla norma UNI 9614 solo per l'asse Z.</p>										

VIB3

Eventi Vibratori	TPB (Piano Basso)									
	asse X		asse Y		asse Z		(*) Valore limite normativo assi X,Y		(*) Valore limite normativo asse Z	
	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)
Evento Transito Veicolo Leggero	34,2	0,0513	35,8	0,0616	36,9	0,0697	77	7,2	80	10
Evento Transito Veicolo Pesante	34,2	0,051	34	0,0504	38,8	0,0869	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Diurno)	35,5	0,0594	35,8	0,0617	41,1	0,1132	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Notturno)	33,5	0,0474	34,2	0,0515	37,5	0,0748	74	5	77	7,2

Eventi Vibratori	TPA (Piano Alto)									
	asse X		asse Y		asse Z		(*) Valore limite normativo assi X,Y		(*) Valore limite normativo asse Z	
	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)	(*)Lw(dB)	(*)a _w (mm/S ²)
Evento Transito Veicolo Leggero	46,9	0,2214	46,5	0,2107	44,9	0,1749	77	7,2	80	10
Evento Transito Veicolo Pesante	46,6	0,2143	46	0,1987	44	0,1594	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Diurno)	49,4	0,2946	52,8	0,4369	50,5	0,335	77	7,2	80	10
Misura complessiva (Periodo Notturno)	46	0,1989	46,1	0,2022	44,4	0,1651	74	5	77	7,2

Non si riscontrano superamenti dei limiti normativi per l'intera durata della misura.

I valori di accelerazione ponderata in frequenza per gli assi X,Y e Z, ai vari piani dell'edificio monitorato, risultano inferiori ai valori soglia di percezione delle vibrazioni stabiliti dalla norma UNI 9614 solo per l'asse Z.

D.3.3 Inquadramento Geologico

L'opera che si intende realizzare ricade da un punto di vista geologico-strutturale nella zona Nord-Orientale dell'Altopiano Ibleo.

In questo contesto trovano riscontro, dal punto di vista geomorfologico, le aree collinari che si smorzano procedendo verso Nord, interrotte da ampie zone peneplanate in cui affiorano i sedimenti di natura alluvionale la cui derivazione e messa in posto, è riconducibile all'azione fisiografica degli elementi che formano la primaria rete drenante di superficie.

Le successioni che affiorano nell'area di interesse sono caratterizzate da sequenze prevalentemente carbonatiche e sabbioso-arenacee cui si intercalano e/o si sovrappongono orizzonti di vulcaniti.

I termini più antichi sono dati dai litotipi della Formazione Ragusa che in letteratura viene divisa in due: la parte inferiore, Membro Leonardo, costituita da calcisiltiti, calcilutiti e marne calcaree e la parte superiore, Membro Irminio, costituita da calcari marnosi, calcareniti, calciruditi e marne. La Formazione Ragusa passa talvolta gradualmente alle marne medio-mioceniche della Formazione Tellaro in cui la frazione carbonatica è nettamente inferiore anche se sono presenti episodi sporadici di intercalazioni calcarenitico-marnose.

Le vulcaniti plioceniche estesamente affioranti nel tratto compreso tra Lentini, Francofonte e Licodia Eubea sono legati prevalentemente ad una attività vulcanica submarina e localmente sub-aerea come dimostra la presenza di ripetuti livelli di brecce vulcaniche e vulcanoclastiti alternate ai "Trubi" (calcari marnosi biancastri) e alle marne medio-plioceniche.

I depositi palustri antichi sono costituiti da argille e limi bruno-giallastri e localmente da ghiaia e sabbia e livelli di torba; gli spessori massimi in corrispondenza dell'opera raggiungono i 15 metri.

I sedimenti limnici sono costituiti da calcari marnosi, limi e argille con banchi travertinosi contenenti abbondanti resti di molluschi e riconducibili ad una sedimentazione lacustre che si sviluppava nell'area prossima al massiccio miocenico ibleo.

In varie località e precisamente a nord del centro abitato di Lentini, e nei pressi dei centri abitati di Francofonte e presso Lentini si ha una serie terrigena costituita da calcareniti e sabbie giallastre organogene grossolane, che rappresentano una fase di trasgressione infrapleistocenica, con caratteristico andamento lentiforme.

Marne grigio-azzurre a frattura sub-concoide contenenti sporadici orizzonti di un'alternanza calcarenitico-marnosa bianco-crema in strati di 30-50 cm spesso deformati da slumping. Nella parte alta compaiono sovente marne calcaree giallastre; in questo intervallo apicale sono presenti grosse lenti di vulcanoclastiti e di lave submarine basiche di spessore compreso tra 0 e

100 m a volte interdigitate con le marne suddette. In sintesi si può affermare in base ai dati geologici a disposizione, che la zona su cui insisterà l'infrastruttura di progetto è formata da diversi e molteplici paesaggi, variabili da quelli tipici delle pianure alluvionali, a paesaggi pedemontani e/o collinari, con terreni di natura prevalentemente carbonatica, sabbioso-arenacea e vulcanica con caratteristiche geotecniche da discrete a buone.

D.4 ANALISI DEGLI IMPATTI

D.4.1 Impatti Previsionali - Fase di Esercizio

Per la valutazione dell'impatto ambientale da vibrazioni indotte da veicoli stradali, ad oggi non sono disponibili modelli di simulazione avanzati, come per il Rumore, si è quindi utilizzato un metodo sulla modellazione della sorgente di vibrazioni ed un modello di propagazione [Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici (CIRIAF)]

I dati di ingresso per la modellazione della sorgente di vibrazioni sono la tipologia del veicolo (automobile, furgone, camion) e la sua velocità, mentre i dati di uscita sono, l'accelerazione r.m.s. e il livello dovuto ad un singolo evento (il passaggio di un veicolo).

Il modello di propagazione consente invece di determinare i livelli di vibrazione a diverse distanze dalla strada, considerando gli effetti dovuti all'assorbimento del suolo ed alla divergenza.

I risultati forniti dal modello sono dati in termini di accelerazione r.m.s. e livello di vibrazione.

La trasmissione delle vibrazioni generate dal passaggio di un autoveicolo al terreno è alle strutture circostanti è un problema complesso, dipendente da numerosi fattori difficilmente identificabile, per tale motivo viene introdotta l'ipotesi che il passaggio di un veicolo è considerato come un singolo evento.

L'accelerazione r.m.s. dovuta al singolo evento ed il livello di vibrazione associato al singolo evento (SEVL – Single Event Vibration Level) in un dato punto dipendono:

- dalla tipologia del veicolo,
- dalla sua velocità
- dalle caratteristiche del suolo.

La propagazione delle onde vibrazionali è stata modellata adottando le seguenti ipotesi:

- a. strada considerata come una sorgente emittente la cui lunghezza corrisponde alla lunghezza del veicolo;

- b. l'energia vibrazionale è trasportata solo sulla superficie del suolo per mezzo di onde di Rayleigh poiché la loro ampiezza decresce esponenzialmente in direzione verticale, l'effetto delle onde primarie, secondarie e di Love è trascurato;
- c. ogni sorgente emette energia vibrazionale in superficie in modo omnidirezionale;

Considerando il mezzo come non dissipativo, l'energia vibrazionale trasportata dalle onde di Rayleigh attraverso la superficie del suolo decresce proporzionalmente a $1/d$. il valore assoluto dell'accelerazione r.m.s. si ottiene dalla seguente equazione:

$$\frac{J_d}{J_0} = \frac{a_d^2}{a_0^2}$$

$$a_d = a_0 \cdot \sqrt{e^{-\alpha \cdot (d-d_0)} \cdot \frac{d_0}{d}}$$

$$SEVL = 10 \cdot \log \left(\frac{a_d}{a_{ref}} \right)^2 ; \quad a_{ref} = 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

dove:

a_d = Accelerazione r.m.s. a distanza d ;

a_{ref} = valore di riferimento dell'accelerazione;

d = Distanza tra punto di stima e mezzzeria della strada;

d_0 = distanza di riferimento tra punto di stima e mezzzeria della strada;

α = Costante di dissipazione del suolo;

Per un suolo composto da arenaria compressa ad alta densità (caso molto frequente), le cui caratteristiche sono:

Modulo di Young - $E=90 \cdot 10^6$ Pa

Rapporto di poisson - $\nu = 0,2$

si è calcolato il SEVL come:

$$SEVL = 10 \cdot \log \left(\frac{a}{a_{ref}} \right)^2 = 20 \cdot \log \left(\frac{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}{a_{ref}} \right)$$

Dal database del modello, che riporta le accelerazioni r.m.s. misurate ed i valori di SEVL₀, tenendo conto della tipologia dei veicoli e delle varie velocità a cui essi si muovono, si è ricavata la seguente relazione:

$$a_0 = K \cdot \ln \left(\frac{v_v}{v_0} \right); \quad v_0 = 40 \text{ km/h}$$

dove

K = 0,00189 m/s⁻² (automobile)

K = 0,00682 m/s⁻² (furgone)

K = 0,01275 m/s⁻² (camion)

Quindi il SEVL può essere stimato a diverse distanze applicando:

$$SEVL = 20 \cdot \log \left(\frac{K \cdot \ln \left(\frac{v_v}{v_0} \right) \cdot \sqrt{e^{-\alpha \cdot (d-d_0)} \cdot \frac{d_0}{d}}}{a_{ref}} \right)$$

Considerando che per l'infrastruttura oggetto di studio è stata ipotizzata in fase ante operam una velocità media di 80 Km/h per le autovetture e di 60 km/h per i mezzi pesanti mentre in fase post operam le velocità medie passano a 100 Km/h e per le autovetture e 80 Km/h per i mezzi pesanti, sono stati stimati i seguenti valori di SEVL ai vari ricettori, posizionati a varie distanze lungo il tracciato:

Mezzi leggeri

Ricettore	Distanza [m]	Velocità [Km/h]	SEVL [dB]
15P	10	70	53,43
		80	55,29
		100	57,22
184	15	70	50,37
		80	52,23
		100	54,65
D331	20	70	47,82
		80	49,68
		100	52,10
171	25	70	45,55
		80	47,40
		100	49,83

Ricettore	Distanza [m]	Velocità [Km/h]	SEVL [dB]
10P	30	70	43,45
		80	45,31
		100	47,73

Mezzi Pesanti

Ricettore	Distanza [m]	Velocità [Km/h]	SEVL [dB]
15P	10	60	67,22
		70	70,02
		80	71,87
184	15	60	64,15
		70	66,95
		80	68,81
D331	20	60	61,60
		70	64,40
		80	66,26
171	25	60	59,33
		70	62,13
		80	63,99
10P	30	60	57,23
		70	60,03
		80	61,89

Dall'analisi delle tabelle sopra riportate si evince che il livello vibrazionale associato al singolo passaggio e a diverse velocità presso i ricettori più esposti risulta inferiore ai limiti normativi.

Si fa presente inoltre che la composizione litologica del terreno sul quale insisterà la nuova infrastruttura è composta per lo più da marne calcaree con calcareniti, marne argillose e da sequenze prevalentemente carbonatiche e sabbioso-arenacee che, data la loro composizione, rispetto all'arenaria compressa ad alta densità (utilizzata per la realizzazione del modello del CIRIAF), smorzano la propagazione delle onde vibratorie.

In conclusione, considerando che dai risultati della campagna di monitoraggio vibrazioni, non si sono avuti superamenti né rispetto al singolo passaggio né rispetto al periodo di misura, ad eccezione del VIB1 periodo diurno, ed inoltre sulla maggior parte dei ricettori monitorati, i livelli misurati nell'intero periodo di misura sono risultati inferiori anche alle soglie di percezione stabiliti dalla norma UNI 9614 (74 dB per l'asse Z e 71 dB per gli assi X, Y), pertanto i livelli

vibrazionali risultano impercettibili, si può affermare che la realizzazione di tale opera, non comporterà il superamento dei limiti normativi per la componente vibrazioni.

D.4.2 Impatti Previsionali - Fase di Cantiere

D.4.2.1 Premessa

La costruzione delle opere in progetto implica l'utilizzo di mezzi e macchinari che possono essere considerati sorgenti vibranti. I moti vibratorii così generati si propagano nel terreno a ridosso delle zone di immissione e possono interessare edifici situati in prossimità delle aree di lavorazione. Tali moti vibratorii, filtrati dall'accoppiamento terreno-fondazioni, interessano tutta la struttura e sono percepite dalle persone che abitano gli edifici direttamente o indirettamente attraverso il "solido" emesso dalle strutture e dagli oggetti posti in vibrazione.

Nei ricettori prossimi alle aree in cui si eseguono lavorazioni si possono verificare criticità causate da attività come le operazioni di scavo all'aperto e in sotterraneo. Altre criticità possono essere dovute al transito di mezzi pesanti di cantiere su strade e piste estremamente prossime ai ricettori in particolar modo nel caso in cui queste siano dissestate. Alle diverse caratteristiche delle sorgenti vanno affiancate, in tema di valutazione delle problematiche prodotte in questa fase, gli effetti di attenuazione o di amplificazione indotti dalla natura dei terreni presenti e le caratteristiche tipologiche dei ricettori stessi.

D.4.2.2 Approccio metodologico

La diversità delle possibili sorgenti vibratorie (tipologia di escavatori utilizzati per gli scavi e per le demolizioni ecc...), la complessità dei fenomeni di interazione tra sorgente e terreno, la complessità dei fenomeni di propagazione della vibrazione nel terreno e negli edifici fanno sì che i soli metodi disponibili per la previsione del livello di vibrazione indotta da tali attività all'interno delle abitazioni maggiormente esposte siano di natura empirica.

I dati di input utilizzati dal modello sono: gli spettri di vibrazioni delle macchine di cantiere, la tipologia del terreno, la tipologia degli edifici, la distanza degli edifici dalle aree di cantiere ed il numero di piani.

Nelle aree di cantiere ove sono presenti gli impianti fissi (betonaggio, lavorazioni di dettaglio su eventuali prefabbricati prima della loro posa in opera, etc...) le emissioni di vibrazioni risultano usualmente più contenute rispetto a quelle presenti sul fronte avanzamento lavori poiché la natura stessa delle lavorazioni determina minori sollecitazioni meccaniche sul terreno e, di conseguenza, minore trasmissione di energia meccanica verso i potenziali ricettori sensibili.

Tra le lavorazioni che durante la costruzione dell'opera in valutazione possono avere maggiore impatto in termini di vibrazioni la principale è rappresentata dalla fase di scavo durante il fronte avanzamento lavori.

Come noto l'attenuazione di un campo vibrazionale in un mezzo con la distanza è funzione dell'effetto combinato dei seguenti fenomeni:

- l'attenuazione geometrica legata alla propagazione dell'energia vibratoria entro volumi di terreno crescenti con la distanza dalla sorgente;
- l'attenuazione materiale del mezzo, legata alle caratteristiche dissipative del mezzo all'interno del quale avviene la propagazione di energia vibratoria, in questo caso il deposito di terreno.

L'attenuazione materiale è un fenomeno complesso risultante dall'interazione di diversi meccanismi, tra cui quelli più importanti sono le perdite di energia per attrito tra le particelle di terreno e le perdite dovute al moto relativo tra fase solida e fluida del terreno.

In questo studio la modellazione del fenomeno di attenuazione del campo vibratorio con la distanza, per distanze inferiori a 30 m dall'area di cantiere, è stata compiuta utilizzando un approccio di tipo empirico.

La relazione utilizzata fornisce l'attenuazione in ampiezza delle vibrazioni in funzione della distanza dalla sorgente:

$$\Delta L = k \log_{10} \frac{(R - R_0)f}{V}$$

dove:

- ΔL è l'attenuazione espressa in dB;
- k è un parametro che dipende dal tipo di terreno (Sabbia asciutte e bagnate - 10, Depositi alluvionali - 11, Sabbie asciutte - 12, Argilla satura 14, Argilla - 20) ;
- R e R_0 sono le distanze dalla sorgente dei due punti tra i quali viene valutato il livello di attenuazione;
- V è la velocità di propagazione delle onde di superficie (in questo caso delle onde di Rayleigh);
- f è la frequenza centrale della banda considerata.

Tipo di Terreno	Velocità di propagazione onde di superficie [m/s]
Argilla Saturata	100 ÷ 250
Sabbia fine e media	120 ÷ 200
Sabbia densa	200 ÷ 400
Ghiaia	300 ÷ 600
Arenaria	700 ÷ 1500
Marna	600 ÷ 1500

La relazione anzidetta per distanze ($R - R_0$) inferiori ad una lunghezza d'onda predice valori negativi dell'attenuazione e cioè amplificazione del livello vibrazionale. Tale previsione è attribuibile all'effetto combinato del campo vicino e della dispersione geometrica legata all'eterogeneità del mezzo.

Per la successiva caratterizzazione della propagazione delle vibrazioni negli edifici si è proceduto alla valutazione dell'attenuazione/amplificazione del livello di vibrazione dall'esterno dell'edificio al piano interrato (effetto dell'accoppiamento terreno-fondazioni) e dal piano interrato al primo piano abitato (effetto della risposta della struttura verticale dell'edificio).

Pertanto per determinare i livelli di vibrazione prodotti durante la fase di lavorazione e per verificare il rispetto delle accelerazioni massime consentite dalle norme UNI 9614 è stato utilizzato un modello in grado di valutare i livelli di vibrazione all'interno dell'edificio maggiormente impattato.

La procedura di indagine dei livelli di vibrazione si articola secondo le seguenti fasi:

1. determinazione degli spettri di sorgente dei macchinari più impattanti (escavatori cingolati) misurati sul terreno;
2. identificazione delle caratteristiche geotecniche del terreno;
3. calcolo dei livelli di vibrazione nei diversi piani dell'edificio utilizzando le matrici di attenuazione del terreno e i termini di attenuazione relativi agli edifici;
4. confronto dei risultati con i limiti massimi imposti dalla normativa.

Per quanto riguarda, invece, gli impatti connessi con il transito dei mezzi d'opera sulla rete stradale occorre mettere in evidenza che misure eseguite in ricettori impattati dal traffico di

mezzi di cantiere, nell'ambito di un importante cantiere come quello per la costruzione della linea ferroviaria A.V. Milano-Bologna, hanno messo in luce che ad una distanza di 18 metri le vibrazioni indotte da vari mezzi di cantiere gommati non hanno superato la soglia di percezione. In generale i problemi causati dalle vibrazioni indotte dai transiti di mezzi pesanti risultano più gravosi allorquando si ha una disconnessione del manto stradale.

In prossimità di ambiti più densamente antropizzati sarà opportuno, pertanto, l'impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate e lo svolgimento di una costante manutenzione delle sedi stradali interne ed esterne ai cantieri utilizzate dai mezzi d'opera, per evitare la formazione di buche o sconnessioni.

Nell'ambito della stima degli impatti vibrazionali in fase di cantierizzazione si segnala che il disturbo alle persone dovuto alle lavorazioni sul fronte di avanzamento lavori ha per sua natura una durata limitata al tempo necessario a consentire l'avanzamento del fronte. Dal censimento dei ricettori più impattati non si rileva la presenza di laboratori di precisione tra quelli più prossimi all'infrastruttura in progetto pertanto l'effetto di vibrazioni anche per fenomeni vibratorii modesti non potrebbe portare ad alcuna criticità.

Come spettri di sorgente dei macchinari sono stati utilizzati quelli relativi all'escavatore cingolato e ad un autocarro, rilevati a qualche metro di distanza dalla sorgente.

Spettro di emissione dei livelli di vibrazione per escavatore cingolato

Frekuensi	Attenuazione curva UNI9614 postura non nota o variabile	$L_i^{(*)}$
Hz	dB	dB
1	0	50
1,25	0	48
1,6	0	48
2	0	40
2,5	2	48
3,2	4	48
4	6	48
5	8	48
6,3	10	48

Frequenza	Attenuazione curva UNI9614 postura non nota o variabile	$L_i^{(*)}$
Hz	dB	dB
8	12	48
10	14	58
12,5	16	62
16	18	80
20	20	81
25	22	82
31,5	24	81
40	26	80
50	28	85
63	30	90
80	32	75

Spettro di emissione dei livelli di vibrazione per autocarro

Frequenza	Attenuazione curva UNI9614 postura non nota o variabile	$L_i^{(*)}$
Hz	dB	dB
1	0	50
1,25	0	48
1,6	0	48
2	0	40
2,5	2	48
3,2	4	48
4	6	48
5	8	48

Frequenza	Attenuazione curva UNI9614 postura non nota o variabile	$L_i^{(*)}$
Hz	dB	dB
6,3	10	48
8	12	48
10	14	58
12,5	16	62
16	18	80
20	20	81
25	22	82
31,5	24	81
40	26	80
50	28	85
63	30	90
80	32	75

(*) si intendono i livelli di emissione in termini di vibrazioni corrispondentemente alla frequenza centrale di banda.

Dall'analisi dell'accelerazione in terzi di ottava nell'intervallo 1-80 Hz, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (L_w) sarà dato dalla seguente relazione:

$$L_w = 10 \log_{10} \sum_i 10^{L_{i,w}/10}$$

dove: $L_{i,w}$ sono i livelli rilevati per terzi di ottava ponderati in frequenza come anzidetto.

Valutando il termine di attenuazione del terreno,

$$A_T = k * \log_{10} \frac{(R - R_0) f}{V}$$

tra la sorgente e un punto distante 20 metri dal cantiere, con velocità di propagazione di 400 m/s e considerando che in presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno

mediante sistemi di fondazione di vario genere, accade che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi possono presentare sia attenuazioni sia amplificazioni rispetto ai livelli stimati sul terreno.

In particolare diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale e pertanto genera fenomeni dissipativi. Detto fenomeno è condizionato dalla tipologia delle fondazioni (platea, su plinti isolati, su travi rovesce, ecc...).

In letteratura si assume l'attenuazione delle fondazioni pari a 0 dB per le fondazioni a platea, a 3 dB per fondazioni su trave rovesce in cls ed a 5 dB nel caso di fondazioni in muratura o comunque nel caso di fondazioni che non abbiano capacità di ammortamento. Nel presente studio si è assunto l'attenuazione per fondazioni a trave rovesce (termine di attenuazione A_{ED}).

Le misure di Ishii e Tachibana mostrano un'attenuazione interpiano che varia da 3 dB ai piani bassi sino a 1 dB negli ultimi piani di un edificio a dieci piani con struttura in cls armato e acciaio per cui si assume prudenzialmente una riduzione di 1 dB per ogni piano al di sopra del piano terra (termine di attenuazione A_{SL}).

Il livello di vibrazione al ricettore (L) si ottiene come somma dello spettro di sorgente e dei livelli di attenuazione sopra descritti:

$$L = L_E - (A_T + A_{ED} + A_{SL})$$

dove:

L_E è il livello di vibrazione del macchinario;

A_T è l'attenuazione dovuta al suolo;

A_{ED} è l'attenuazione fra esterno edificio e piano fondazioni;

A_{SL} è l'attenuazione di interpiano.

I risultati del calcolo previsionale evidenziano una possibile criticità (77,1 dB) in occasione della esecuzione delle attività di cantiere in vicinanza degli edifici situati a minore distanza delle aree di scavo di 20 m.

Gli unici impatti attesi sono quelli legati alle lavorazioni necessarie per la realizzazione dell'intervento in progetto piuttosto che quelli connessi alle attività di approvvigionamento del cantiere legati alla movimentazione dei mezzi pesanti.

Di conseguenza l'area di indagine comprende l'area direttamente interessata dal fronte avanzamento lavori.

Come detto i macchinari utilizzati in fase di cantiere possono costituire sorgenti vibranti in grado di interferire con gli edifici presenti in prossimità delle aree operative.

Infatti, dall'analisi delle valutazioni effettuate per il disturbo alle persone (UNI 9614), si evince che la distanza di influenza tutto attorno al macchinario di cantiere impiegato per le attività maggiormente impattanti ed entro cui si risentono degli effetti delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni stesse risulta essere pari a circa 20 metri.

Pertanto in linea generale le maggiori criticità vanno ricercate nelle aree di attenzione a ridosso delle aree di scavo del fronte avanzamento lavori, escludendo solo le zone adiacenti ai cantieri base in quanto all'interno di questi non si eseguono lavorazioni tali da indurre rilevanti fenomeni vibranti.

Si riportano in dettaglio in tabella le aree critiche relative alla fase di cantierizzazione

Lotto	Chilometriche	
	da	a
1	3+660	3+940
	4+092	4+193
	10+120	10+180
	11+098	11+134
2	3+440	3+483
	4+402	4+520
	6+05	6+160
	6+340	6+400
6	10+340	10+420
	10+980	11+02

Anche l'analisi relativa alla componente vibrazioni, pertanto, ha evidenziato potenziali criticità nei lotti 1 e 6, ove si prevedono, infatti, le attività di escavazione più rilevanti in terreni caratterizzati da rocce dure (calcari/calcareniti e vulcaniti/basalti).

Per ovviare a tali rischi sono state individuate, come misure gestionali per contenere le emissioni di vibrazioni durante le attività di cantiere, opportune campagne di monitoraggio riportate nel Piano di Monitoraggio Ambientale (D01-T100-AM090-1-RG-001-0A) atte a guidare la scelta dei macchinari e le tecniche di scavo specie in corrispondenza degli edifici situati a ridosso delle lavorazioni a maggior impatto e al controllo costante dello stato dei ricettori e dei livelli di disturbo. La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte può essere ottenuta, infatti, tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature intervenendo, quando possibile, sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

Pertanto, le azioni preventive e di controllo si estrinsecheranno nel monitoraggio dei livelli di disturbo per i residenti negli edifici per valutare i potenziali effetti indotti dalle lavorazioni.

Tale monitoraggio sarà svolto durante le fasi di lavorazioni ritenute più critiche (scavo con escavatore cingolato) con l'ausilio di analizzatore a otto canali e terne accelerometriche per la valutazione del disturbo per la popolazione (norma UNI 9614).