

**ITINERARIO
TRAPANI - MAZARA DEL VALLO**

VARIANTE ALLA S.S.115 "SUD OCCIDENTALE SICULA"
DALLO SVINCOLO "BIRGI" SULLA A29/DIR AL COLLEGAMENTO ALLA S.S. 115 AL KM 48+000
1° STRALCIO FUNZIONALE MARSALA SUD - MAZARA DEL VALLO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. PA757

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine ing. di Frasinone n. 1063

PROGETTISTA SIA e AMBIENTE
Dott. Ing. Francesco Ventura Ordine Ing. Prov. Roma 14660
PROGETTISTA PUT
Dott. Geol. Enrico Curcuruto Ordine Geo. Regione Sicilia 966

GEOLOGO:
Dott. Flavio Capozucca
Ordine geologi del Lazio n. 1599

MANDATARIA:



MANDANTI:



COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Arch. Roberto Roggi

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO
Ing. Luigi Mupo



STUDIO IMPATTO AMBIENTALE
Analisi ambientale di base
Studio acustico - Relazione

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00IA45AMBRE01_A			
DPPA0757	D 22	CODICE ELAB.	T00IA45AMBRE01	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	Gennaio 2022	Del Buono	Ventura	Scalamandrè
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1.2	ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEI COMUNI INTERESSATI DALL’INTERVENTO	10
1.2.1	<i>Marsala</i>	11
1.3	ANALISI DEI RICETTORI.....	13
1.4	INDAGINE FONOMETRICA (RILIEVI ANTE-OPERAM).....	14
1.5	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA.....	16
1.5.1	<i>Verifica di attendibilità del modello di simulazione (Taratura)</i>	19
2	ANALISI ACUSTICA.....	21
2.1	PREMESSA	21
2.2	SCENARIO ANTE OPERAM	21
2.2.1	<i>I dati di traffico di esercizio Ante Operam</i>	21
2.3	SCENARIO OPZIONE ZERO	22
2.4	SCENARIO POST OPERAM	23
2.5	SCENARIO POST OPERAM MITIGATO.....	26
2.5.1	<i>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA</i>	26
2.5.2	<i>VALUTAZIONE DEI LIVELLI ALL’INTERNO DEI FABBRICATI</i>	28
3	CANTIERIZZAZIONE	30
3.1	PREMESSA	30
3.2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	30
3.3	IMPOSTAZIONE METODOLOGICA	31
3.4	DATI DI INPUT: ANALISI DELLE SORGENTI SONORE.....	32
3.5	DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE.....	35
3.5.1	<i>CANTIERI FISSI</i>	36
3.5.2	<i>CANTIERI LUNGO LINEA</i>	36
3.6	PREVENZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE	37
3.7	MITIGAZIONI IN FASE DI CANTIERE.....	38

1 Premessa

Il presente documento riguarda la Relazione Acustica relativa ai lavori di realizzazione della variante alla SS115 "Sud Occidentale Sicula" dallo Svincolo "Birgi" sulla A29/dir al collegamento alla S.S. 115 al km 48+000, facente parte delle opere del primo Programma delle Infrastrutture Strategiche della Legge Obiettivo di cui alla Delibera CIPE n. 121 del 21.12.2001 da Trapani a Mazara del Vallo, che collega tra loro Trapani, l'aeroporto Birgi, Marsala e Mazara del Vallo, e prevede una strada di cat. C1 "strada extraurbana secondaria", secondo il D.M. 5/11/2001 per la costruzione di strade, parte in sede e in parte in variante, per 34,6 km. La redazione del presente Studio Acustico è stata eseguita dal tecnico competente in acustica Ing. Daria Del Buono, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale (ENTECA) con numero 11601, in collaborazione con la dott.ssa Francesca Quarta.

L'oggetto dello studio è la S.S. 115 Tratto Trapani-Mazara del Vallo, variante alla S.S.115 "Sud Occidentale Sicula" dallo svincolo "Birgi" sulla A29/dir al collegamento alla S.S.115 al km 48+0001. L'attuale S.S. 115 tra Marsala e Mazara del Vallo si sviluppa prevalentemente in aree urbanizzate e all'interno di centri abitati e ha caratteristiche geometriche e funzionali obsolete (carreggiata di larghezza ridotta, accessi privati ed intersezioni a raso). L'asse principale ha uno sviluppo complessivo di circa 16,5 km e si sviluppa prevalentemente su rilevato basso. Lungo l'asse principale sono presenti due opere d'arte principale: il viadotto Sossio dello sviluppo complessivo di 135 m, in corrispondenza della fiumara Sossio, e una galleria artificiale tra le progressive 0+550 e 0+674 di sviluppo 124 m, in prossimità dell'ospedale di Marsala, necessaria per attraversare la S.S. 188. Per ricucire la rete delle strade locali sono stati previsti n. 7 cavalcavia e n. 5 sottovia. Lungo l'asse principale sono stati previsti 3 svincoli a livelli sfalsati (Marsala Sud, Terrenove e Petrosino).

In merito alla classificazione acustica della S.S. 115, secondo quanto previsto dall'art. 1, lett. h) del DPR 142/2004, per variante s'intende la costruzione di un nuovo tratto stradale in sostituzione di uno esistente, fuori sede, con uno sviluppo complessivo inferiore a 2,0 km per strade extraurbane secondarie. Nel caso in oggetto, si evidenzia che il tratto in oggetto ha una estensione superiore ai 2,0 km, pur essendo definita variante di infrastruttura esistente, è considerata ai fini acustici come strada di nuova realizzazione tipo C1 "extraurbana secondaria" (Tabelle 1 - Allegato 1 - DPR 142/04), per la quale è stata applicata una fascia di pertinenza unica, caratterizzata da una larghezza complessiva di 250 metri per lato.

Nel presente Studio acustico, tenendo conto delle principali normative di settore e delle peculiarità del territorio interessato dalla realizzazione dell'opera, sono stati stimati i livelli acustici indotti dal traffico veicolare mediante il software previsionale specifico e di dettaglio denominato Cadna-A, in grado di simulare e mettere a confronto tra loro tutte le fasi di studio dell'opera, dalla situazione attuale, alla situazione di corso d'opera e di esercizio finale, sia pre-mitigazione che post-mitigazione.

Lo studio ha permesso quindi di realizzare delle "mappe" tematiche del rumore immesso presso i ricettori per valutare l'esistenza e la rilevanza di singole abitazioni in zone con livelli di rumorosità superiori a quanto stabilito dalla normativa vigente, e comunque di definire e studiare le conseguenze dell'intervento sull'inquinamento acustico nei confronti del territorio circostante.

Inoltre, i risultati ottenuti hanno permesso di individuare i criteri progettuali delle opere di mitigazione adatte a contenere, per i ricettori prossimi all'infrastruttura, gli effetti acustici entro i limiti previsti dalla normativa vigente.

Sintetizzando per punti, l'analisi acustica è stata condotta secondo i seguenti passi:

Caratterizzazione dei ricettori: sono state effettuate indagini conoscitive dei luoghi procedendo all'individuazione dei ricettori prossimi all'infrastruttura mediante un dettagliato censimento dei ricettori in cui sono stati censiti e caratterizzati tutti i gli edifici ricadenti in una fascia di 250 metri dal ciglio dell'infrastruttura.

Analisi acustica del territorio: sono state effettuate indagini di rumorosità attualmente presente mediante misure fonometriche volte alla caratterizzazione acustica di alcuni ambiti del territorio e necessarie nel processo di taratura del software di calcolo adottato.

Sono stati eseguiti sette rilievi fonometrici, di cui uno di durata 24 ore in continuo, e sei di breve durata con tecnica di campionamento MAOG, cioè suddividendo la giornata in 6 fasce orarie (quattro diurne e due notturne).

Nella seguente tabella si riassumono le misure acustiche eseguite lungo la tratta:

LOCALIZZAZIONE	TIPO DI MISURA	QUANTITA'
Comune di Marsala	Misura 24 ore	1
	Misura MAOG	3
Comune di Mazara del Vallo	Misura MAOG	3

Tabella 1 – Sintesi misure acustiche eseguite lungo la tratta

Individuazione dei livelli sonori di riferimento: dai riferimenti normativi si individua un'unica fascia di pertinenza acustica di ampiezza pari a 250 metri dal ciglio stradale con limiti acustici unici per tutti gli edifici, fatta eccezione per i ricettori sensibili per i quali si considerano soglie acustiche minori, consone al livello di tutela richiesto. In accordo a quanto indicato nei testi normativi di riferimento, inoltre, nei casi in cui vi sia la presenza contemporanea di altre infrastrutture il cui rumore possa essere ritenuto concorsuale alla infrastruttura viaria in oggetto, i limiti di riferimento subiscono una variazione tale da tenere conto della situazione peggiorativa, per i vari ricettori, determinata dalla compresenza di più sorgenti di rumore. Dalle analisi del caso si sono riscontrate quattro sorgenti acustiche concorsuali, analizzate in apposito paragrafo.

Modellazione acustica: l'individuazione dei livelli acustici su tutti gli edifici prossimi all'infrastruttura viaria è stata definita mediante un software specifico che ha rappresentato il clima acustico nei vari scenari di calcolo, attuali e di progetto, tarato sulla base delle indagini fonometriche e di traffico condotte ad hoc. Il modello scelto per questo tipo di analisi è il modello di simulazione Cadna-A, ampiamente utilizzato per studi di questo tipo, attraverso il quale è stato realizzato, sia il modello digitale del terreno a partire da una cartografia tridimensionale con una precisione altimetrica di 0,5 metri, sia il modello digitale dell'edificato verificato ed integrato con le informazioni disponibili del censimento ricettori. Sono state infine inserite le

infrastrutture stradali esistenti e modellata l'infrastruttura di progetto con il dettaglio delle opere e del corpo infrastrutturale previsto.

Scenari di calcolo: i risultati di calcolo sono stati restituiti sia in modalità numerica che grafica. Nella prima modalità i risultati del modello sono riportati in una tabella numerica in cui si identifica il livello acustico per ogni edificio esposto, evidenziando gli eventuali esuberi rispetto ai limiti normativi separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno. Gli scenari di calcolo hanno riguardato la situazione attuale (ante operam), la situazione di progetto (post operam), la situazione di progetto mitigato (post operam mitigato) e la situazione di cantiere. In particolare, per quanto riguarda gli interventi di mitigazione, questi sono stati progettati per abbattere i livelli eccedenti i limiti normativi quanto più possibile, compatibilmente con le soluzioni progettuali attualmente esistenti per le barriere antirumore e considerando il miglior rapporto costi/benefici non solo da un punto di vista prettamente economico, ma anche per quanto riguarda l'inserimento ambientale dell'opera. Per ogni condizione di simulazione, inoltre, sono riportate le mappe delle isofoniche del periodo diurno e del periodo notturno con intervallo 5 decibel estese a tutto l'ambito di studio.

1.1 Normativa di riferimento

I principali riferimenti normativi a livello nazionale applicati al progetto in esame sono i seguenti:

- D.P.C.M. 1 marzo 1991, 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- Legge quadro sul rumore n° 447 del 26 ottobre 1995.
- D.P.C.M. del 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
- DMA 16/3/1998: "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".
- DMA 29/11/2000: "Criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".
- DPR 142 del 30/3/2004, attuativo della legge quadro: "Rumore prodotto da infrastrutture stradali".

D.P.C.M. 1 marzo 1991

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 Marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" si propone di stabilire "limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e dell'esposizione urbana al rumore, in attesa dell'approvazione dei decreti attuativi della Legge Quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico, che fissi i limiti adeguati al progresso tecnologico ed alle esigenze emerse in sede di applicazione del presente decreto".

I limiti ammissibili in ambiente esterno sono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, suddividono il proprio territorio in zone diversamente "sensibili". A tali zone sono associati valori di livello di rumore, limite diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A [Leq(A)], corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali.

Per gli ambienti esterni, è necessario verificare, quindi, che il livello di rumore ambientale non superi i limiti assoluti stabiliti in funzione della destinazione d'uso del territorio e della fascia oraria (tabelle seguenti), con modalità diverse a seconda che i Comuni siano dotati di Piano Regolatore Generale (PRG), o meno o, infine, che adottino la zonizzazione acustica comunale.

<p>CLASSE I – Aree particolarmente protette</p> <p>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 e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.</p>
<p>CLASSE II – Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale</p> <p>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 – Aree di tipo misto</p> <p>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.</p>
<p>CLASSE IV – Aree di intensa attività umana</p> <p>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con 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 – Aree prevalentemente industriali</p> <p>Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.</p>
<p>CLASSE VI – Aree esclusivamente industriali</p> <p>Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.</p>

Tabella 2 – Definizione delle classi di zonizzazione acustica del territorio.

Destinazione d'uso territoriale	Periodo DIURNO 6:00÷22:00	Periodo NOTTURNO 22:00÷6:00
Territorio nazionale	70	60
Zona urbanistica A	65	55
Zona urbanistica B	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Tabella 3 – Limiti di immissione di rumore per comuni con Piano Regolatore.

Destinazione d'uso territoriale	Periodo DIURNO 6:00÷22:00	Periodo NOTTURNO 22:00÷6:00
Zona esclusivamente industriale	70	70
Tutto il resto del territorio	70	60

Tabella 4 – Limiti di immissione di rumore per comuni senza Piano Regolatore.

Destinazione d'uso territoriale	Periodo DIURNO 6:00÷22:00	Periodo NOTTURNO 22:00÷6:00
I Aree protette	50	40
II Aree residenziali	55	45
III Aree miste	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 5 – Limiti di immissione di rumore per comuni che adottano la zonizzazione acustica.

Legge quadro sul rumore n° 447 del 26 ottobre 1995

La Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sul Rumore", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 254 del 30/10/1995, è una legge di principi e demanda perciò a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche. Nella legge quadro si stabiliscono le competenze delle varie amministrazioni pubbliche che hanno un ruolo nella gestione e controllo del rumore.

D.P.C.M. 14 novembre 1997

Il DPCM del 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", attuazione alla Legge Quadro sul rumore (Art. 3 Comma 1, lettera a), definisce per ogni classe di destinazione d'uso del territorio i seguenti valori:

- Valori limite di emissione
- Valori limite di immissione
- Valori di attenzione
- Valori di qualità.

Con riferimento alle varie classi di destinazione d'uso vengono individuati i valori limite di emissione, riportati nella tabella relativa sottostante, che fissano il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità del ricettore.

Per ogni classe di destinazione d'uso del territorio vengono individuati anche i valori limite di immissione riportati in tabella, cioè il valore massimo assoluto di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente esterno, misurato in prossimità del ricettore. I valori vengono ripresi da quelli descritti nel D.P.C.M. 1/3/91.

Classe destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-6.00)
	Valori in dB(A)	
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

Tabella 6 – Valori limite di emissione in dB(A).

Classe destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-6.00)
	Valori in dB(A)	
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 7 – Valori limite di immissione in dB(A).

DMA 16/3/1998: "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"

Definisce i requisiti della strumentazione utilizzata per le misure; in particolare:

Le misure di livello equivalente dovranno essere effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994;

I filtri e i microfoni utilizzati per le misure devono essere conformi, rispettivamente, alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994, EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995;

La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, deve essere controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942/1988. Le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0.5 dB.

Nell'Allegato A al DMA sono riportate delle definizioni di alcune espressioni e grandezze utilizzate in acustica; gli Allegati B, C e D contengono rispettivamente: i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore in genere, i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore stradale e ferroviario e le modalità di presentazione dei risultati. Per quanto riguarda il rumore da traffico stradale, essendo questo un fenomeno avente carattere di casualità o pseudo casualità, il monitoraggio deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad una settimana.

DMA 29/11/2000: "Criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"

Il decreto emanato dal Ministero dell'Ambiente, previsto dall'articolo 10, comma 5 della Legge Quadro, stabilisce che gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture stradali hanno l'obbligo di:

- individuare le aree in cui per effetto delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di emissione;
- determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti;
- presentare al Comune, alla Regione o all'autorità competente da essa indicata il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

I contenuti essenziali del piano di risanamento consisteranno nella:

- Individuazione degli interventi e relative modalità di esecuzione;
- indicazione delle eventuali altre infrastrutture di trasporto concorrenti all'immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
- indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
- motivazioni per eventuali interventi sui ricettori.

e attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art.11 della Legge Quadro. Nelle aree in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza, il rumore non deve superare complessivamente il fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

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.

La novità di questo decreto, infine, sta nel fatto che si evincono la caratterizzazione e l'indice dei costi degli interventi di bonifica acustica mediante tipo intervento, campo di impiego, efficacia, costi unitari.

D.P.R. 142 del 30/3/2004, attuativo della legge quadro: "Rumore prodotto da infrastrutture stradali"

Il DPR individua l'ampiezza delle fasce di pertinenza dei vari tipi di strade, attenendosi alla classificazione del Codice della Strada; per ciascun tipo di strada stabilisce inoltre i limiti di pressione sonora ammissibili all'interno delle fasce di pertinenza stesse. Vengono distinte infrastrutture stradali di nuova realizzazione ed esistenti o assimilabili, per le quali sono validi i limiti riportati rispettivamente nelle Tabelle 1 e 2 - Allegato 1 - DPR 142 e di seguito riportate.

Strade di nuova realizzazione						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo Dm 5/11/2001 – "Norma funz. o geom. Per la costruzione di 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 – autostrade		250	50	40	65	55
B – extraurbane		250	50	40	65	55
C – extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D – urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C, allegata al DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno.

Tabella 8 – Valori limite in dB(A) di emissione del rumore stradale per strade di nuova realizzazione.

Strade esistenti e assimilabili (Ampliamenti in asse, affiancamenti, varianti)						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme CNR 1980 o direttiva 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 – autostrade		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbane		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C, allegata al DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno.

Tabella 9 – Valori limite in dB(A) di emissione del rumore stradale per strade esistenti ed assimilabili.

1.2 Zonizzazione acustica dei comuni interessati dall'intervento

In base alla Legge Quadro sul rumore n.447/1995, i Comuni hanno a disposizione lo strumento di "zonizzazione acustica" al fine di regolamentare l'uso del territorio sotto gli aspetti acustici.

Il Piano Comunale di Classificazione Acustica è un atto tecnico – politico di governo del territorio in quanto ne disciplina l'uso e le modalità di sviluppo delle attività svolte. In linea generale, tale classificazione si basa sulla tipologia d'uso del territorio, tende alla salvaguardia del territorio e della popolazione dall'inquinamento acustico senza però tralasciare le esigenze dei settori trainanti l'economia del territorio, quali ad esempio gli ambiti industriali sia esistenti, sia di sviluppo programmato e, più in generale, le infrastrutture. La classificazione comunale in zone acusticamente omogenee è pertanto il risultato di una analisi del territorio condotta sulla base di documentazione di pianificazione territoriale comunale e provinciale/regionale e della situazione orografica esistente, oltre che uno strumento complementare allo stesso PRG con funzioni di reciproco controllo e ottimizzazione della pianificazione.

Tali finalità, così come indicano le normative citate, vengono perseguite attraverso una suddivisione del territorio in sei zone acusticamente omogenee sulla base di parametri di antropizzazione a scala sociale, culturale e di fruizione in genere, quali:

- Densità di popolazione;
- Presenza di ambiti di sensibilità acustica, come strutture sanitarie, strutture per l'istruzione, aree la cui quiete sonora rappresenti un requisito fondamentale, ecc.;
- Densità di attività commerciali e artigianali;
- Presenza di infrastrutture di trasporto;
- Presenza di ambiti industriali.

Le sei classi acustiche, sulla base dei suddetti parametri e così come indicate nel DPCM 14/11/1997, variano da quella più cautelativa per il territorio (la classe I) a quella rappresentativa della maggiore emissione di rumore (la classe VI).

In assenza dei Piani di zonizzazione i Comuni dovranno fare riferimento al DPCM del 1 marzo 1991, "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", precedentemente descritto.

A tal proposito, relativamente al Comune di Marsala, è presente il documento di zonizzazione acustica dello stesso territorio comunale.

Riassumendo, nella seguente tabella si riportano i limiti normativi in funzione delle caratteristiche di appartenenza del singolo ricettore.

AREA DI APPARTENENZA DEL RICETTORE	Limite DIURNO dB(A)	Limite NOTTURNO dB(A)
Classe I	50	40
Classe II	55	45
Classe III	60	50
Classe IV	65	55
Classe V	70	60
Classe VI	70	70

Tabella 10 – Limiti normativi di riferimento (scenario diurno e notturno).

1.2.1 Marsala

Relativamente al Comune di Marsala, il Piano di Classificazione Acustica è stato aggiornato a maggio del 2018; in particolare si tratta del Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Marsala ai sensi dell'art. 6 della Legge 447/95, adottato con Deliberazione del Consiglio Comunale n.37 del 13/03/2012, e successiva Variante approvata con Deliberazione C.C. n.185 del 15/10/2014.

Il Comune di Marsala, collocato nella parte occidentale della Provincia di Trapani, è situato nella regione meridionale della Sicilia.

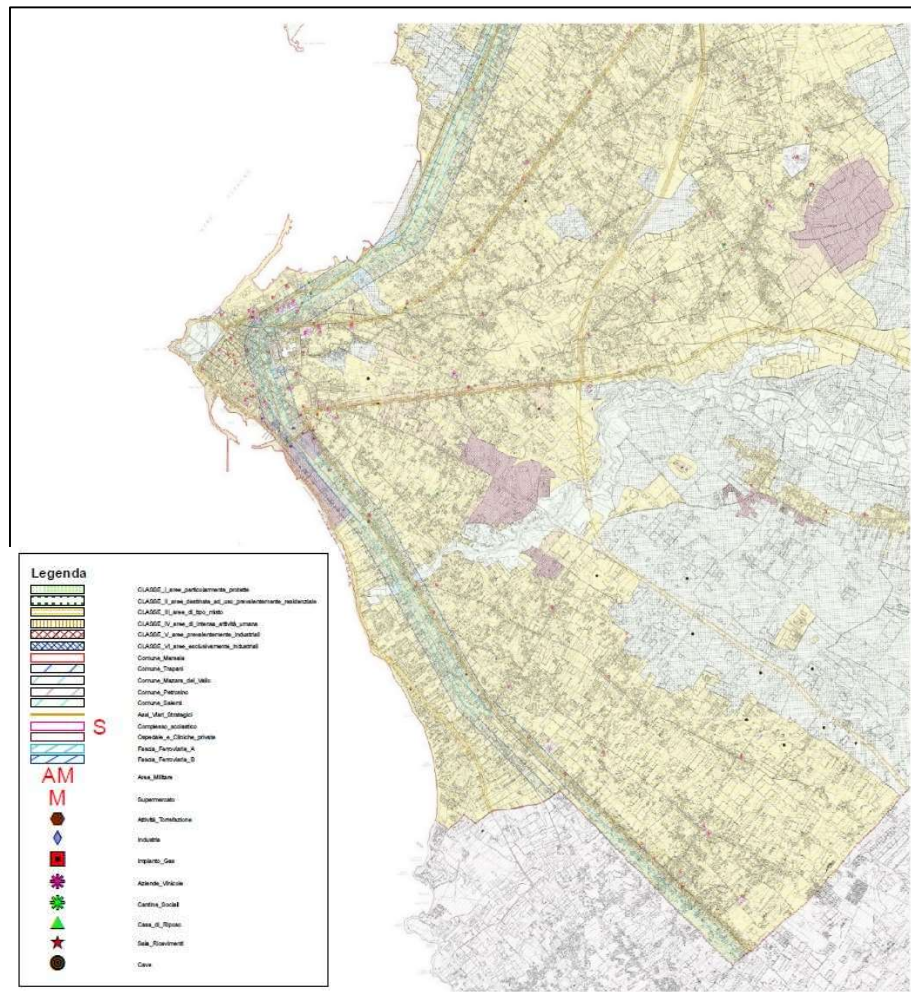


Figura 1 – Piano di Classificazione Acustica del Comune di Marsala.

In riferimento alla classificazione acustica del territorio comunale, come è possibile notare dalla precedente immagine del Piano di classificazione acustica, l'area interessata dall'intervento è quasi interamente classificata in Classe I e Classe III, rispettivamente aree particolarmente protette e aree di tipo misto. Il nuovo tracciato passa a ridosso di un'area in Classe II relativa alla presenza dell'ospedale Paolo Borsellino. Inoltre, il tracciato di progetto si localizza anche una piccola area industriale classificata in Classe acustica V.

Riguardo alla classificazione acustica delle strade esterne al centro abitato, la Relazione Tecnica del Piano del Comune di Marsala riporta che: "la DGRV n.4313 del 1993 e dai decreti attuativi della Legge n.447 del 1995 stabiliscono due livelli di classificazione stradale: il primo riguarda l'ambito urbano del territorio nel quale la rete viaria contribuisce (...) alla classificazione della zona omogenea e il secondo che considera l'infrastruttura come una sorgente lineare con specifica fascia di rispetto acustica all'interno della quale sono definiti limiti che devono essere rispettati dalle sole emissioni veicolari".

In base a quanto riportato nella Relazione Tecnica, quindi, per quanto riguarda la viabilità extraurbana, essendo meglio definite le diverse tipologie stradali, si è fatto riferimento alla classificazione riportata nella tabella 2 dell'allegato 1 del D.P.R. 142/04.

1.3 Analisi dei ricettori

Il censimento dei ricettori è stato effettuato allo scopo di localizzare e caratterizzare, dal punto di vista territoriale ed acustico, tutti gli edifici che si trovano nelle fasce di competenza acustica stradale corrispondenti alla distanza dei 250 metri dal ciglio infrastrutturale di progetto (come da DPR 142 tabella 1 allegato 1 per strada extraurbana secondaria di nuova costruzione categoria C1).

Nell'ambito dell'attività di censimento, è stata inoltre effettuata l'analisi degli strumenti urbanistici comunali, che ha consentito di verificare l'eventuale presenza di zone di espansione residenziale e/o di aree destinate a parchi, aree ricreative o ad uso sociale e di aree cimiteriali, all'interno della fascia suddetta. I ricettori sono stati individuati mediante sopralluogo durante il quale sono state rilevate le principali caratteristiche dei fabbricati, tra le quali destinazione d'uso e numero di piani.

Tutti i ricettori sono stati, dunque, localizzati in planimetria in un fascia di 250 metri, con la relativa destinazione d'uso e numerazione, in tavole in scala 1:5.000 (dal cod. T00IA45AMBCT01A al cod. T00IA45AMBCT03A).

In particolare, sono state considerate 7 differenti classi di ricettori:

- Residenziale e assimilabili: classe rappresentata sia da edifici ad esclusivo uso residenziale, sia da quelli di tipo misto, aventi attività commerciali al piano terra e abitazioni nei restanti piani, nonché da alberghi e/o simili;
- Sensibile: classe rappresentata da edifici ad uso scolastico e sanitario (ospedali e case di cura/riposo);
- Produttivo: comprendente attività industriali, artigianali ed attività agricole medio-grandi;
- Terziario: comprendente attività di ufficio e servizi;
- Monumentale e religioso: comprendente edifici storici, di culto ed edifici monumentali;
- Pertinenza FS: edifici di pertinenza delle ferrovie dello stato;
- Altro: comprendente edifici non classificabili come ricettori acustici ma di dimensioni tali da costituire un ostacolo significativo alla propagazione del rumore.

Complessivamente sono stati censiti 1100 edifici, e precisamente 554 nel comune di Marsala, 28 nel comune di Petrosino e 518 nel comune di Mazara del Vallo.

Nelle tabelle sottostanti vengono sintetizzati i risultati del censimento per il cui dettaglio si rimanda ai citati elaborati di identificazione (cod. T00IA45AMBSC01A) e rappresentazione grafica (dal cod. T00IA45AMBCT01A al cod. T00IA45AMBCT03A).

Destinazione d'uso	Comune di Marsala	Comune di Petrosino	Comune di Mazara del Vallo	Numero Ricettori Complessivi
Residenziale e assimilabili	128	0	116	244
Scuola	0	0	0	0
Ospedale e case di cura	6	0	0	6
Monumentale e religioso	0	0	0	0

Destinazione d'uso	Comune di Marsala	Comune di Petrosino	Comune di Mazara del Vallo	Numero Ricettori Complessivi
Terziario, commercio, uffici	14	0	13	27
Produttivo, industriale	14	0	11	25
Pertinenza FS	0	0	0	0
Altro	392	28	378	798
Totale complessivo	554	28	518	1100

Tabella 11 – Tabella di riepilogo dei ricettori interessati dallo studio acustico.

1.4 Indagine fonometrica (rilievi ante-operam)

Nell'ambito del progetto di studio, sono state condotte delle indagini fonometriche volte alla caratterizzazione acustica del territorio e tali da essere utilizzati nel processo di taratura del software di calcolo adottato. Sono state condotte, cioè, delle misurazioni volte, sia alla rappresentazione del clima acustico allo stato attuale, sia alla verifica dei livelli acustici di output del modello di simulazione, tali da definire le eventuali correzioni da apportare affinché i valori di simulazione meglio si approssimino ai livelli effettivi registrati in campo.

Le indagini fonometriche sono state effettuate nel mese di marzo 2022 ed hanno interessato ricettori localizzati nei comuni di Marsala e Mazara del Vallo, in modo tale da fornire indicazioni accurate sul clima acustico dell'area. Nella seguente tabella si riporta l'elenco completo delle misure effettuate lungo il tracciato.

MISURE ACUSTICHE EFFETTUATE	
Totale misure	1 misura 24h 6 misure MAOG
Comune di Marsala	1 misure 24h 3 misure MAOG
Comune di Mazara del Vallo	3 misure MAOG

Tabella 12 – Quantità e tipologia delle misure acustiche effettuate.

Contemporaneamente sono stati rilevati i parametri meteo (temperatura, velocità del vento, umidità, precipitazioni) necessari affinché la misura possa essere ritenuta valida ai sensi di legge.

Per una corretta caratterizzazione della sorgente sonora sono stati inoltre rilevati i dati di traffico corrispondenti ai periodi di misura, ripartiti per tipologia di veicolo, velocità di percorrenza, corsia di marcia e rispettiva sezione considerata.

Per il dettaglio delle misurazioni e dell'output strumentale si rimanda all'elaborato specifico cod. T00IA45AMBRE02A, mentre in questa sede si sintetizzano gli elementi significativi.

Strumentazione utilizzata e tecniche di misura

La strumentazione utilizzata è costituita da fonometro integratore / analizzatore di classe 1 IEC651 / IEC804 / IEC61672, come richiede la normativa specializzata, e tarata in apposito centro SIT autorizzato.

Le indagini sono state effettuate sotto il controllo della calibrazione all'inizio e al termine di ogni ciclo di misura, utilizzando un calibratore anch'esso di classe 1.

I rilevamenti sono effettuati in accordo con quanto previsto dalla normativa di settore utilizzando la "cuffia" antivento a protezione del microfono, in condizioni meteorologiche normali ed in assenza di precipitazioni atmosferiche.

Postazioni di misura

Per quanto riguarda la localizzazione delle postazioni, in linea generale, le misure vengono effettuate presso ricettori che si trovano in prossimità del sito di studio ospitante l'infrastruttura.

La campagna di misure è costituita da rilievi di 24h, e spot lungo il tracciato oggetto di intervento.

La tipologia di rilievo spot consiste nel rilevamento continuo per 10 minuti scelti nell'ambito di alcune ore appartenenti all'intervallo temporale di riferimento. La stima del Leq,A fornita dalla tecnica MAOG si ottiene effettuando la media energetica dei quattro valori di Leq,A ottenuti dalle quattro misure diurne e dei due valori di Leq,A ottenuti dalle due misure notturne.

Il microfono del fonometro viene posizionato a circa 1,5 metri dal suolo, ad almeno un metro da altre superfici interferenti (pareti ed ostacoli in genere) e orientato verso la sorgente di rumore la cui provenienza sia identificabile.

Risultati delle indagini

Nel seguito si riporta la sintesi dei valori acustici rilevati separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno, rimandando per ogni dettaglio del caso al citato allegato con il report di indagine.

MISURE 24 ORE			
Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno			
Postazione	LEQ [dB(A)]	L10 [dB(A)]	L90 [dB(A)]
RUM_01	58,0	59,1	54,6

Tabella 13 – Valori di rumore Ante Operam – Periodo diurno.

MISURE 24 ORE			
Sintesi dei valori registrati nel periodo notturno			
Postazione	LEQ [dB(A)]	L10 [dB(A)]	L90 [dB(A)]
RUM_01	54,2	55,0	53,2

Tabella 14 – Valori di rumore Ante Operam – Periodo notturno.

MISURE MAOG			
-------------	--	--	--

Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno			
Postazione	LEQ [dB(A)]	L10 [dB(A)]	L90 [dB(A)]
RUM_02	54,9	60,5	47,6
RUM_03	68,5	70,0	47,8
RUM_04	53,2	56,9	44,4
RUM_05	62,7	58,5	45,4
RUM_06	61,0	60,4	48,7
RUM_07	68,6	73,2	54,3

Tabella 15 – Valori di rumore Ante Operam – Periodo diurno.

MISURE MAOG			
Sintesi dei valori registrati nel periodo notturno			
Postazione	LEQ [dB(A)]	L10 [dB(A)]	L90 [dB(A)]
RUM_02	43,3	47,3	36,9
RUM_03	50,2	48,3	36,6
RUM_04	43,3	44,5	37,9
RUM_05	39,7	42,6	34,1
RUM_06	47,0	49,2	38,1
RUM_07	54,7	57,8	37,5

Tabella 16 – Valori di rumore Ante Operam – Periodo notturno.

1.5 Descrizione del modello di simulazione acustica

Il modello di simulazione utilizzato per l'elaborazione dei progetti acustici di dettaglio come quello in oggetto, è il software Cadna-A (Computer Aided Noise Abatement): questo è un software all'avanguardia per effettuare simulazioni acustiche in grado di rappresentare al meglio le reali condizioni ambientali che caratterizzano il territorio studiato. Questo modello di simulazione è uno tra gli strumenti più completi oggi presenti sul mercato per la valutazione della propagazione del rumore prodotto da sorgenti di ogni tipo: da

sorgenti infrastrutturali, quali ad esempio strade, ferrovie o aeroporti, a sorgenti fisse, quali ad esempio strutture industriali, impianti eolici o impianti sportivi.

Attraverso la propagazione dei raggi sonori contenenti lo spettro di energia acustica provenienti dalla sorgente, il software tiene conto dei complessi fenomeni di riflessione multipla sul terreno e sulle facciate degli edifici, nonché della diffrazione di primo e secondo ordine prodotta da ostacoli schermanti (edifici, barriere antirumore, terrapieni, etc.).

A partire dalla cartografia DTM (Digital Terrain Model), cioè il modello digitale utilizzato per rappresentare la superficie del suolo terrestre, si perfeziona la costruzione del 3D dell'area operando attraverso una banca dati dei materiali che è inserita all'interno del modello, comunque implementabile.

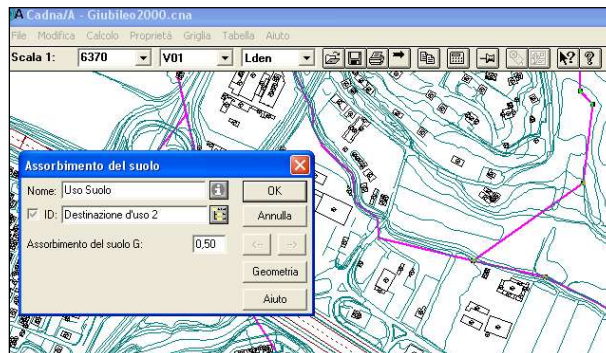
La generazione del 3D è completata attraverso l'estrusione degli edifici, il posizionamento di tutti i ricettori in facciata, la creazione delle sorgenti e di tutta la geometria del territorio.

Dopo aver ultimato la digitalizzazione degli elementi base, si sono attribuiti i primi parametri acustici per l'elaborazione cartografica dei ricettori, ossia il corridoio di indagine, la fascia di rispetto ed eventuali sotto divisioni della fascia rimanente: in tal modo si è assegnato ai singoli ricettori il pertinente limite di legge.

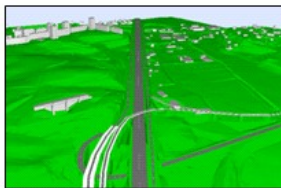
CadnaA è uno strumento previsionale progettato per modellizzare la propagazione acustica in ambiente esterno prendendo in considerazione tutti i fattori interessati al fenomeno, come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, le barriere antirumore, il tipo di terreno e gli effetti meteorologici. Una delle principali innovazioni di questo software si riscontra proprio nella precisione di dettaglio con cui viene rappresentata la reale orografia del territorio; per fare un esempio si può citare la schematizzazione di ponti e viadotti, i quali possono essere schematizzati come sorgenti sonore posizionate alla quota voluta, mantenendo però libera la via di propagazione del rumore al di sotto del viadotto stesso, come si può osservare nella figura.

Dal punto di vista della propagazione del rumore, CadnaA consente di determinare la propagazione acustica in campo esterno prendendo in considerazione numerosi parametri legati alla localizzazione ed alla forma ed all'altezza degli edifici; alla topografia dell'area di indagine; alle caratteristiche fonoassorbenti e/o fonoriflettenti del terreno; alla tipologia costruttiva del tracciato dell'infrastruttura; alle caratteristiche acustiche della sorgente; alla presenza di eventuali ostacoli schermanti o semi-schermanti; alla dimensione, ubicazione e tipologia delle barriere antirumore.

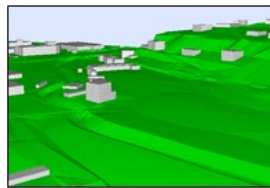
Circa le caratteristiche fono assorbenti e/o fono riflettenti del terreno, CadnaA è in grado di suddividere il sito studiato in differenti poligoni areali, ognuno dei quali può essere caratterizzato da un diverso coefficiente di assorbimento del suolo, a differenza dei precedenti strumenti di calcolo in cui era possibile definire un solo valore identico per tutto il territorio simulato. Nella figura si osserva un esempio di poligonatura (colore magenta) con diversi fattori di assorbimento e la finestra di interfaccia grafica mediante la quale è possibile definire il coefficiente per il poligono selezionato.



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



Esempio 1



Esempio 2



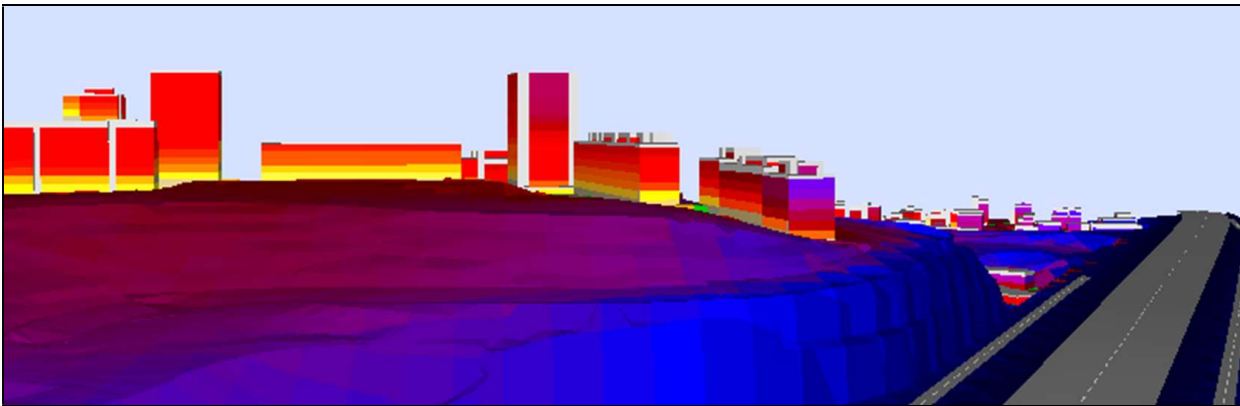
Esempio 3

Per quanto riguarda la definizione della sorgente di rumore, CadnaA consente di inserire i parametri di caratterizzazione della sorgente sonora mediante diverse procedure:

- TGM: inserimento del numero di veicoli giornalieri totali, della percentuale di veicoli pesanti e della velocità media dell'intero flusso.
- V/h: inserimento dei precedenti parametri suddivisi nelle tre fasce orarie standard: fasce diurna (06:00-20:00), serale (20:00-22:00) e notturna (22:00-06:00).
- Emissioni: per ognuna delle tre fasce orarie suddette, è possibile inserire direttamente il livello della potenza sonora prodotta dalla sorgente stessa.

Successivamente si inseriscono le proprietà fisiche dell'infrastruttura, indicando il numero e le dimensioni delle corsie e delle carreggiate di cui è composta, impostando le dimensioni manualmente o scegliendo tra più di 30 tipologie di infrastrutture, indicando il tipo della superficie stradale e la tipologia del flusso veicolare che la caratterizza (fluido continuo, continuo disuniforme, accelerato, decelerato) ed indicando, infine, il tipo di superficie stradale di cui è composta.

Bisogna evidenziare, inoltre, come il software CadnaA nasca dall'esigenza di implementare degli strumenti già esistenti al fine di ottenere uno strumento di maggiore precisione ed in grado di applicare correttamente le nuove normative Europee, come ad esempio gli indicatori Lden ed Lnight. I livelli così stimati vengono segnalati sulla griglia in facciata, e rappresentati anche sulle facciate degli edifici con colori diversi secondo i livelli di pressione acustica (vedi fig. seguente).



Durante lo svolgimento delle operazioni matematiche, questo software permette di effettuare calcoli complessi e di archiviare tutti i livelli parziali collegati con le diverse sorgenti, per qualsiasi numero di punti di ricezione al fine di individuare i singoli contributi acustici. Inoltre i livelli acustici stimati sui punti della griglia (mappe acustiche) possono essere sommati, sottratti ed elaborati, con qualsiasi funzione definita dall'utente. Tra i diversi algoritmi di calcolo presenti nel software, CadnaA è in grado di utilizzare per le simulazioni di sorgenti stradali il metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96, metodo raccomandato dalla Direttiva Europea 2002/49/CE.

CadnaA permette, infine, di ottenere in formato tabellare qualunque valore acustico si voglia conoscere di un ricettore, per ognuna delle sua facciate, per ogni piano, restituendo anche l'orientamento delle facciate rispetto alla sorgente sonora, la distanza relativa dall'asse dell'infrastruttura, la differenza di quota sorgente-ricettore ed altre informazioni presenti nel modello.

Per quanto riguarda la progettazione di interventi di mitigazione acustica, il modello di simulazione CadnaA consente di inserire schermi antirumore con caratteristiche variabili a scelta dell'utente, sia dal punto di vista dell'assorbimento acustico (coefficienti di assorbimento alfa, per ogni banda di frequenza), sia relativamente ai requisiti fisici. Possono essere definite definire le caratteristiche geometriche della struttura indicando la forma, l'altezza, la presenza di un eventuale sbalzo inclinato e l'eventuale presenza e forma di un diffrattore acustico posto in sommità della barriera.

Possono essere inseriti schermi acustici direttamente a bordo infrastruttura, nel caso che l'infrastruttura si trovi in rilevato-raso, ad una distanza maggiore nel caso che l'autostrada si trovi in trincea o in condizioni particolari da risolvere, o a bordo ponte nel caso si tratti di un'infrastruttura in viadotto.

1.5.1 Verifica di attendibilità del modello di simulazione (Taratura)

Per la caratterizzazione acustica delle sorgenti stradali esistenti e per individuare i livelli di pressione sonora in prossimità di alcuni dei ricettori interessati dall'impatto acustico dell'infrastruttura (e quindi per verificare l'attendibilità del modello di simulazione), sono stati utilizzati i rilievi fonometrici puntuali effettuati ad hoc e già descritti e sintetizzati nei precedenti paragrafi.

Il software di calcolo Cadna-A permette un processo di calibrazione (mettendo a confronto i valori misurati con quelli simulati) in funzione di diversi parametri di calcolo, tra cui alcuni connessi alla sorgente ed altri connessi alla modalità di propagazione del suono nel percorso compreso tra la sorgente e il ricettore. In particolare, è possibile agire sui parametri di propagazione, quali la cartografia 3D, la presenza di muri, la

tipologia di suolo, le riflessioni, ecc. La taratura del modello di simulazione è stata quindi impostata nelle aree in cui la sorgente acustica di tipo stradale sia ben identificabile.

L'input della sorgente è stato impostato su base geometrica, per quanto riguarda le dimensioni fisiche della piattaforma stradale e del numero di corsie presenti e su base emissiva, per quanto riguarda numero e tipologia di veicoli presenti e la loro relativa velocità.

Per procedere alla taratura del modello di calcolo sono stati eseguiti i seguenti passaggi:

- inserimento dei punti virtuali di misura all'interno del modello tridimensionale esattamente nei punti in cui sono stati condotti i rilievi reali;
- inserimento dei dati acustici di immissione misurati (Leq [dB(A)]) come metadato all'interno del punto virtuale del modello;
- inserimento nel modello dei dati del traffico rilevato in corrispondenza dei punti di rilievo acustico;
- calcolo dei livelli simulati in corrispondenza di tutti i punti virtuali inseriti (Leq [dB(A)]);
- verifica degli scostamenti tra i dati misurati ed i dati simulati.

Di seguito, separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno, si riporta la sintesi dei valori registrati, dei valori di simulazione e delle relative differenze, a margine delle quali si individua il valore medio rappresentativo dell'approssimazione di calcolo del modello di simulazione adottato.

Punto di misura	Comune	Valori misurati dB(A)		Valori simulati dB(A)		Delta misura-simulazione	
		Leq DIURNO	Leq NOTT.	Leq DIURNO	Leq NOTT.	Diurno	Notturmo
RUM_01	Marsala	58,0	54,2	57,8	53,9	-0,2	-0,3
RUM_02		54,9	43,3	54,5	42,8	-0,4	-0,5
RUM_03		68,5	50,2	68,2	49,8	-0,3	-0,4
RUM_04		53,2	43,3	53,4	43,7	0,2	0,4
RUM_05	Mazara del Vallo	62,7	39,7	62,6	39,5	-0,1	-0,2
RUM_06		61,0	47,0	60,8	46,5	-0,2	-0,5
RUM_07		68,6	54,7	68,4	57,4	-0,2	-0,3
Media						-0,2	-0,3

Tabella 17 – Sintesi dei valori misurati e dei valori calcolati per la validazione del modello di calcolo.

In particolare lo scostamento medio per il periodo diurno è pari a -0,2 [dB(A)] e per il periodo notturno è pari a -0,3 [dB(A)]; queste leggere divergenze del dato simulato rispetto alla misura reale possono essere causate da alcuni effetti schermanti e fonoassorbenti che influiscono sulla misura, ma non è ipotizzabile una rappresentazione della geomorfologia del territorio dettagliata di tutti i possibili elementi interferenti per non incorrere in tempi di digitalizzazione e calcolo estremamente onerosi a fronte di una minore incertezza tra dato rilevato e dato simulato. Si deve tenere inoltre in considerazione che una misura fatta con uno strumento di classe 1 ha di per sé un'incertezza di ± 0.7 dB.

Pertanto, nell'ambito del presente studio, la modellizzazione svolta può essere considerata affidabile e coerente sia sotto il profilo delle geometrie che della propagazione acustica.

2 ANALISI ACUSTICA

2.1 PREMESSA

Gli scenari oggetto di studio sono:

- Lo stato ante operam, cioè la situazione attuale, dove la S.S. 188 corre attualmente prevalentemente a raso e all'interno dei centri abitati ed è attualmente classificata strada extraurbana secondaria (cat. Cb) nella zona Nord dello scenario di studio, mentre nella zona centrale la S.P. 62 interseca con la S.P. 53 che taglia l'area, mentre la S.P. 62 prosegue lungo l'area di studio centrale, queste sono classificate strade di scorrimento extraurbano (Cat. Cb). Nell'area Sud, invece, scorre la S.S. 115 classificata anch'essa come strada extraurbana (Cat. Cb) e un tratto di Ferrovia che si suddivide in fascia A e fascia B.
- L'Opzione zero, cioè lo stato ante operam in cui si considerano i flussi di traffico stimati per l'anno 2038 che insistono sulle infrastrutture attuali, senza considerare l'infrastruttura di progetto.
- Lo stato di cantiere, cioè tutte le opere necessarie al cantiere di variante e ammodernamento dell'infrastruttura con e senza interventi di mitigazione temporanea.
- Lo stato post operam, dove l'infrastruttura è classificata come strada extraurbana secondaria (cat. C1), senza interventi di mitigazione;
- L'eventuale scenario post operam mitigato, cioè la situazione con l'infrastruttura di progetto, con l'inserimento di interventi di mitigazione acustica laddove necessari.

Tutti gli scenari di calcolo sono rappresentati in modalità sia numerica, che grafica. Nella prima modalità, i risultati del modello sono riportati in una tabella numerica, in cui si identifica il livello acustico per ogni edificio, evidenziando gli eventuali esuberanti rispetto ai limiti normativi separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno. Nella seconda modalità i risultati del calcolo sono riportati in tavole dove il clima acustico risultante dalla presenza della sorgente stradale è rappresentato tramite curve isofoniche in fasce di ampiezza pari a 5 decibel.

Il software di simulazione ha tenuto conto dell'orografia del terreno e dell'esatto posizionamento piano altimetrico del corpo stradale di progetto, essendo entrambi i dati dedotti da file vettoriali tridimensionali; è stato peraltro tenuto conto delle caratteristiche medie di assorbimento del terreno sulla base del processo di taratura sopra descritto e sono stati inseriti tutti gli edifici presenti considerandone altezza e destinazione d'uso, nonché i possibili elementi interposti fisicamente tra la sorgente di rumore e gli edifici ricettori.

Ai fini del presente progetto è stato considerato il grafo che coinvolge le infrastrutture stradali presenti sul territorio in oggetto, considerando sia la situazione attuale che gli scenari futuri nel 2028 e nel 2038.

2.2 SCENARIO ANTE OPERAM

2.2.1 I dati di traffico di esercizio Ante Operam

In questa fase sono stati utilizzati i flussi di traffico relativi al 2018 insistenti sulle infrastrutture attuali e ricavati dal grafo stradale in considerazione dell'attuale situazione legata all'emergenza sanitaria che ha gravemente colpito il Paese, e che, a seguito del DPCM 9 marzo 2020, con la sospensione dell'attività didattica e lavorativa, ha comportato una drastica riduzione degli spostamenti sul territorio. Partendo dal

TGM è stato possibile ricavare i dati di traffico, per ogni comune attraversato dalla S.S. 115, implementati nel programma di calcolo per la valutazione del clima acustico Ante Operam.

È stato analizzato lo scenario ante operam individuando sui 1100 ricettori censiti, nei comuni di riferimento, il livello di pressione sonora, considerando quale sorgente stradale contribuisce maggiormente sul clima acustico sugli stessi ricettori di progetto allo stato attuale, che sono oggetto di verifica della condizione di concorsualità con le viabilità locali principali.

I risultati della simulazione mostrano un clima acustico Ante Operam caratterizzato da superamenti in facciata per i ricettori sensibili ad uso ospedaliero soprattutto nel periodo notturno rispetto al diurno, mentre per i ricettori residenziali si riscontrano superamenti in facciata su alcuni edifici sia per il periodo diurno, sia per il periodo notturno. Questi superamenti sono dovuti alla posizione delle infrastrutture attuali, che, attraversano l'abitato di Marsala.

Per lo scenario ante operam sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 4 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), dalla codifica T00IA45AMBCT04A alla codifica T00IA45AMBCT05A.

2.3 SCENARIO OPZIONE ZERO

In questo scenario sono stati utilizzati i flussi di traffico relativi all'anno 2038, insistenti sulle infrastrutture attuali e ricavati dal grafo stradale. Analogamente allo scenario Ante Operam, partendo dal TGM è stato possibile ricavare i dati di traffico, per ogni comune attraversato dalla S.S. 115, implementati nel programma di calcolo per la valutazione del clima acustico nell'opzione zero.

È stato analizzato lo scenario relativo all'opzione zero, individuando sui 1100 ricettori censiti, nei comuni di riferimento, il livello di pressione sonora, considerando quale sorgente stradale contribuisce maggiormente sul clima acustico sugli stessi ricettori di progetto allo stato attuale, che sono oggetto di verifica della condizione di concorsualità con le viabilità locali principali.

I risultati della simulazione mostrano un clima acustico per l'opzione zero caratterizzato da superamenti in facciata per i ricettori sensibili ad uso ospedaliero soprattutto nel periodo notturno rispetto al diurno, mentre per i ricettori residenziali si riscontrano superamenti in facciata su alcuni edifici sia per il periodo diurno, sia per il periodo notturno. Questi superamenti sono dovuti alla posizione delle infrastrutture attuali, che, attraversano l'abitato di Marsala.

Per lo scenario relativo all'opzione zero sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 4 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), dalla codifica T00IA45AMBCT18A alla codifica T00IA45AMBCT19A.

2.4 SCENARIO POST OPERAM

Nel caso di analisi della situazione post operam e post mitigazione, le soglie normative sono in riferimento alle fasce di pertinenza acustica dell'opera di progetto tenendo conto dell'eventuale presenza di infrastrutture concorsuali.

Le soglie normative a cui fare riferimento per la stima di esposizione acustica dei ricettori e per l'eventuale predisposizione di interventi di mitigazione qualora tale esposizione sia eccessiva, riguardano le fasce di pertinenza acustica dell'opera di progetto tenendo conto dell'eventuale presenza di infrastrutture concorsuali.

Il dettaglio dei flussi, che riguarda la distinzione in veicoli leggeri, veicoli pesanti per l'infrastruttura S.S.115 in esame è riportato nel seguito.

Anno 2038 – Scenario post operam S.S. 115					
PK		TGM Giornaliero		Velocità medie (km/h)	
Inizio	Fine	Veicoli Totali	% V. Pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti
0+000	1+350	10.512	4%	90	70
1+350	1+475	10.056	4%	90	70
1+475	1+510	13.601	4%	90	70
1+510	1+625	13.511	4%	90	70
1+625	7+180	16.768	3%	90	70
7+180	16+668	15.010	2%	90	70

Tabella 18 – Sintesi dei flussi veicolari nello scenario attuale.

Nello specifico l'opera in progetto è definita dal DPR 30 marzo 2004 n 142 (All.1 - Tabella 1) come strada di categoria C1- "Strada Extraurbana secondaria" con fasce di pertinenza acustica che complessivamente hanno ampiezza 250 metri dal ciglio, per lato. I limiti acustici sono i seguenti:

- A prescindere dalla fascia, 50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per ricettori sensibili quali, scuole, ospedali, case di cura;
- 65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori considerando un'ampiezza della fascia di pertinenza unica pari a 250 metri per lato.

Nel caso di sovrapposizione di fasce di pertinenza acustica di altre infrastrutture stradali, è stata verificata la condizione di concorsualità, come indicata nel DMA 29/11/2000, attraverso la stima delle emissioni dei singoli archi viari in ragione del flusso veicolare che insiste su di essi.

Nel caso in cui, oltre all'opera di progetto siano presenti ulteriori infrastrutture, non sottoposte a simulazioni, i limiti imposti alla strada vengono ridotti di una quantità Δ Leq ottenuta in base alla seguente equazione:

$$10\log_{10}\left(10^{\frac{L_1 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2 - \Delta Leq}{10}}\right) = \max(L_1, L_2) \quad [1]$$

con L1 ed L2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente. In questo modo i due assi infrastrutturali rispettano dei limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo consentito per ogni singolo ricettore. Tale formula fa sì che, nel caso in cui L1 ed L2 siano diversi, si applichi, ai due limiti, un'uguale riduzione percentuale, di modo che non venga penalizzata l'infrastruttura cui compete un limite acustico inferiore. I limiti applicabili sono ottenuti sottraendo ai limiti imposti alla sola strada, il Δ Leq ottenuto in base all'equazione precedentemente riportata. Tale Δ Leq, e di conseguenza i limiti, variano in funzione delle diverse modalità di sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle due infrastrutture. Di seguito sono riportati i diversi scenari che descrivono le possibili interazioni fra le infrastrutture presenti.

Scenario A – Presenza della sola infrastruttura principale

Nel caso che nell'area non siano presenti ulteriori infrastrutture concorsuali si applicano i seguenti limiti al rumore emesso dalla sola infrastruttura di progetto:

Tratto	Fascia	Leq diurno	Leq notturno
Realizzazione strada ex novo	Unica (0 m-250 m)	65,0 dB(A)	55,0 dB(A)

Tabella 19 – Valori limite in dB(A) in base a DPR 142/2004.

Scenario B – Presenza della strada e di un'ulteriore infrastruttura

Nel caso in cui, oltre alla infrastruttura principale, sia presente un'ulteriore infrastruttura non oggetto di verifica delle emissioni ai fini normativi, i limiti imposti all'infrastruttura di progetto vengono ridotti. Nelle zone in cui le rispettive fasce si sovrappongono, i limiti da rispettare sono inferiori a quelli che andrebbero rispettati nel caso in cui le due infrastrutture fossero considerate singolarmente.

Presenza di una Sorgente concorsuale		Infrastruttura principale
		Fascia unica
Infrastruttura secondaria	Fascia A	63,8 dB(A) Leq diurno
		53,8 dB(A) Leq notturno
	Fascia B	62 dB(A) Leq diurno
		52 dB(A) Leq notturno

Tabella 20 – Valori limite in dB(A) in caso di sovrapposizione con fasce di pertinenza di infrastrutture concorsuali

Le infrastrutture considerate concorsuali nel progetto in esame sono le seguenti:

- S.S. 115;
- S.S. 118;
- Ferrovia linea Marsala- Mazara del Vallo;
- S.P. 62.

Per lo scenario Post Operam acustico si è tenuto conto di quanto riportato nel già citato grafo stradale considerando un traffico di progetto al 2038, come scenario di medio-lungo termine.

Con questa impostazione, inserendo nel modello di calcolo i traffici estrapolati da modellazione previsionale al 2038, nei comuni attraversati dall'infrastruttura di progetto dei 1100 ricettori considerati nelle simulazioni, 10 ricettori a destinazione d'uso residenziale e 6 a destinazione d'uso ospedaliero risultano oltre le soglie normative.

Di seguito si riportano i valori di simulazione acustica sui 16 ricettori che risultano fuori limite (F.L.) nello scenario post operam.

N° Ricettore	Comune	Destinazione d'uso	Limiti acustici [dB(A)]		Valori di simulazione [dB(A)]			
			D	N	D	Sup.	N	Sup.
82	Marsala	Residenziale	65,0	55,0	63,8	-	58,5	3,5
88	Marsala	Residenziale	65,0	55,0	62,5	-	57,1	2,1
277	Marsala	Residenziale	62,0	52,0	58,4	-	53,2	1,2
334	Marsala	Ospedale e casa di cura	47,0	37,0	46,6	-	43,0	6,0
352	Marsala	Ospedale e casa di cura	47,0	37,0	45,9	-	42,4	5,4
354	Marsala	Ospedale e casa di cura	47,0	37,0	49,7	2,7	45,9	8,9
366	Marsala	Ospedale e casa di cura	47,0	37,0	45,0	-	42,0	5,0
367	Marsala	Ospedale e casa di cura	47,0	37,0	51,7	4,7	46,5	9,5
368	Marsala	Ospedale e casa di cura	47,0	37,0	47,9	0,9	44,9	7,9
496	Marsala	Residenziale	62,0	52,0	56,0	-	52,4	0,4
622	Mazara del Vallo	Residenziale	65,0	55,0	64,9	-	59,6	4,6
682	Mazara del Vallo	Residenziale	65,0	55,0	60,7	-	55,4	0,4
812	Mazara del Vallo	Residenziale	65,0	55,0	64,4	-	59,9	4,9
878	Mazara del Vallo	Residenziale	65,0	55,0	60,4	-	56,1	1,1
994	Mazara del Vallo	Residenziale	62,0	52,0	57,5	-	53,3	1,3
996	Mazara del Vallo	Residenziale	62,0	52,0	60,4	-	55,6	3,6

Tabella 21 – Sintesi dei valori di simulazione sui ricettori fuori limite nello scenario Post Operam.

I ricettori sopra elencati sono concentrati nell'area abitativa dei comuni di Marsala e Mazara del Vallo, elemento che ha determinato un'analisi puntuale di ogni segmento dell'infrastruttura sul territorio con particolare attenzione alle aree di superamento dei limiti acustici al fine di determinare le migliori soluzioni di mitigazione.

Per questo scenario sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 4 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), a partire dalla codifica T00IA45AMBCT06A fino alla codifica T00IA45AMBCT08A.

Relativamente agli espropri, l'ammmodernamento dell'opera determina il potenziale esproprio di tutto o parte dei seguenti edifici e relative pertinenze:

NUMERO	COMUNE	DESTINAZIONE D'USO	NUMERO DI PIANI
83	Marsala	Altro: ruderi, dismessi, box e depositi	1
267	Marsala	Altro: ruderi, dismessi, box e depositi	1
461	Marsala	Altro: ruderi, dismessi, box e depositi	1
462	Marsala	Altro: ruderi, dismessi, box e depositi	1
524	Marsala	Altro: ruderi, dismessi, box e depositi	1
527	Marsala	Altro: ruderi, dismessi, box e depositi	1

Tabella 22 – Elenco ricettori potenzialmente espropriati.

2.5 SCENARIO POST OPERAM MITIGATO

In linea generale, l'obiettivo è stato quello di portare al di sotto dei limiti normativi in ambito esterno i ricettori che hanno presentato esuberi rispetto allo scenario post operam, effettuando una verifica dei livelli acustici degli edifici per definire in maniera esaustiva il dimensionamento degli interventi.

Nell'ottica di minimizzare gli effetti visivi delle schermature acustiche, il dimensionamento degli interventi è stato previsto solo per le situazioni che ne richiedevano effettiva necessità; inoltre, la tipologia di barriera scelta, come meglio dettagliato nel seguito, è prevista con materiali che coniugano l'efficienza sotto il profilo acustico con la qualità sotto l'aspetto visivo e l'armonizzazione ai caratteri paesaggistico-locali.

Al fine di mitigare il livello acustico presso ricettori residenziali è stato necessario prevedere l'applicazione di schermature acustiche, come di seguito riportato.

2.5.1 INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

Il modello di simulazione è stato applicato su vari scenari per la ricerca dell'ottimo compromesso ai fini di mitigare il clima acustico di progetto.

Le analisi acustiche mediante software di simulazione hanno definito il dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica che riguardano l'installazione di barriere antirumore lungo tutto il percorso stradale studiato.

L'inserimento di barriere acusticamente isolanti lungo il tracciato in esame, ha permesso di ridurre il numero di ricettori impattati.

Le schermature sono previste con modalità di realizzazione integrata in ragione della disposizione rispetto ai dispositivi di ritenuta. Cioè, al fine di scongiurare qualsiasi interazione tra il sistema veicolo/barriera ed eventuali ostacoli non cedibili, come ad esempio una barriera antirumore, è necessario che questi siano collocati oltre ad una distanza minima funzione della tipologia del sistema di ritenuta.

Le barriere antirumore previste avranno altezza pari a 3,0 metri e saranno di tipologia integrata. Le prestazioni acustiche e caratteristiche della barriera integrata prevista sono le seguenti:

- o categoria assorbimento acustico A3

- o categoria isolamento acustico B3
- o materiale: pannelli in acciaio zincati e verniciati.

In riferimento alle tavole di rappresentazione degli interventi, da cod. T00IA45AMBPL01A a cod. T00IA45AMBPL03A, nella tabella seguente si riporta il dettaglio degli interventi progettati con identificativo, lunghezza, altezza e posizione rispetto alla chilometrica stradale.

BARRIERA	INTERVENTO	TIPOLOGICO	LUNGHEZZA	ALTEZZA	PK INIZIO	PK FINE
	ELEMENTARE		(m)	(m)		
BA01-MAR	BA01a-MAR	Integrata	54,0	3	0+92	0+155
BA02-MAR	BA02a-MAR	Integrata	165,0	5	0+386	0+550
BA03-MAR	BA03a-MAR	Integrata	50,0	4	0+500	0+550
BA04-MAR	BA04a-MAR	Integrata	65,0	3	6+096	6+161
BA01-MAZ	BA01a-MAZ	Integrata	90,0	4	13+615	13+705
BA02-MAZ	BA02a-MAZ	Integrata	54,0	4	13+835	13+873
BA03-MAZ	BA03a-MAZ	Integrata	71,0	4	14+978	15+050
BA04-MAZ	BA04a-MAZ	Integrata	75,0	3	15+835	15+872
BA04-MAZ	BA05a-MAZ	Integrata	106,0	4	16+520	16+627

Tabella 23 – Dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica.

Dopo l'inserimento degli interventi di mitigazione acustica, dei 16 edifici che presentavano un livello acustico superiore ai limiti normativi, sono stati mitigati i 10 edifici a destinazione d'uso residenziale. I restanti ricettori a destinazione d'uso sensibile, in particolare ospedale, necessita di ulteriore valutazione acustiche.

Di seguito si riportano i valori di simulazione acustica sui ricettori sensibili oggetto di intervento che non rientrano nei limiti normativi, confrontando i valori risultanti in post mitigazione rispetto allo stato post operam.

N° Ricettore	Comune	Dest. d'uso	Limiti acustici [dB(A)]	Limiti acustici [dB(A)]	Valori di simulazione Post Operam [dB(A)]				Valori di simulazione Post Mitigazione [dB(A)]			
			D	N	D	N	Sup. D	Sup. N	D	N	Sup. D	Sup. N
334	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	46,6	43,0	-	6,0	45,7	42,1	-	5,1
352	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	45,9	42,4	-	5,4	43,5	39,9	-	2,9
354	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	49,7	45,9	2,7	8,9	47,9	44,2	0,9	7,2
366	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	45,0	42,0	-	5,0	45,0	42,0	-	5,0
367	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	51,7	46,5	4,7	9,5	50,3	45,0	3,3	8,0
368	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	47,9	44,9	0,9	7,9	46,9	43,8	-	6,8

Tabella 24 – Sintesi dei valori di simulazione sui ricettori sensibili fuori limite nello scenario post mitigazione.

Gli interventi di mitigazione, in generale, consentono un deciso miglioramento del clima acustico.

In particolare, l'inserimento di barriere antirumore determina una notevole riduzione del livello di rumore in facciata sui ricettori sensibili tra la fase post operam e post mitigazione, come mostrato nella tabella precedente.

Ciò nondimeno permangono situazioni di impatto residuo in facciata che determina la valutazione di interventi diretti.

Per questo scenario sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 4 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), rispettivamente con codifica T00IA45AMBCT20A e T00IA45AMBCT25A.

2.5.2 VALUTAZIONE DEI LIVELLI ALL'INTERNO DEI FABBRICATI

La verifica dell'efficacia acustica degli interventi di mitigazione riguarda anche gli interventi diretti al ricettore. Nella presente progettazione, nonostante l'applicazione di interventi di mitigazione, risulta permanere il superamento in facciata del ricettore a destinazione d'uso sensibile, in particolare, ospedale.

Il D.P.R. n. 142/04 al comma 2 definisce: "2. Qualora i valori limite per le infrastrutture di cui al comma 1, ed i valori limite al di fuori della fascia di pertinenza, stabiliti nella tabella C del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

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

Inoltre, al comma 3 dello stesso decreto indica che questi valori devono essere valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento."

Sulla base di misure analoghe si stima che l'isolamento acustico di facciata minimo sia pari a 20,0 dB per un generico edificio con basse prestazioni acustiche.

Di conseguenza, considerando un abbattimento tra esterno e interno edificio pari a 20,0 dB, dal confronto con il valore residuo del risultato della simulazione sulla facciata del ricettore rispetto al limite acustico interno secondo il D.P.R. n. 142/04, è possibile stimare o meno la necessità di ulteriori indagini per la realizzazione di interventi diretti sui ricettori.

Di conseguenza, per il ricettore con impatto residuo si ha:

N° Ricettore	Dest. d'uso	Valore di simulazione Diurno [dB(A)]	Valore di simulazione Notturno [dB(A)]	Isol. acustico facciata	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Diurno[dB(A)]	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Notturno[dB(A)]	Valore Limite interno	Interv. diretto
				[dB(A)]			D.P.R. n. 142/04	
							[dB(A)]	
334	Ospedale e casa di	45,7	42,1	20	25,7	22,1	35	NO

N° Ricettore	Dest. d'uso	Valore di simulazione Diurno [dB(A)]	Valore di simulazione Notturno [dB(A)]	Isol. acustico facciata	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Diurno[dB(A)]	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Notturno[dB(A)]	Valore Limite interno	Interv. diretto
				[dB(A)]			D.P.R. n. 142/04 [dB(A)]	
	cura							
352	Ospedale e casa di cura	43,5	39,9	20	23,5	19,9	35	NO
354	Ospedale e casa di cura	47,9	44,2	20	27,9	22,2	35	NO
366	Ospedale e casa di cura	45,0	42,0	20	25,0	22,0	35	NO
367	Ospedale e casa di cura	50,3	45,0	20	30,3	25,0	35	NO
368	Ospedale e casa di cura	46,9	43,8	20	26,9	23,8	35	NO

Tabella 25 – Valutazione intervento diretto ricettori sensibili fuori limite.

Come riportato nella precedente tabella, emerge che il ricettore che presenta un impatto residuo in facciata, non necessita di ulteriori interventi di mitigazione.

Sarà comunque necessario prevedere di eseguire, con l'insediamento di progetto in esercizio, misure acustiche all'interno dell'edificio a finestre chiuse, per la valutazione di eventuali interventi di mitigazione diretta sul recettore che risultano oltre i limiti previsti in facciata.

Infatti, come indicato all'Articolo 6 "Interventi per il rispetto dei limiti" comma 4 del sopra citato D.P.R. n. 142/04: "per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica [...], devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico".

Nelle criticità riscontrate si ritiene che il rispetto dei limiti tramite ulteriori interventi sulla sorgente e lungo la via di propagazione, considerando anche la conformazione del territorio, non sia tecnicamente conseguibile/economicamente ragionevole.

3 CANTIERIZZAZIONE

3.1 PREMESSA

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di cantieri fissi, posizionati lungo il tracciato, che si distinguono in:

- Cantieri Base;
- Aree tecniche.

Ai fini di valutare le interferenze acustiche generate per la realizzazione del progetto in oggetto nella fase di corso d'opera, sono stati considerati anche i cantieri lungo linea adibiti per le realizzazioni dei rilevati/trincee e per le opere d'arte.

Pertanto, nel presente studio acustico, saranno analizzati anche i cantieri lungo linea distinti in:

- Cantieri Lungo linea per galleria;
- Cantieri Lungo linea per viadotti;
- Cantieri Lungo linea per rilevato/trincea.

L'analisi acustica è stata rappresentata mediante una modellazione matematica con il medesimo software di simulazione utilizzato per le fasi di esercizio, Cadna.A, che al suo interno è dotato di un ampio database di sorgenti specifiche di cantiere, comunque implementabile.

Per ogni categoria di cantiere, al fine di individuare le situazioni rappresentative da modellare attraverso il codice di calcolo, si sono assegnate le fasi di lavorazioni previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della giornata e l'eventuale contemporaneità tra più di essi.

Per quanto riguarda i cantieri fissi sono stati simulate tutte le aree di lavorazione mentre, per i cantieri lungo linea, sono state scelte le aree più rappresentative verificando le distanze oltre le quali la rumorosità emessa può ritenersi trascurabile.

Dalle dette simulazioni sono stati individuati gli eventuali ricettori fuori limite e, successivamente, si sono dimensionati gli interventi di mitigazione acustica necessari sulle aree di cantiere.

3.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le attività oggetto di analisi riguardano sostanzialmente due categorie: lavorazioni di cantiere stradale e movimentazione di materiale e lavorazioni nelle aree di cantiere fisse.

Entrambe le categorie di lavori si riferiscono ad aree localizzate e/o a assi infrastrutturali su cui transitano mezzi stradali. Anche se la rete infrastrutturale utilizzata è prevalentemente quella esistente, le caratteristiche di flusso, in termini di numero di mezzi e di velocità di transito, sono tali da richiamare i riferimenti normativi "locali" piuttosto che quelli di interesse nazionale prima citati su "strade" (DPR n. 142 del 30/3/2004 "Rumore prodotto da infrastrutture stradali").

Questa considerazione assume maggiore consistenza in ragione della temporaneità delle attività in essere, caratteristica che può essere regolamentata dall'art. 4, comma 1, lettera g) e dall'art. 6, comma 1, lettera h) della legge quadro sull'inquinamento acustico n.447/26 ottobre 1995.

A questo proposito, i valori di esposizione massima al rumore della popolazione sono normati sulla base della pianificazione acustica comunale in ottemperanza alla citata Legge Quadro 447/1995.

Ogni Amministrazione comunale interessata, cioè, redige la Zonizzazione Acustica del proprio territorio in cui si individuano porzioni di territorio acusticamente omogenee e a cui corrispondono determinati valori di riferimento. Il territorio risulta quindi suddiviso in sei tipologie di sensibilità acustica in ragione del suo uso prevalente: dalla classe 1, la più sensibile, utilizzata per ricettori e aree in cui la quiete sonora è prioritaria (scuole, ospedali, ecc.), alla classe 6, utilizzata per ricettori e aree esclusivamente industriali e produttive in cui sono generalmente presenti all'interno più sorgenti di rumore. Tra queste due categorie sono presenti le classi dalla 2 alla 5 che rappresentano aree di tutela dal rumore intermedie in ragione di alcuni parametri di caratterizzazione del livello di "attività umana", quali, la densità abitativa, la presenza di attività artigianali e/o industriali, la presenza e il tipo di infrastrutture di trasporto, ecc.

In riferimento a queste classi acustiche comunali sono definiti dei limiti acustici, come indicati nel DPCM 14/11/1997, distinti in Valori limite di emissione (art. 2), Valori limite assoluti di immissione (art. 3), Valori limite differenziali di immissione (art. 4), Valori di attenzione (art. 6), Valori di qualità (art.7).

Inoltre, ai sensi dell'art. 1 comma 4 del D.P.C.M. 01/03/1991, le attività temporanee, quali cantieri edili, qualora comportino l'impiego di macchinari ed impianti rumorosi (che possono superare il limite sopra citato), debbono essere autorizzate anche in deroga ai limiti del presente decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, dal sindaco, il quale stabilisce le opportune prescrizioni per limitare l'inquinamento acustico sentita la competente USL.

In generale, le attività di cantiere possono operare nel rispetto del limite diurno (periodo di funzionamento dei cantieri) pari a 70,0 dB(A).

3.3 IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

L'analisi acustica degli aspetti di cantiere viene rappresentata mediante il software di simulazione sulla base di un input progettuale dedotto dagli elaborati tecnici di cantierizzazione, cioè:

- localizzazione delle diverse aree di cantiere, distinguendo i cantieri fissi dai cantieri lungo linea;
- caratterizzazione delle differenti tipologie e numero dei macchinari ed attività previste;
- caratterizzazione delle sorgenti sonore per ogni tipologia di lavorazione;
- assegnazione della durata giornaliera delle attività e della percentuale di utilizzo (CU) dei singoli macchinari utilizzati;
- calcolo della potenza sonora $L_w(A)$ associata a ciascun cantiere;
- verifica dei parametri normativi del caso;
- previsione di interventi di mitigazione laddove risultato necessario.

Le macchine di cantiere sono state considerate come sorgenti puntiformi a cui è stata assegnata una determinata potenza sonora e una quota sul piano campagna, che rappresenta la quota di emissione. La caratterizzazione acustica dei macchinari viene estrapolata da misure dirette sui macchinari e/o dal database interno del modello di simulazione e/o da fonti documentali pubbliche. A questo proposito in particolare si

fa riferimento alla caratterizzazione delle sorgenti di cantiere del C.P.T. Il C.P.T. (Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia) è un ente senza scopo di lucro, costituito nel 1970 con accordo tra il Collegio dei Costruttori Edili (ANCE) della provincia di Torino, le associazioni artigiane di categoria (CNA-Costruzioni, CASA e Unione Artigiana) e le organizzazioni sindacali dei lavoratori edili (FeNeAL-UIL, FILCA-CISL, FILLEA-CGIL). Il C.P.T. mette a disposizione per bande di ottava dati di "Pressione sonora" e/o "Potenza acustica" di un congruo numero di macchinari di cantiere, suddivisi per tipologia e/o marca e/o modello specifico.

Sulla base della rappresentazione delle varie tipologie di cantiere, l'analisi delle interferenze di tipo acustico viene condotta relativamente alle fasi di maggiore emissione rumorosa estendendone i risultati all'intero ciclo lavorativo. Con tale approccio si è voluto rappresentare una condizione sicuramente cautelativa per i ricettori, demandando alle successive fasi di progettazione il dettaglio maggiore che ad esse compete.

In ragione della tipologia di sorgenti acustiche di progetto, la stima delle eventuali interferenze sugli edifici prossimi alle aree di attività viene effettuata, come detto, in funzione dei limiti acustici dedotti dalla classificazione acustica comunale, se presente. Sono infine state effettuate le simulazioni acustiche del caso, sia simulando le attività presenti all'interno dei cantieri fissi presenti lungo il tracciato sia simulando le attività realizzative dell'opera che si localizzano nei cantieri lungo linea.

Nel seguente paragrafo si riportano le analisi acustiche effettuate per ciascuna tipologia di sorgente sonora individuata.

3.4 DATI DI INPUT: ANALISI DELLE SORGENTI SONORE

Come riportato in premessa, per lo studio acustico redatto per fase di cantiere, sono stati considerati i cantieri fissi e i cantieri lungo linea.

Per la realizzazione delle opere di progetto, sono state previste le aree di cantiere che vengono di seguito indicate, distribuite lungo il tracciato in modo che ci sia:

- un unico cantiere base;
- 1 cantiere operativo;
- 2 aree tecniche per opere maggiori;
- 3 aree tecniche per gli svincoli;
- 7 aree tecniche per i cavalcavia;
- 3 area di deposito temporaneo.

Il cantiere base e l'area stoccaggio sono cantieri che insistono sul territorio per l'intera durata dei lavori del singolo tronco di lavorazione. Questi sono cantieri dove si hanno grandi movimentazioni di materiali e mezzi che afferiscono all'intero tronco e in cui è in generale presente anche l'officina per la riparazione di mezzi e per la prefabbricazione.

Le aree tecniche, invece, sono aree operative a servizio delle opere d'arte che sono realizzate nel fronte avanzamento lavori (F.A.L.).

Nel dettaglio, in riferimento ai dati forniti dalla cantierizzazione, nel seguito si riporta l'elenco delle aree di cantiere fisse adibite per la realizzazione del progetto.

ID	TIPO	AREA (mq)
AT-GA01	Area tecnica	3.400
CO-01	Cantiere operativo	21.000
DEP-01	Area di deposito temporaneo	33.500
AT-CV01	Area tecnica	800
AT-SV01	Area tecnica	19.000
AT-CV02	Area tecnica	600
AT01-VI01	Area tecnica	3.500
AT-CV03	Area tecnica	600
DEP03	Area di deposito temporaneo	38.300
AT-SV02	Area tecnica	38.300
AT-CV04	Area tecnica	600
CB01	Cantiere base	112.700
AT-SV03	Area tecnica	12.000
AT-CV05	Area tecnica	700
DEP02	Area di deposito temporaneo	19.000
AT-CV06	Area tecnica	600
AT04	Area tecnica	11.300
AT-CV07	Area Tecnica	600

Tabella 26 – Descrizione cantieri previsti

Per quanto riguarda tutti i cantieri, in ragione della permanenza più o meno continuativa sul territorio e delle emissioni acustiche prodotte al loro interno, rispetto ai cantieri lungo linea, si è preferito fornire una rappresentazione puntuale sul territorio mediante simulazioni acustiche su tutte le aree e su tutti i ricettori direttamente interessati dal fenomeno.

Per tutte le lavorazioni Lungo linea, invece, tenendo conto del ridotto periodo temporale di attività e, quindi, della minore criticità che può essere indotta sul territorio, sono state predisposte delle analisi acustiche seguendo un modello tipologico; sono state effettuate cioè delle simulazioni acustiche rappresentative della modalità di propagazione dei livelli sonori sul territorio verificando le distanze oltre le quali la rumorosità emessa può ritenersi trascurabile.

Per i cantieri lungo linea, quindi, sono state oggetto di simulazione le attività correlate alle principali lavorazioni del caso, localizzandole nelle tratte di maggiore presenza di ricettori; sono state stimate quindi le potenze sonore correlate alle attività costruttive delle seguenti tipologie di opera:

- lavorazioni per viadotto/cavalcavia;
- lavorazioni per rilevato/trincea;
- lavorazioni per galleria.

Su ogni cantiere e/o area operativa è stato identificato un database di macchinari appartenenti alle seguenti tipologie da utilizzare all'interno delle simulazioni acustiche:

- autocarro;
- escavatore;

- pala meccanica;
- rullo compressore;
- macchina per pali, trivelle;
- Bulldozer;
- Autobetoniere;
- Gru;
- officina.

In riferimento alla relazione di cantierizzazione e delle potenze acustiche dei singoli macchinari dedotti, come detto, da fonti documentali pubbliche, nonché tenendo conto che la giornata lavorativa fa riferimento al solo periodo diurno, il tipo di macchina operatrice considerata e la localizzazione delle potenze sonore dei cantieri sono riportate nelle seguenti tabelle.

CANTIERI FISSI

Cantiere Base e Aree tecniche			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Movimentazione materiali	1	0,50	100,7
Autocarro	4	0,10	99,4
Officina	1	0,30	100,5
Totale mezzi	5		
LwA diurno			105,0

Aree di stoccaggio			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Autocarro	1	0,30	98,1
Pala meccanica	1	0,30	98,6
Movimentazione materiali	1	0,30	98,5
Totale mezzi	3		
LwA diurno			103,2

CANTIERI LUNGO LINEA

Galleria			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Gru	1	0,20	91,9
Autocarro	1	0,25	97,3
Autobetoniera	1	0,30	106,7
Getto cls	1	0,30	80,0
Macchina per pali	1	0,50	106,7
Escavatore	1	0,15	96,0

Galleria			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Totale mezzi	6		
LwA diurno			110,2

Viadotto/cavalcavia			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Gru	1	0,30	93,6
Autocarro	1	0,25	97,3
Autobetoniera	1	0,30	106,7
Getto cls	1	0,30	80,0
Macchina per pali	1	0,25	103,7
Escavatore	1	0,30	99,0
Totale mezzi	6		
LwA diurno			109,3

Rilevato/trincea			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Autocarro	1	0,35	98,8
Escavatore	1	0,30	99,0
Rullo compressore	1	0,20	95,5
Bulldozer	1	0,20	100,1
Totale	4		
LwA diurno			104,7

Le potenze sonore mostrate nel presente paragrafo sono quindi state implementate all'interno del modello di simulazione, localizzandole nelle opportune zone di lavorazione. Nel seguente paragrafo si riportano gli output del modello con le opportune valutazioni del caso.

3.5 Dati di output delle simulazioni modellistiche

Le simulazioni hanno restituito i livelli di rumore sia in formato numerico che mediante curve di isofoniche, entrambi strumenti di valutazione con le quali è stato possibile dimensionare in maniera opportuna, laddove necessario, gli interventi di mitigazione di cantiere.

Di seguito si illustrano gli output del modello di simulazione sia per i cantieri fissi, che per i cantieri lungo linea. Negli elaborati da cod. T00IA45AMBCT12A a cod. T00IA45AMBCT17A, inoltre, vengono riportate le curve isofoniche restituite dal modello.

3.5.1 CANTIERI FISSI

Per quanto riguarda i cantieri fissi, si sono effettuate le simulazioni modellistiche per le 24 aree localizzate lungo il tracciato (23 aree tecniche e 1 cantiere base).

Dalle simulazioni effettuate, rispetto a tutti i ricettori presenti nel tracciato, nessun ricettore risulta fuori limite rispetto ai valori di emissione considerati.

Per tutti i cantieri fissi sarà comunque necessario prevedere delle azioni di buona gestione dei cantieri in modo da ridurre al massimo l'impatto sul territorio ad opera delle lavorazioni indagate.

3.5.2 CANTIERI LUNGO LINEA

Per quanto riguarda i cantieri lungo linea, sono stati analizzati i valori di output numerici restituiti dal modello a diverse distanze dalle aree di lavorazione. Per ogni tipologia di lavorazione, quindi, costituita dalle attività costruttive lungo il tracciato, si riportano di seguito gli output numerici restituiti dal modello alle diverse distanze.

Le attività simulate produrranno quindi sui ricettori limitrofi i seguenti livelli di rumore stimati come valore medio dei vari cantieri lungo linea in funzione alla distanza dalle aree di lavorazione:

Distanza dal cantiere	Impatto acustico per tipologia di lavorazione – Valori in dB(A)		
	Galleria artificiale	Viadotto	Rilevato/trincea
10 m	67,9	62,4	60,4
20 m	65,4	61	58,6
30 m	63,1	58,1	55,4
40 m	59,7	56,2	52,7
50 m	56,5	53,9	51,6
60 m	53,8	51,4	50,4

Da quanto riportato, per le suddette tipologie di lavorazione si evidenzia che, ogni qual volta le lavorazioni saranno eseguite in un tratto di infrastruttura che presenta dei ricettori a distanza ravvicinata, sarà opportuno valutare l'installazione di barriere mobili di cantiere. La lavorazione maggiormente invasiva sul clima acustico risulta essere la realizzazione della galleria, per la quale si prevede l'installazione di barriere provvisorie ogni volta che si presentino ricettori ad una distanza inferiore di circa 10 metri. Situazione che non si riscontra nel progetto in esame.

Tutto quanto sopra indicato fermo restando che, ogni qual volta le lavorazioni saranno eseguite in un tratto di infrastruttura che presenta dei ricettori a distanza ravvicinata, sarà opportuno valutare, oltre all'applicazione delle buone pratiche di cantiere, l'adozione di tutte le mitigazioni necessarie. Sulla base della normativa in materia rumore, della cantierizzazione (aree utilizzate, orari di lavoro, etc.) e delle macchine e attrezzature effettivamente utilizzate durante le lavorazioni, l'Appaltatore valuterà per ogni specifica area di lavorazione l'eventuale necessità installazione di barriere mobili di cantiere.

Si rimanda alle ulteriori valutazioni di progetto e monitoraggio per eventuali approfondimenti puntuali.

3.6 PREVENZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

In linea generale, in fase di cantierizzazione sarà necessario ricercare e mettere in atto tutti i possibili accorgimenti tecnico organizzativi e/o interventi volti a rendere il clima acustico inferiore ai valori massimi indicati nella normativa tecnica nazionale e regionale. Nel caso tale condizione non fosse comunque raggiungibile, l'appaltatore dovrà effettuare delle valutazioni di dettaglio e, laddove necessario, richiedere al Comune una deroga ai valori limite, ai sensi della Legge 447/95.

Nel presente paragrafo vengono quindi indicate le opere di mitigazione del rumore proponibili, nonché i provvedimenti tecnici atti a contenere il rumore nelle diverse situazioni riscontrabili all'interno delle aree di lavorazione.

Gli interventi antirumore in fase di cantiere possono essere ricondotti a due categorie:

- interventi "attivi", finalizzati a ridurre alla fonte le emissioni di rumore;
- interventi "passivi", finalizzati a intervenire sulla propagazione del rumore nell'ambiente esterno.

In termini generali, considerando che si pone il problema e la necessità di rispettare la normativa nazionale sui limiti di esposizione dei lavoratori (DL 81 del 09.04.2008 e s.m.i.), è certamente preferibile adottare idonee soluzioni tecniche e gestionali in grado di limitare la rumorosità delle macchine e dei cicli di lavorazione, piuttosto che intervenire a difesa dei ricettori adiacenti alle aree di cantiere. È necessario dunque garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, è importante effettuare una verifica puntuale su ricettori critici mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo, quando possibile, sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

Vengono nel seguito riassunte le azioni finalizzate a limitare a monte il carico di rumore nelle aree di cantiere:

- **Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali**
 - Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali.
 - Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate.
 - Installazione, in particolare sulle macchine di elevata potenza, di silenziatori sugli scarichi.
 - Utilizzo di impianti fissi schermati.
 - Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.
- **Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature**

- Manutenzione generale dei mezzi e dei macchinari mediante lubrificazione delle parti, serraggio delle giunzioni, sostituzione dei pezzi usurati, bilanciatura delle parti rotanti, controllo delle guarnizioni delle parti metalliche, ecc.
 - Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.
- **Modalità operazionali e predisposizione del cantiere**
 - Orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale in posizione di minima interferenza (ad esempio i ventilatori).
 - Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici o dalle aree più densamente abitate.
 - Utilizzazione di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione di vibrazioni al piano di calpestio.
 - Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6:00-8:00 e 20:00-22:00).
 - Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.

3.7 MITIGAZIONI IN FASE DI CANTIERE

Per le tipologie di cantiere fisse, previste per la realizzazione dell'opera in oggetto, non risulta necessario inserire interventi di mitigazione fissi né mobili. Infatti, dalle isofoniche ottenute dalle simulazioni descritte precedentemente si nota che per nessun ricettore residenziale si verifica il superamento del limite normativo pari a 70,0 dB.

Per quanto riguarda i cantieri lungo linea per la realizzazione del corpo stradale, al fine di mitigare eventuali ricettori risultanti fuori limite nella fase di corso d'opera, si dovrà prevedere l'installazione, intorno all'area occupata dai macchinari, di un sistema di barriere mobili di altezza tra i 2 e i 3 metri in presenza di ricettori a distanza inferiore di 10 m dal cantiere stesso.

Nell'immagine seguente si riporta un'immagine della Barriera mobile "tipo" utilizzata nello studio in oggetto.

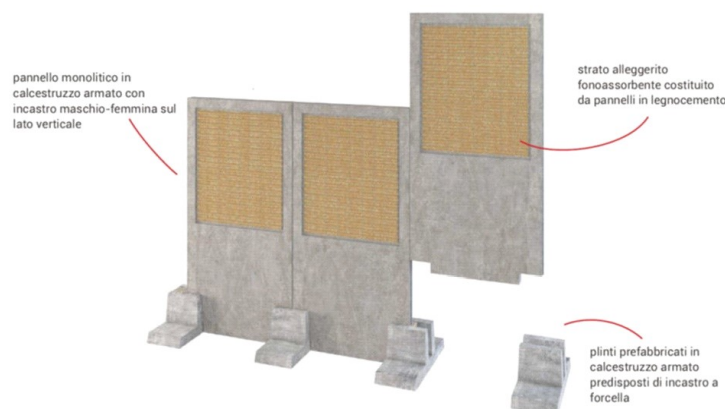


Figura 3-1 Esempio di Barriera mobile "tipo"

È importante osservare come, se durante il monitoraggio, si dovesse riscontrare eventuale superamento del limite, per il dimensionamento della lunghezza delle barriere lungo linea si dovrà necessariamente tener conto dell'evoluzione delle attività di cantiere e in particolare della velocità del Fronte Avanzamento Lavori (FAL).