



Società Autostrada Tirrenica p.A.
GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 2

TRATTO: SAN PIETRO IN PALAZZI – SCARLINO

PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006


DOCUMENTAZIONE GENERALE

STUDIO ACUSTICO

RELAZIONE GENERALE

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Ferruccio Bucalo Ord. Ingg. Genova N. 4940 RESPONSABILE UFFICIO MAM-SUA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO				DATA: FEBBRAIO 2011		REVISIONE	
DIRETTORIO		FILE					
codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo			n.	data
12121201	SUA	300	--	SCALA:			

 ingegneria europea	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Ferruccio Bucalo O. I. Genova N. 4940

RESPONSABILE DI COMMESSA Ing. Michele Parrella Ord. Ingg. Avellino N. 933 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	---	--

INDICE

1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
2.1 LIVELLO NAZIONALE	3
2.2 NORMATIVA REGIONALE	10
3. CLASSIFICAZIONI ACUSTICHE COMUNALI	10
4. VALORI LIMITE PER IL CASO IN STUDIO	12
5. CARATTERIZZAZIONE DEI RICETTORI	15
6. IL MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA	16
6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO	16
6.2 INDAGINI FONOMETRICHE E TARATURA DEL CODICE DI CALCOLO	19
6.2.1 <i>Premessa</i>	19
6.2.2 <i>Strumentazione utilizzata</i>	20
6.2.3 <i>Tipologie di misura</i>	21
6.2.4 <i>Descrizione delle postazioni di indagine</i>	22
6.2.5 <i>Risultati delle indagini</i>	23
6.2.6 <i>Conclusioni</i>	27
6.3 I DATI DI TRAFFICO DI ESERCIZIO	30
7. ANALISI ACUSTICA	31
7.1 ASPETTI GENERALI	31
7.2 SITUAZIONE POST OPERAM	31
7.3 SITUAZIONE POST MITIGAZIONE	32
8. CANTIERIZZAZIONE	36
8.1 PREMESSA	36
8.2 ANALISI DELLE POSSIBILI FONTI DI INQUINAMENTO	37
8.3 INDIVIDUAZIONE DEI LIVELLI ACUSTICI PRODOTTI	39
8.4 ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	48
8.5 INTERVENTI DI MITIGAZIONE PER I CANTIERI: CRITERI GENERALI	52

1. PREMESSA

Lo studio acustico di accompagnamento al Progetto Definitivo presentato in questo documento ha l'obiettivo di aggiornare e integrare i contenuti dello Studio di Impatto Ambientale (e relative Integrazioni) del progetto del Lotto 2 dell'Autostrada A12 "Rosignano-Civitavecchia".

Oggetto della presente relazione è la fase di esercizio e la fase di cantiere del tratto autostradale compreso tra S. Pietro in Palazzi e Scarlino.

Lo studio è stato svolto in accordo con le indicazioni tecnico normative vigenti e in ottemperanza alle specifiche prescrizioni contenute nella Delibera CIPE 16/2008 pubblicata sulla G.U. del 14/5/2009, con la quale è stato approvato il Progetto Preliminare e lo Studio di Impatto Ambientale del progetto dell'autostrada A12.

Il presente studio tiene conto degli elaborati già presentati in sede di Studio di Impatto Ambientale ed, in particolare, quelli relativi al censimento dei ricettori e alla documentazione inerente i Piani di classificazione acustica comunale.

Si sottolinea comunque che tali elaborati sono stati verificati ed aggiornati puntualmente laddove si sono riscontrate delle mancate corrispondenze con le reali condizioni del territorio.

Il presente lavoro è costituito dai seguenti elaborati:

- *Elaborati di testo:*
 - Relazione generale;
 - Output del modello di simulazione;
 - Report indagini fonometriche.
- *Elaborati grafici:*
 - Carta dei ricettori acustici;
 - Carta degli interventi di mitigazione.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Livello nazionale

I principali riferimenti normativi 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 1, 2 e 4**), 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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>Aree prevalentemente industriali</p> <p>Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.</p>
<p>CLASSE VI</p> <p>Aree esclusivamente industriali</p> <p>Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.</p>

Tabella 1 - Definizione delle classi di zonizzazione acustica del territorio.

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00÷22:00	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 2 - Limiti di immissione di rumore per Comuni con Piano Regolatore.

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00÷22:00	NOTTURNO 22:00÷6:00
Zona esclusivamente industriale	70	70
Tutto il resto del territorio	70	60

Tabella 3 - Limiti di immissione di rumore per Comuni senza Piano Regolatore.

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00÷22:00	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 4 - 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 in **Tabella 5**, 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 6**, 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 5 - 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 6 - 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 61260/19995 (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 pseudocasualità, 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.

Le 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.

DPR 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, facenti parte dell'Allegato 1 al DPR e di seguito riportate.

In particolare l'infrastruttura oggetto di studio ricade nella classe A della tabella relativa alle strade esistenti o assimilabili, nella quale sono evidenziate le righe d'interesse.

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 7

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

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)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]
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 8

2.2 Normativa regionale

- L. R. 1 dicembre 1998, n. 89 "Norme in materia di inquinamento acustico" (B.U.R.T. n. 42 del 10/12/1998).
- Legge Regionale n. 67 del 29-11-2004: Modifiche alla legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico). (B.U.R.T. n. 48 del 3 dicembre 2004).

3. CLASSIFICAZIONI ACUSTICHE COMUNALI

È stato verificato l'aggiornamento dei documenti di zonizzazione acustica comunale nei territori attraversati o comunque interferiti dal progetto in studio. In particolare, gli ambiti comunali interessati sono undici, sei ricadenti nella provincia di Livorno, tre ricadenti nella provincia di Grosseto e uno nella provincia di Pisa:

- Rosignano (PI)
- Cecina (LI)
- Bibbona (LI)
- Castagneto C. (LI)
- San Vincenzo (LI)
- Campiglia Marittima (LI)

- Piombino (LI)
- Follonica (GR)
- Scarlino (GR)

La gran parte del territorio in esame rientra nella classificazione acustica come classe III.

Gli ambiti territoriali ai margini dell'autostrada A12 rientrano prevalentemente in classe IV per fasce di 125 metri dal ciglio stradale, soprattutto in presenza di zone urbane, mentre le zone ad uso prevalentemente agricolo sono caratterizzate da margini stradali non inferiori ai 150 metri che rientrano in classe III.

Sono presenti piccole porzioni di territorio caratterizzate da classificazione in classe V, in particolare a nord di Donoratico, presso la Località Osteria Vecchia, e da classificazione in classe VI presso la zona industriale di Cecina, e presso la località Campo alla Croce (Campiglia Marittima).

Il lotto 2 è caratterizzato anche da aree che rientrano in classe II, in particolare troviamo la zona a Cecina denominata Villa dei Medici, la zona di San Guido (Castagneto Carducci), lungo il litorale di Donoratico, ed infine la zona del Parco di Montioni.

Le aree che rientrano in classe I sono, in ultima analisi, quelle che interessano zone in cui risiedono ricettori sensibili quali scuole e ospedali all'interno delle città in particolare a Cecina e San Vincenzo, aree che interessano l'oasi del WWF Bolgheri a sud di Forte di Bibbona.

4. VALORI LIMITE PER IL CASO IN STUDIO

Sulla base di quanto riportato nei precedenti capitoli, i limiti di riferimento acustico per il caso in studio, sono ripresi dalla normativa nazionale specifica sulle infrastrutture stradali, ovvero il DPR 142/2004 che indica valori limite di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni nella prima fascia di 100 metri per lato dall'infrastruttura, e di 65 dB(A) diurni 55 dB(A) notturni nella fascia fino a 250 metri dal bordo dell'infrastruttura.

I ricettori indagati sono stati individuati fino ad una distanza di 300 metri dall'infrastruttura; per la fascia compresa tra i 250 metri ed i 300 metri, il rumore emesso dall'infrastruttura di progetto concorre al raggiungimento dei limiti di zona indicati dalle classificazioni acustiche comunali.

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 di sovrapposizione di fasce di pertinenza acustica ferroviaria, in ragione dell'ingente volume di traffico ferroviario che insiste sulla linea Roma – Pisa, è stata considerata sempre verificata la condizione di concorsualità.

In sintesi, nel caso della sovrapposizione di fasce di pertinenza acustica con altre infrastrutture, laddove è risultato necessario sono stati applicati i limiti di riferimento acustico della concorsualità, come riportato negli scenari seguenti.

Nel caso in cui, oltre all'autostrada sia presente un'ulteriore infrastruttura, non sottoposta a simulazioni, i limiti imposti all'autostrada vengono ridotti di una quantità ΔLeq 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 L_1 ed L_2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente. In questo modo si vincolano le due linee a rispettare 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 L_1 ed L_2 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 autostrada, il ΔLeq ottenuto in base all'equazione precedentemente riportata. Tale ΔLeq , e di conseguenza i limiti, variano in

funzione delle diverse modalità di sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle due infrastrutture, secondo il seguente schema:

2° Infrastruttura	Opera di progetto			
	<i>Fascia A</i>		<i>Fascia B (o Fascia Unica 250m)</i>	
	<i>Leq diurno</i>	<i>Leq notturno</i>	<i>Leq diurno</i>	<i>Leq notturno</i>
<i>Fascia A</i>	67,0 dB(A)	57,0 dB(A)	63,8 dB(A)	53,8 dB(A)
<i>Fascia B</i>	68,8 dB(A)	58,8 dB(A)	62,0 dB(A)	52,0 dB(A)

Tabella 9

Le considerazioni fatte in merito all'Equazione 1, valgono anche nel caso di intersezione delle fasce di pertinenza acustica per 3 infrastrutture, con l'unica differenza che il ΔLeq , e di conseguenza i limiti, sono calcolati su 3 valori anziché 2.

Fascia A dell'opera di progetto		Infrastruttura concorsuale 2	
		<i>Fascia A</i>	<i>Fascia B</i>
Infrastruttura concorsuale 1	<i>Fascia A</i>	65,2 dB(A) Leq diurno	66,4 dB(A) Leq diurno
		55,2 dB(A) Leq notturno	56,4 dB(A) Leq notturno
	<i>Fascia B</i>	66,4 dB(A) Leq diurno	67,9 dB(A) Leq diurno
		56,4 dB(A) Leq notturno	57,9 dB(A) Leq notturno

Tabella 10

Fascia B dell'opera di progetto		Infrastruttura concorsuale 2	
		<i>Fascia A</i>	<i>Fascia B</i>
Infrastruttura concorsuale 1	<i>Fascia A</i>	61,4 dB(A) Leq diurno	62,9 dB(A) Leq diurno
		51,4 dB(A) Leq notturno	52,9 dB(A) Leq notturno
	<i>Fascia B</i>	62,9 dB(A) Leq diurno	60,2 dB(A) Leq diurno
		52,9 dB(A) Leq notturno	50,2 dB(A) Leq notturno

Tabella 11

Nel caso specifico del lotto 3 sono state considerate come concorsuali, le seguenti infrastrutture:

- SP 39

- SP21
- SP152
- SS439

5. CARATTERIZZAZIONE DEI RICETTORI

All'interno dell'ambito di indagine è stato effettuato un censimento dei ricettori che caratterizza tutti gli edifici presenti in termini di destinazione d'uso e numero di piani. I risultati del censimento sono indicati nella tavola apposita mentre il dettaglio delle informazioni è riportato in singole schede per ogni edificio.

Il censimento ha lo scopo di individuare e caratterizzare tutti quegli edifici che sono da considerare critici dal punto di vista dell'impatto acustico indotto dalla nuovo progetto infrastrutturale. Tali dati sono importanti, fra l'altro, per la corretta imputazione del modello di simulazione, per il quale è necessario conoscere le caratteristiche fisiche degli edifici di cui si vuole simulare il fenomeno acustico in modo più dettagliato.

Ciascun ricettore è univocamente identificato da un numero progressivo, per un totale di 1.065 ricettori; per quanto concerne la destinazione d'uso, si è osservata la seguente casistica:

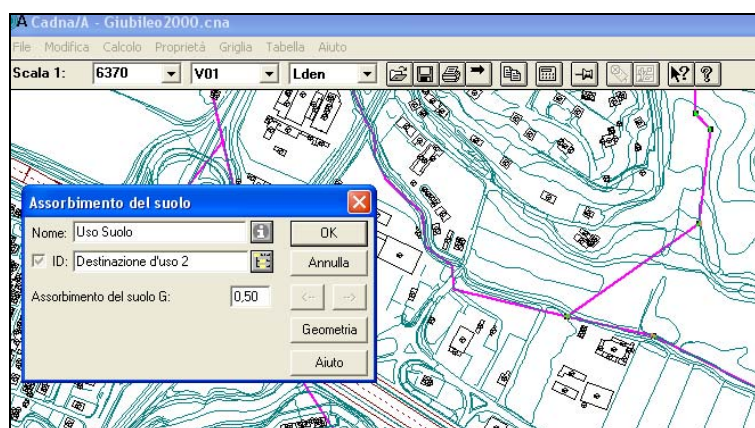
- 947 edifici con destinazione d'uso residenziale;
- 99 edifici con destinazione d'uso produttivo / terziario;
- 11 edifici con destinazione d'uso istruzione;
- 2 edifici con destinazione d'uso ospedale;
- 6 edifici con destinazione d'uso culto

6. IL MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA

6.1 Descrizione del modello

Il modello di calcolo utilizzato è CadnaA (Computer Aided Noise Abatement): 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 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. Il software CadnaA, inoltre, si integra perfettamente con il modello di simulazione Mithra, ampliandone ancora di più le potenzialità ormai riconosciute dai maggiori enti pubblici e privati.

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.



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

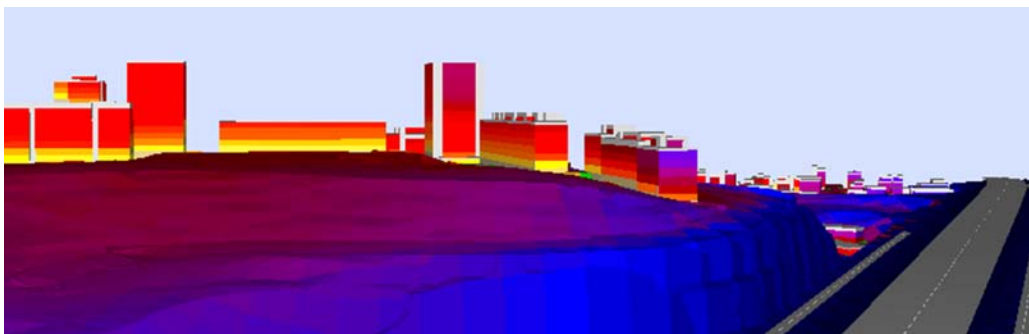
tracciato dell'infrastruttura; alle caratteristiche acustiche della sorgente; alla presenza di eventuali ostacoli schermanti o semi-schermanti; alla dimensione, ubicazione e tipologia delle barriere antirumore.

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 precedente figura) con diversi fattori di assorbimento e la finestra di interfaccia grafica mediante la quale è possibile definire il coefficiente per il poligono selezionato.

Per quanto riguarda la definizione della sorgente di rumore, CadnaA consente di inserire i parametri di caratterizzazione della sorgente sonora mediante diverse procedure (ad esempio attraverso l'inserimento del numero di veicoli giornalieri totali, della percentuale di veicoli pesanti e della velocità media dell'intero flusso, oppure attraverso l'inserimento diretto del livello della potenza sonora prodotta dalla sorgente stessa).

Inserite le caratteristiche acustiche della sorgente, risulta necessario inserire 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).



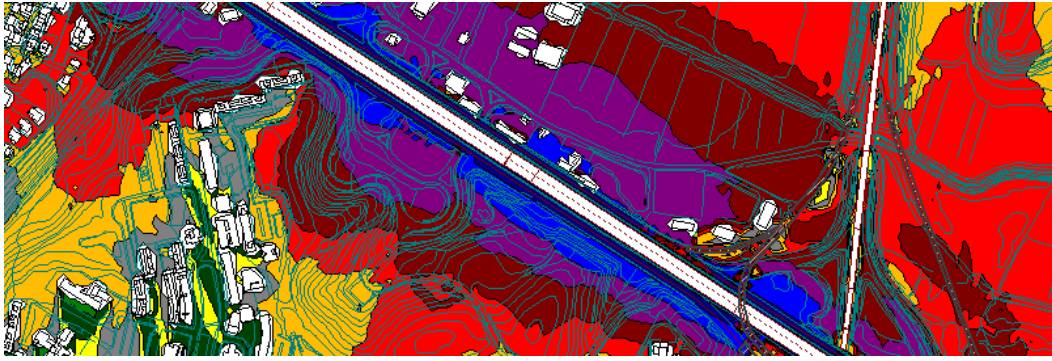
Tra i diversi algoritmi di calcolo presenti nel software, CadnaA è in grado di utilizzare per le simulazioni di sorgenti stradali il metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96, metodo raccomandato dalla Direttiva Europea 2002/49/CE.

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: è, ad esempio, in grado di effettuare calcoli statistici relativi all'impatto sonoro a cui è soggetta la popolazione presente nell'area di studio, seguendo i dettati delle ultime normative europee. CadnaA è inoltre in grado di realizzare mappe tematiche utili al confronto dei dati demografici ed urbanistici con i dati di impatto acustico stimato, utilizzando anche funzioni matematiche personalizzabili in funzione degli obiettivi di rappresentazione richiesti.

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 sia relativamente ai requisiti fisici. In particolare 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. In ogni caso, CadnaA presenta un'ampia flessibilità di gestione, permettendo di risolvere i differenti casi che di volta in volta è possibile incontrare.

In particolare, si osserva la possibilità di definire il materiale della struttura acustica in modo che presenti completo assorbimento acustico senza riflessione, definendo un coefficiente di riflessione per ognuna delle facce della barriera, o introducendo un coefficiente di assorbimento acustico differente in funzione della frequenza dell'onda sonora prodotta dalla sorgente (coeff. alfa). Si nota, inoltre, la possibilità, anch'essa peculiare del software CadnaA, di definire le caratteristiche geometriche della struttura indicando anche l'eventuale presenza e forma di un diffrattore acustico posto sulla barriera.

I dati di output, come già detto, possono essere restituiti dal modello in diversi formati, sia grafici che numerici; tra gli altri, il modello è in grado di realizzare mappe tridimensionali dotate di curve isofoniche capaci di mettere in evidenza l'andamento del rumore sia sul territorio analizzato sia sui diversi piani di ogni singolo ricettore, colorando quindi ogni porzione di territorio, sia orizzontale che verticale, con un colore diverso a seconda dell'intensità di rumore a cui è soggetto.



Il modello possiede, infine, sia nell'esportazione che nelle importazioni dei dati, la totale compatibilità con i maggiori programmi attualmente di comune utilizzo, quali ad esempio Excel, AutoCad, ArchView, MapInfo, Atlas.

6.2 Indagini fonometriche e taratura del codice di calcolo

6.2.1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto definitivo per il lotto 2 dell'autostrada A12 Rosignano – Civitavecchia (tra lo svincolo di S. Pietro in Palazzi e lo svincolo di Scarlino), sono state condotte delle indagini fonometriche volte alla caratterizzazione di alcuni ambiti del territorio in prossimità dell'autostrada e tali da essere rappresentativi anche 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.

Relativamente al progetto stradale, non sono state evidenziate situazioni di particolare complessità sotto il profilo della modellazione acustica, pertanto le aree presso cui sviluppare la campagna fonometrica non hanno riguardato situazioni tipologiche del tracciato, ma sono state finalizzate principalmente alle zone in cui si sviluppa il maggior numero di edifici.

Gli ambiti di indagine sono stati individuati in via preliminare tenendo conto di vari fattori, tra cui, i più importanti, hanno riguardato:

- l'accessibilità del sito;

- il basso rumore di fondo, ovvero la prevalenza del rumore di origine autostradale rispetto al rumore normalmente presente nell'area;
- la riconoscibilità della sorgente studiata;
- l'assenza di protezioni dal rumore.

6.2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per le misure fonometriche sono stati utilizzati diversi Fonometri integratori / analizzatori Real Time Larson Davis Mod. 824, ognuno dei quali è caratterizzato da:

- Conformità classe 1 IEC651 / IEC804 / IEC61672
- Linearità dinamica superiore ai 105 dB.
- Costanti di tempo Fast, Slow, Impulse, Picco e Leq contemporanee ed ognuna con le curve di ponderazione (A), (C) e (Lin) in parallelo.
- Registratore grafico di livello sonoro con possibilità di selezione di 39 diversi parametri di misura oltre alla contemporanea memorizzazione di spettri ad 1/1 e 1/3 d'ottava.
- Analizzatore statistico con curva cumulativa, distributiva e sei livelli percentili definibili tra LN0.01 e LN99.99.
- Identificatore ed acquisitore automatico di eventi sonori, completi di profilo livello-tempo. Marcatore di eventi configurabile.
- Analizzatore in frequenza Real-Time in 1/1 e 1/3 d'ottava IEC1260 con gamma da 6.3 Hz a 20 kHz e con dinamica superiore ai 100 dB ed opzione FFT con 400 linee spettrali 0.5Hz - 20kHz.
- Registrazione veloce delle analisi in frequenza nel tempo con visualizzazione del profilo storico di ogni singola banda.

All'inizio e al termine di ogni ciclo di misura è stato effettuato il controllo della calibrazione. Per le operazioni di calibrazione in campo è stato utilizzato un calibratore della Larson Davis mod CAL 200. Le principali caratteristiche tecniche sono:

- Livello di calibrazione 94.0 e 114.0 dB
- Frequenza 1kHz \pm 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.

La strumentazione fonometrica utilizzata è soggetta a taratura periodica presso un centro SIT. Tutta l'apparecchiatura è stata alimentata autonomamente mediante l'ausilio di batterie.

6.2.3 TIPOLOGIE DI MISURA

In linea generale, le misure vengono effettuate presso ricettori che si trovano in prossimità della sorgente stradale da caratterizzare, per far sì che il rumore rilevato non risulti “disturbato” dalla presenza di altre sorgenti sonore.

Le misurazioni vengono realizzate della durata di una settimana, come prescritto dalla vigente normativa per le misure del rumore prodotto dal traffico stradale (punto 2, Allegato C al DMA 16/3/1998).

La campagna di misure è completata da postazioni di tipo Maog: tale metodologia, generalmente considerata adatta qualora la principale sorgente di rumore sia costituita dal traffico stradale, consiste nel rilevamento continuo per 10 minuti scelti nell’ambito di alcune ore appartenenti all’intervallo temporale di riferimento. In particolare per ciascuna postazione vengono effettuate tre misure diurne e una notturna, tutte da 10 minuti. Le tre misure diurne vengono svolte separatamente negli intervalli della mattina, del pomeriggio e della sera. La stima diurna del Leq,A fornita dalla tecnica Maog si ottiene effettuando la media energetica dei tre valori di Leq,A ottenuti dalle tre misure diurne.

L’ubicazione delle postazioni microfoniche settimanali è generalmente in riferimento ad edifici abitativi e posizionata a circa 4 metri dal piano di campagna.

L’ubicazione delle postazioni di misura Maog è anch’essa in riferimento ad edifici abitativi e posizionata a circa 1,5 metri dal piano di campagna.

Per l’individuazione di tutti i suddetti punti, si è tenuto conto che ognuno:

- fosse indicativo delle condizioni di esposizione del maggior numero possibile di soggetti esposti al rumore (abitazioni e/o persone fisiche);
- fosse facilmente reperibile;
- non fosse necessariamente il punto in cui l’inquinamento acustico è più elevato: ciò infatti potrebbe, in alcune condizioni, portare a considerare, come rappresentative della zona in esame, delle situazioni anomale dal punto di vista acustico.

Il microfono del fonometro viene posizionato a metri 1,5 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. I fonometri vengono calibrati con uno strumento di Classe 1, prima e dopo ogni ciclo di misura accertando uno scarto non superiore a $\pm 0,5$ dB.

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.

Unitamente alle misurazioni acustiche sono stati condotti dei rilievi di traffico al fine di poter correlare i flussi veicolari ai livelli di rumore registrati. A questo proposito i rilievi di traffico sono stati effettuati con conteggio manuale di tipo orario con frequenza di 4 campionamenti diurni e 2 campionamenti notturni. Il valore orario da associare al periodo diurno o al periodo notturno viene quindi ricavato dalla media rilevata nei suddetti intervalli.

6.2.4 DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI DI INDAGINE

All'interno del lotto 2, le postazioni di misura hanno riguardato 4 aree di indagine, composte in totale da 4 punti settimanali e 12 giornalieri), così suddivise:

- Area 1: Cecina – 1 postazione settimanale e 4 postazioni maog;
- Area 2: Donoratico – 1 postazione settimanale e 3 postazioni maog;
- Area 3: San Vincenzo – 2 postazioni settimanali e 3 postazioni maog;
- Area 4: Venturina – 2 postazioni maog.

Le postazioni di misura vengono scelte in funzione, sia della densità di ricettori presenti, sia del grado di sensibilità degli stessi e comunque in corrispondenza di punti e/o zone la cui disposizione, rispetto alla strada, possa dare una caratterizzazione generale di tutte le situazioni insediative presenti.

La rappresentazione delle postazioni di misura è riportata in allegato con l'indicazione planimetrica rispetto alla viabilità di progetto e con la relativa documentazione fotografica.

Nel seguito si riporta la sintesi del posizionamento delle postazioni con l'indicazione della distanza, del tipo di sezione stradale e della presenza di eventuali sorgenti concorsuali.

Area	Postazione	Sezione tipo	Distanza ciglio	Concorsualità
01 – Cecina	PS-01-01	Rilevato	120	Nessuna
01 – Cecina	PM-01-01	Rilevato	270	Nessuna
01 – Cecina	PM-01-02	Rilevato	60	Nessuna
01 – Cecina	PM-01-03	Rilevato	120	Nessuna
01 – Cecina	PM-01-04	Rilevato	60	Nessuna
02 – Donoratico	PS-02-01	Rilevato	90	FS Roma – Pisa
02 – Donoratico	PM-02-01	Rilevato	180	FS Rm-Pi + SP152
02 – Donoratico	PM-02-02	Rilevato	125	FS Rm-Pi + SP152
02 – Donoratico	PM-02-03	Rilevato	220	Nessuna
03 – S.Vincenzo	PS-03-01	Trincea	35	Nessuna
03 – S.Vincenzo	PS-03-02	Rilevato	65	Nessuna
03 – S.Vincenzo	PM-03-01	Imbocco g.	100	Nessuna
03 – S.Vincenzo	PM-03-02	Trincea	60	Nessuna
03 – S.Vincenzo	PM-03-03	Trinc./Viadot.	150	Nessuna
04 – Venturina	PM-04-01	Raso	270	SS 398
04 – Venturina	PM-04-02	Raso	120	FS Roma – Pisa

Tabella 12 – Elenco postazioni di misura fonometrica

6.2.5 RISULTATI DELLE INDAGINI

La caratterizzazione acustica dei siti di misura è riportata in allegato con il dettaglio dei valori acustici registrati e, in particolare, sono indicati i valori di:

- Misure settimanali
 - Valori di livello equivalente pesato A, su base giornaliera diurna;
 - valori di livello equivalente pesato A, su base giornaliera notturna;
 - valore di livello equivalente pesato A, su base settimanale diurna;
 - valore di livello equivalente pesato A, su base settimanale notturna;
 - valore di livello equivalente pesato A, su base settimanale in continuo;

- valori del livello equivalente pesato A su base oraria diurna;
 - valori del livello equivalente pesato A su base oraria notturna;
 - valori dei livelli percentili L10, L30, L50, L90, su base oraria diurna;
 - valori dei livelli percentili L10, L30, L50, L90, su base oraria notturna;
 - grafico di time history su base settimanale;
 - grafici di time history su base giornaliera diurna;
 - grafici di time history su base giornaliera notturna;
- Misure maog
 - Data e ora della misura;
 - durata;
 - valori di livello equivalente pesato A diurno, per ogni intervallo di misura;
 - valori di livello equivalente pesato A notturno, per ogni intervallo di misura;
 - valori del livello Lminimo, per ogni intervallo di misura;
 - valori del livello Lmassimo, per ogni intervallo di misura;
 - valori dei livelli percentili L10, L90, L95, per ogni intervallo di misura;
 - descrizione della tipologia delle sorgenti presenti;
 - descrizione dei flussi veicolari locali, ecc.

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.

Area	Postazione	LeqA	L10	L90
01 – Cecina	PS-01-01	62,1	63,7	55,6
01 – Cecina	PM-01-01	58,2	60,3	53,0
01 – Cecina	PM-01-02	63,5	66,4	54,2
01 – Cecina	PM-01-03	60,6	64,6	47,5
01 – Cecina	PM-01-04	57,6	60,4	50,9
02 – Donoratico	PS-02-01	62,2	62,0	54,1
02 – Donoratico	PM-02-01	65,4	67,3	46,8
02 – Donoratico	PM-02-02	63,3	67,0	49,5
02 – Donoratico	PM-02-03	46,9	48,5	43,0
03 – S.Vincenzo	PS-03-01	63,2	66,2	55,1
03 – S.Vincenzo	PS-03-02	60,9	63,7	53,2
03 – S.Vincenzo	PM-03-01	55,4	50,7	42,3
03 – S.Vincenzo	PM-03-02	58,2	60,5	51,3
03 – S.Vincenzo	PM-03-03	54,1	56,2	49,2
04 – Venturina	PM-04-01	56,6	60,3	47,0
04 – Venturina	PM-04-02	55,8	58,6	52,0

Tabella 13 – Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno

Area	Postazione	LeqA	L10	L90
01 – Cecina	PS-01-01	55,3	58,2	44,3
01 – Cecina	PM-01-01	53,1	55,7	49,0
01 – Cecina	PM-01-02	60,7	64,3	49,9
01 – Cecina	PM-01-03	56,9	60,5	41,3
01 – Cecina	PM-01-04	39,1	58,1	46,0
02 – Donoratico	PS-02-01	56,6	56,0	42,3
02 – Donoratico	PM-02-01	60,6	64,4	43,6
02 – Donoratico	PM-02-02	61,4	63,7	42,9
02 – Donoratico	PM-02-03	42,5	44,5	38,9
03 – S.Vincenzo	PS-03-01	57,8	61,3	42,3
03 – S.Vincenzo	PS-03-02	55,5	58,0	40,5
03 – S.Vincenzo	PM-03-01	45,0	47,6	40,4
03 – S.Vincenzo	PM-03-02	55,4	59,4	43,8
03 – S.Vincenzo	PM-03-03	53,2	56,4	46,0
04 – Venturina	PM-04-01	49,4	53,8	39,0
04 – Venturina	PM-04-02	51,7	55,0	44,7

Tabella 14 – Sintesi dei valori registrati nel periodo notturno

6.2.6 CONCLUSIONI

Il modello scelto per l'analisi acustica del progetto oggetto di SIA è il modello CadnaA. Tale software è uno tra gli strumenti più completi oggi presenti sul mercato per la valutazione della propagazione del rumore in ambiente esterno.

Oltre alla precisione della scala di dettaglio utilizzata, la buona affidabilità delle stime acustiche prodotte dal software CadnaA è legata anche alla capacità di ricreare la reale disposizione altimetrico-orografica degli elementi presenti nel sito oggetto di simulazione, come ad esempio 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.

CadnaA, quindi, 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. 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.

Il software di calcolo CadnaA 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.

A tal fine è stato creato un input cartografico tridimensionale, dedotto da 2 fonti cartografiche: una fascia cartografica tridimensionale per un ampiezza di circa 100 metri per parte dall'infrastruttura sviluppata ad hoc per il progetto ed una ulteriore fascia di circa 500 metri per parte dedotta dalla cartografia tecnica regionale.

Dato che quest'ultima tipologia di cartografia è vettoriale bidimensionale, è stato necessario effettuare un'operazione di "merge" con il primo tipo di base cartografica rendendo tridimensionali gli elementi principali della cartografia regionale, ovvero, gli edifici, le curve di livello, la viabilità.

Una volta creata la mesh tridimensionale del terreno, è stato impostato inizialmente un valore di assorbimento acustico del terreno medio di 0,5.

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.

Le misurazioni fonometriche sono state elaborate con specifico software che ha individuato i valori acustici riportati nei precedenti capitoli.

Detti valori rispecchiano abbastanza fedelmente il clima acustico indotto dal traffico transitante sull'attuale variante Aurelia in quanto le postazioni microfoniche sono state scelte con l'obiettivo di rappresentare il rumore emesso dall'infrastruttura anche rispetto alla taratura del modello di calcolo.

In alcuni casi non è stato possibile ottenere un rumore prevalentemente di tipo stradale (della variante Aurelia) in quanto presenti anche altre infrastrutture. Per tale motivo presso alcune postazioni di misura, in particolare alcune delle postazioni settimanali, è stato calcolato sia il rumore "ambientale", ovvero quello registrato per intero su tutto il periodo di misura, sia il rumore "stradale", ovvero quello calcolato mascherando dalla misura gli eventi ritenuti estranei alla rumorosità autostradale.

In sintesi, la definizione del processo di taratura delle due situazioni tipo che sono state indagate ha condotto alle seguenti condizioni generali di calcolo:

- Metodo di calcolo: NMPB.96
- Distanza di propagazione dei raggi: 2000 m
- Numero di raggi: 100
- Distanza da sorgente: 1000 m
- Interpolazione: 1
- Numero di riflessioni: 3
- Assorbimento del suolo: 0,5

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, tenendo conto anche delle indagini condotte per il lotto adiacente a quello oggetto del lavoro.

Dai valori sotto riportati si osserva che in entrambi i casi la media delle approssimazioni di calcolo è minore di 1 decibel, valore quindi inferiore alla soglia di percezione della variabilità del rumore.

Postazione	Flussi veicolari		Valore di Rumore [Leq dB(A)] – Periodo Diurno			
	V/h totali	% V pesanti	Rumore Ambientale	Rumore Stradale	Rumore Simulazione	Differenza
Cecina	1.270	20	62,1	61,5	59,8	1,7
Donoratico	980	32	62,2	61,5	62,8	-1,3
S.Vincenzo-1	612	18	63,2	63,2	64,1	-0,9
S.Vincenzo-2	612	18	60,9	60,9	62,0	-1,1
Braccagni	720	20	62,1	57,6	59,2	-1,6
Valore medio						-0,6

Tabella 15/a

Postazione	Flussi veicolari		Valore di Rumore [Leq dB(A)] – Periodo Notturno			
	V/h totali	% V pesanti	Rumore Ambientale	Rumore Stradale	Rumore Simulazione	Differenza
Cecina	220	30	55,3	55,3	54,7	0,6
Donoratico	158	32	56,6	55,0	56,7	-1,7
S.Vincenzo-1	104	34	57,8	57,8	58,0	-0,2
S.Vincenzo-2	104	34	55,5	55,5	55,4	0,1
Braccagni	120	32	55,0	49,0	52,8	-2,9
Valore medio						-0,8

Tabella 15/b

6.3 I dati di traffico di esercizio

Il lavoro è stato analizzato all'orizzonte temporale di progetto e si osservano i seguenti flussi veicolari dedotti dall'apposito studio trasportistico:

Tratto stradale		Flussi orari totali (leggeri+pesanti)			
Da	A	Diurno	% Pes. D	Notturmo	% Pes. N
S. Pietro in Palazzi	Cecina Nord	2.387	22%	389	35%
Cecina Nord	Cecina Centro	2.387	22%	389	35%
Cecina Centro	Cecina Sud	1.480	21%	240	34%
Cecina Sud	Donoratico	1.450	22%	237	35%
Donoratico	San Vincenzo Nord	1.410	22%	231	36%
San Vincenzo Nord	San Vincenzo Sud	944	28%	161	43%
San Vincenzo Sud	Venturina	824	26%	139	41%
Venturina	Vignale Riotorto	811	29%	140	45%
Vignale Riotorto	Follonica Nord	761	26%	128	41%
Follonica Nord	Follonica Est	744	24%	124	39%
Follonica Est	Scarlino	743	28%	126	42%

Tabella 16

7. ANALISI ACUSTICA

7.1 Aspetti generali

L'analisi acustica nella situazione futura è avvenuta, come detto, attraverso un modello di calcolo. 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.

I risultati della modellazione sono raccolti in tabelle numeriche in cui i valori di rumore attesi sono indicati ad ogni piano dell'edificio e per le diverse condizioni di calcolo, ovvero, nella situazione post operam e nella situazione post mitigazione. In dette tabelle sono inoltre riportati i limiti di riferimento acustico, le destinazioni d'uso degli edifici, la fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura di progetto. Per completezza di informazione, le ultime colonne delle tabelle riportano anche l'eventuale impatto residuo in facciata; nel caso gli interventi di mitigazione proposti non fossero sufficienti a condurre i valori di rumore entro i limiti normativi in ambito esterno, si renderebbe necessaria la verifica, nella situazione post mitigazione, relativamente ai limiti normativi in ambito interno, tenendo conto di un abbattimento medio degli infissi esistenti di 20 dB(A).

Per ciò che riguarda i livelli di rumore esterno, i valori sono generalmente calcolati sia per il periodo diurno, sia per quello notturno ad eccezione dei casi in cui la presenza umana è limitata al solo periodo diurno (scuole, uffici, ecc.). Per ciò che riguarda i livelli di rumore interno, la verifica è generalmente effettuata nel periodo notturno, rispetto al quale si riferiscono i limiti normativi per ambienti abitativi, mentre, si riferisce al periodo diurno nel solo caso delle scuole.

7.2 Situazione post operam

Rispetto alle caratteristiche generali del modello sopra descritte, la situazione post operam è stata calcolata considerando l'infrastruttura di progetto con asfalto di caratteristiche tradizionali e, cioè, fonoassorbenti.

Come si evince dalle tabelle di output del modello, nella situazione post operam, dei quasi 2.000 piani oggetto di simulazione, risultano con valori oltre il limite normativo 54 nel periodo diurno e 304 nel periodo notturno, corrispondenti cioè ad una percentuale sul totale, rispettivamente di 2,8% e 15,6%.

Le differenze rispetto al valore di soglia normativo sono molto variabili, ma in linea generale, evidenziano un clima acustico abbastanza coerente con la realtà del territorio; hanno il loro massimo sul ricettore sensibile dell'ospedale di Cecina con valori di +13 decibel, mentre hanno i valori minimi, anche oltre -30 decibel, ai piani più bassi degli edifici posti in ombra ad altri edifici all'interno di agglomerati.

Si osserva anche che, relativamente alla totalità degli edifici oggetto di simulazione, la media delle differenze rispetto alle soglie normative è di circa -8 decibel nel periodo diurno e di circa -4 nel periodo notturno.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi con l'indicazione dei piani oggetto di simulazione che risultano oltre il limite normativo nella situazione Post Operam.

	N° oltre i limiti		N° Totale	% sul totale	
	Diurno	Notturno	Totali	Diurno	Notturno
Ricettori	13	94	966	1,3	9,7
Piani	54	304	1.947	2,8	15,6

Tabella 17/a

7.3 Situazione post mitigazione

In merito alle simulazioni della situazione post mitigazione, gli interventi sono stati progettati per abbattere i livelli eccedenti i limiti normativi quanto più possibile mediante l'interposizione di schermi antirumore, compatibilmente con le soluzioni progettuali attualmente esistenti per le barriere e considerando il miglior rapporto costi/benefici.

In linea generale, l'obiettivo del lavoro è stato quello di portare al di sotto dei limiti normativi in ambito esterno tutti i ricettori che hanno presentato esuberanti nello scenario post operam, riducendo al minimo il ricorso alla verifica in ambito interno, laddove cioè, come recita l'art. 5 comma 4 del DM 29/11/2000, nonché l'art. 6 comma 2 del DPR 142/2004 "i valori limite per le

infrastrutture di cui all'art. 2 comma 3, (...) non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche e di carattere ambientale si evidenzi l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti interni (....)".

In sintesi, del totale dei 1065 edifici individuati nel censimento (di cui 966 effettivamente oggetto di simulazione acustica), i ricettori che risultano all'interno del limite normativo in ambito esterno sono in totale 959, ovvero oltre il 90% dei ricettori analizzati. Il dettaglio dei valori di simulazione è riportato nelle tabelle di output del codice di calcolo allegate, mentre di seguito si riporta l'elenco dei ricettori e dei piani che risultano nei limiti normativi, analizzati nella situazione post mitigazione relativamente ai periodi diurno e notturno.

	N° Entro i limiti		N° Totale	% sul totale	
	Diurno	Notturno	Totali	Diurno	Notturno
Ricettori	966	959	966	100,0	99,3
Piani	1.944	1.926	1.947	99,8	98,9

Tabella 17/b

Dei ricettori che risultano oltre il limite normativo in ambito esterno è stata effettuata, come detto, la verifica del rumore in ambito interno considerando in prima approssimazione e in via cautelativa che i serramenti esistenti abbiano un'efficacia di 20 decibel, valore che, sulla base di esperienze di misure in campo per numerose situazioni analoghe, è risultato il minimo riscontrato. Da tale verifica è risultato che tutti i ricettori risultati oltre il limite in ambito esterno evidenziano il rispetto dei valori in ambito interno con il solo contributo degli infissi esistenti.

Per quanto concerne il clima acustico generale indotto sul territorio nella situazione post mitigazione, dai risultati della simulazione si evince un miglioramento medio su tutti i ricettori presenti, rispetto alla situazione post operam, di circa 2 decibel, a fronte di una previsione di circa 43000 metri quadri di schermature acustiche. Riassumendo, gli interventi di previsti sono riportati nella seguente tabella:

Studio acustico definitivo

PROGRESSIVE						
NOME	LATO	DA KM	A KM	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA (m)	SUPERFICE (mq)
L2-01-S	S	0+354	0+417	63	3	189
L2-02-S	S	0+459	0+555	96	3	288
L2-03-S	S	1+368	1+590	229	4	916
L2-04-S	S	3+006	3+552	557	5	2785
L2-05-S	S	3+552	3+825	319	5	1595
L2-06-S	S	3+825	4+047	225	3	675
L2-07-S	S	4+650	4+749	99	3	297
L2-08-S	S	4+749	4+839	90	4	360
L2-09-S	S	5+601	5+696	93	3	279
L2-10-S	S	9+315	9+555	240	3	720
L2-11-S	S	11+704	11+866	162	3	486
L2-12-S	S	12+052	12+158	105	3	315
L2-13-S	S	12+759	13+110	351	3	1053
L2-14-S	S	15+460	15+610	150	3	450
L2-15-S	S	16+517	16+667	150	3	450
L2-16-S	S	17+390	17+548	159	4	636
L2-17-S	S	19+063	19+337	275	3	825
L2-18-S	S	24+904	25+073	168	3	504
L2-19-S	S	26+602	26+949	351	3	1053
L2-20-S	S	1+652	1+835	183	3	549
L2-21-S	S	5+503	5+656	153	3	459
L2-22-S	S	9+879	9+914	36	3	108
L2-23-S	S	9+926	10+079	153	3	459
L2-24-S	S	22+667	22+817	150	3	450
L2-01-N	N	0+354	0+417	63	3	189
L2-02-N	N	0+459	0+555	96	3	288
L2-03-N	N	1+102	1+343	249	3	747
L2-04-N	N	1+467	1+668	201	3	603
L2-05-N	N	2+710	3+010	300	3	900
L2-06-N	N	5+553	5+621	75	3	225
L2-07-N	N	8+497	9+557	1094	3	3282
L2-08-N	N	10+010	10+208	198	3	594
L2-09-N	N	11+161	11+291	129	3	387
L2-10-N	N	11+291	11+419	126	6	756
L2-11-N	N	13+724	13+874	150	3	450

PROGRESSIVE						
NOME	LATO	DA KM	A KM	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA (m)	SUPERFICE (mq)
L2-12-N	N	14+786	15+029	224	4	896
L2-13-N	N	15+029	15+321	291	3	873
L2-14-N	N	17+567	17+856	305	3	915
L2-15-N	N	18+673	17+871	206	3	618
L2-16-N	N	19+984	20+688	705	5	3525
L2-17-N	N	20+668	20+938	252	4	1008
L2-18-N	N	20+938	21+383	447	3	1341
L2-19-N	N	21+776	21+851	75	3	225
L2-20-N	N	21+895	22+078	183	3	549
L2-21-N	N	23+512	24+219	705	3	2115
L2-22-N	N	26+374	26+573	198	4	792
L2-23-N	N	1+525	1+634	108	4	432
L2-24-N	N	1+646	1+736	90	3	270
L2-25-N	N	4+224	4+422	198	3	594
L2-26-N	N	9+684	9+915	231	3	693
L2-27-N	N	9+926	10+205	279	3	837
L2-28-N	N	15+075	15+276	201	3	603
L2-29-N	N	15+603	15+804	201	3	603
L2-30-N	N	16+002	16+203	202	3	606
L2-31-N	N	20+556	20+757	202	3	606
L2-32-N	N	21+197	21+444	246	3	738
Totali				12.787		43.161

Tabella 18 – Sintesi barriere antirumore di progetto

Le barriere antirumore suddette sono state progettate con caratteristiche acustiche medie di assorbimento e di fonoisolamento. In particolare, rispetto alle normative UNI EN 1793-1/2:1999, gli schermi sono stati dimensionati con i seguenti parametri:

- Indice di valutazione dell'assorbimento acustico : categoria A2.
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico : categoria B2.

8. CANTIERIZZAZIONE

8.1 Premessa

Lo studio della componente rumore nell'ambito delle attività di cantiere viene svolto rispetto a due macrotipologie di lavorazioni: quelle relative ai cantieri fissi e quelle relative ai cantieri mobili.

Nella prima tipologia sono stati inseriti i campi base e i cantieri operativi fissi, mentre per la seconda tipologia sono stati considerati i cantieri operativi mobili che a loro volta si suddividono in cantieri "lungo linea" e in cantieri "opere d'arte".

All'interno di ogni cantiere sono state individuate le tipologie di lavorazione previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della lavorazione e la eventuale contemporaneità tra più di essi.

In particolare, in base a quanto espresso negli elaborati di progetto, si evince che:

- Campi base: è stato individuato 1 campo base a circa 1,5 chilometri a nord dello svincolo di San Vincenzo.
- Cantieri operativi: questa tipologia di cantiere è ubicata in aree adiacenti ai campi base e lungo i punti nevralgici del tracciato. In tutto sono stati individuati 4 cantieri operativi: in particolare, **per il lotto 2**, sono previsti i cantieri operativi CO-CB-L2 (adiacente il campo base) contenente anche l'impianto di betonaggio e l'impianto asfalti, CO1-L2 (adiacente lo svincolo di California), CO2-L2 (adiacente lo svincolo di Vignale-Riotorto), CO3-L2 (adiacente lo svincolo di Scarlino). Presso ognuno dei cantieri operativi sono previste aree per la caratterizzazione delle terre e presso i cantieri operativi adiacenti ai campi base sono anche previste aree per la produzione di calcestruzzo e per la produzione degli asfalti.
- Cantieri lungo linea: si intende con questo termine i cantieri disposti per la realizzazione del corpo stradale, ovvero per la formazione dei rilevati e delle trincee ad esclusione delle opere d'arte.
- Cantieri Opere d'arte maggiori: questa tipologia di cantiere comprende i viadotti, i ponti, i cavalcavia, i sottovia maggiori e le gallerie artificiali e non.

Infine, separatamente, vengono analizzate anche le ricadute ambientali lungo la viabilità di collegamento tra i siti di cava e/o deposito e le aree di lavorazione.

La presente analisi acustica viene condotta attraverso uno specifico software di simulazione (codice Mithra) che, al suo interno, ha un ampio database di sorgenti specifiche di cantiere.

I valori di simulazione sui ricettori sono quindi messi a confronto con i limiti indicati dalla normativa di settore e dalla pianificazione specifica elaborata dalle amministrazioni locali. In particolare, ci si riferisce a:

- Legge regionale n. 89/1998 "Norme in materia di inquinamento acustico".
- Delibera Consiglio Regionale n. 77 del 22/02/2000 "Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi dell'art. 2 della LR n. 89/98".
- Piani di classificazione acustica comunale.

8.2 Analisi delle possibili fonti di inquinamento

Sulla base della rappresentazione delle varie tipologie di cantiere sopra scritte, 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.

Per ogni fase di lavoro sono state quindi ipotizzate le macchine che concorrono alla determinazione delle emissioni sonore, assegnando ad ogni macchina una percentuale di utilizzo nell'ambito della lavorazione. 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. Il livello di emissione delle singole sorgenti è stato dedotto dal database interno del modello di simulazione utilizzato.

Per quanto riguarda i macchinari di cantiere, in riferimento alle attività sopra riportate, sono state effettuate alcune ipotesi di lavoro, intendendo con N° il numero di macchinari presenti e con C_U la percentuale di utilizzo delle diverse macchine nel ciclo lavorativo. Il livello di emissione acustica complessivo dei singoli cantieri viene quindi calcolato partendo dall'emissione delle singole tipologie di macchine ad una distanza nota, ed elaborando il valore finale in ragione del tempo, della percentuale di utilizzo e del numero di macchinari presenti.

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L _{max} [dBA]	d [m]	L _w [dBA]	C _u [%]	T [h]	L _{weq} [dBA]
2	Autocarri ribaltabili	73	30	113,7	0,50	8	113,7
2	Pale caricatori	73	30	113,7	0,50	8	113,7
1	Movimentazione materiali	63	30	103,7	0,25	8	97,7
1	Manutenzione mezzi	68	30	108,7	0,50	8	105,7
1	Prefabbricazione	65	30	105,7	0,75	8	104,5
1	Montaggio armature	63	30	103,7	0,75	8	102,5
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE OPERATIVO FISSO E CAMPO BASE							117,5

Tabella 19

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L _{max} [dBA]	d [m]	L _w [dBA]	C _u [%]	T [h]	L _{weq} [dBA]
1	Impianto Betonaggio	77	30	117,7	1,00	8	117,7
1	Gruppi elettrogeni	68	30	108,7	1,00	8	108,7
2	Pale caricatori	73	30	113,7	0,50	8	113,7
2	Autocarri ribaltabili	73	30	113,7	0,25	8	110,7
2	Autobetoniera	74	30	114,7	0,50	8	114,7
1	Movimentazione materiali	63	30	103,7	0,25	8	97,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE OPERATIVO – IMPIANTO BETONAGGIO							121,2

Tabella 20

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L _{max} [dBA]	d [m]	L _w [dBA]	C _u [%]	T [h]	L _{weq} [dBA]
1	Impianto Asfalto	77	30	112,0	1,00	8	117,7
1	Gruppi elettrogeni	68	30	108,7	1,00	8	108,7
2	Pale caricatori	73	30	113,7	0,50	8	113,7
2	Autocarri ribaltabili	73	30	113,7	0,25	8	110,7
1	Movimentazione materiali	63	30	103,7	1,00	8	103,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE OPERATIVO – IMPIANTO ASFALTI							120,2

Tabella 21

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L _{max} [dBA]	d [m]	L _w [dBA]	C _u [%]	T [h]	L _{weq} [dBA]
2	Pale caricatori	73	30	113,7	0,25	8	110,7
2	Autocarri ribaltabili	73	30	113,7	0,25	8	110,7
1	Movimentazione materiali	63	30	103,7	0,50	8	100,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE OPERATIVO – CARATTERIZZAZIONE TERRE							113,9

Tabella 22

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L _{max} [dBA]	d [m]	L _w [dBA]	C _u [%]	T [h]	L _{weq} [dBA]
1	Autocarro	73	30	113,7	0,2	8	106,7
1	Pala meccanica	73	30	113,7	0,5	8	110,7
1	Rulli	69	30	109,7	0,5	8	106,7
1	Asfaltatrice	69	30	109,7	0,2	8	102,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE LUNGO LINEA							113,6

Tabella 23

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L _{max} [dBA]	d [m]	L _w [dBA]	C _u [%]	T [h]	L _{weq} [dBA]
1	Trivella	79	30	119,7	0,75	8	118,5
1	Autobetoniera	74	30	114,7	0,50	8	111,7
1	Pala gommata	73	30	113,7	0,50	8	110,7
1	Getto cls	69	30	109,7	0,50	8	106,7
1	Camion	73	30	113,7	0,50	8	110,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE OPERE D'ARTE							120,5

Tabella 24

8.3 Individuazione dei livelli acustici prodotti

Inserite dette informazioni nel software di simulazione sono state realizzate, per ogni configurazione di cantiere, sezioni e/o planimetrie di rappresentazione dell'emissione acustica assegnata alle singole attività. I livelli sonori simulati vengono messi a confronto con i limiti di

riferimento previsti dalla normativa tecnica e dalla pianificazione relativa alle singole amministrazioni comunali.

In primo luogo, vengono considerati i valori dedotti dalla classificazione acustica comunale, se presente, dove per ogni area acusticamente omogenea vengono indicati i limiti di immissione e di emissione secondo le indicazioni normative nazionali e regionali. I valori sono quelli indicati di seguito tenendo conto della perimetrazione delle zone riportata nelle tavole di censimento dei ricettori.

Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I	aree particolarmente protette	45	35
II	aree prevalentemente residenziali	50	40
III	aree di tipo misto	55	45
IV	aree di intensa attività umana	60	50
V	aree prevalentemente industriali	65	55
VI	aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 25: Valori limite di emissione - Leq in dB(A)

Valore limite di emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.

Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
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 26: Valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A)

Valore limite di immissione: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.

Nel caso i limiti di riferimento acustico di zonizzazione non siano verificati, si verifica l'opportunità di inserire delle opere di mitigazione temporanea (di cui si darà dettaglio nel seguito) o, in seconda battuta, si considera l'eventualità di richiedere deroga così come previsto dagli strumenti normativi.

In particolare, sulla base di quanto riportato nella Delibera Consiglio Regionale n. 77 del 22/02/2000 "Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi dell'art. 2 della LR n. 89/98", e nel dettaglio della Parte 3: "Modalità per il rilascio delle autorizzazioni comunali per le attività di cui alla LR n. 89/98, art. 2, comma 2, lett. C", in cui per i cantieri edili, stradali o assimilabili, non in prossimità di scuole, ospedali e case di cura, è possibile richiedere al comune di competenza una deroga ai limiti di zona.

Tale opportunità può seguire due procedure: una semplificata e una complessa. La procedura semplificata è relativa ad attività di massimo 20 giorni lavorativi in cui negli orari compresi tra le 8.00 e le 19.00 i limiti acustici possono essere di 70 dB(A) su un tempo di misura esteso a 30 minuti consecutivi.

Per le attività che non abbiano i requisiti per una deroga di tipo semplificato o che non prevedano di rispettarne le condizioni la richiesta di autorizzazione deve contenere una relazione descrittiva dell'attività che si intende svolgere, redatta da tecnico competente ai sensi dell'ART. 16 LR 89/98 che contenga:

- un elenco degli accorgimenti tecnici e procedurali che saranno adottati per la limitazione del disturbo e la descrizione delle modalità di realizzazione;
- una pianta dettagliata e aggiornata dell'area dell'Intervento con l'identificazione degli edifici di civile abitazione potenzialmente disturbati;
- una relazione che attesti l'eventuale conformità a norme nazionali e comunitarie di limitazione delle emissioni sonore; nonché un elenco dei livelli di emissione sonora delle macchine che si intende di utilizzare e per le quali la normativa nazionale prevede l'obbligo di certificazione acustica (DM n. 588/7, DLgs n. 135/92 e DLgs n. 137/92).

La relazione dovrà definire:

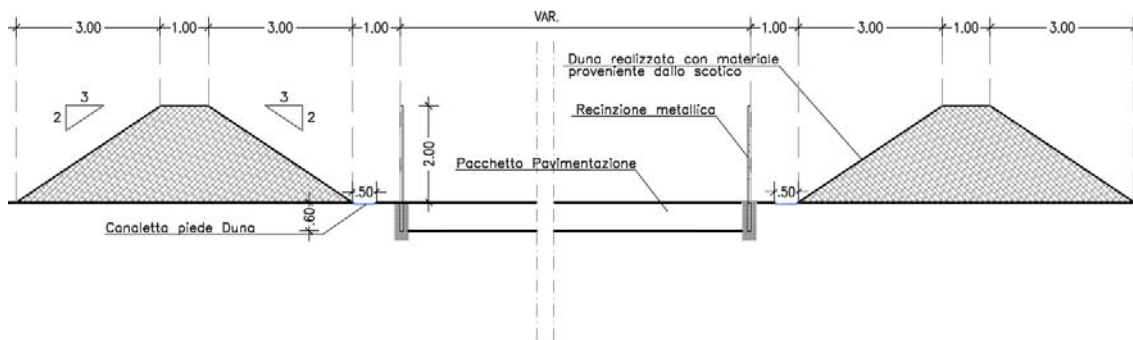
- la durata del cantiere;
- l'eventuale articolazione temporale e durata delle varie attività del cantiere;
- limiti richiesti e la loro motivazione, per ognuna delle attività diverse previste.

Nel seguito si riportano gli output di simulazione relativamente ai siti di cantiere fisso e operativo, corrispondenti ai 2 lotti di fabbricazione e alle 2 lavorazioni tipo analizzate precedentemente.

Le simulazione effettuate per i cantieri fissi non hanno carattere tipologico, ma riprendono esattamente la morfologia del territorio, le dimensioni di progetto, nonché gli eventuali ostacoli che si interpongono o si vogliono interporre tra le sorgenti di cantiere e i potenziali ricettori disturbati dalle emissioni acustiche.

Si evidenzia a questo proposito che le attività di cantiere sono tali che difficilmente si possono apporre con efficacia degli schermi artificiali alla propagazione del rumore in quanto spesso le attività lavorative risultano mobili e arealmente estese, mentre, uno schermo acustico va posto in prossimità della sorgente affinché risulti realmente efficace.

Nel nostro caso, benché i valori acustici previsti presso i ricettori siano in molti casi bassi, in ragione di una maggiore cautela verso il territorio interessato dai lavori, per ognuno dei cantieri fissi sono state previste comunque delle dune antirumore alte 2 metri poste a margine delle aree di lavorazione e realizzate con il materiale proveniente dallo scotico. Di seguito si riporta uno schema delle caratteristiche dimensionali di tali elementi.



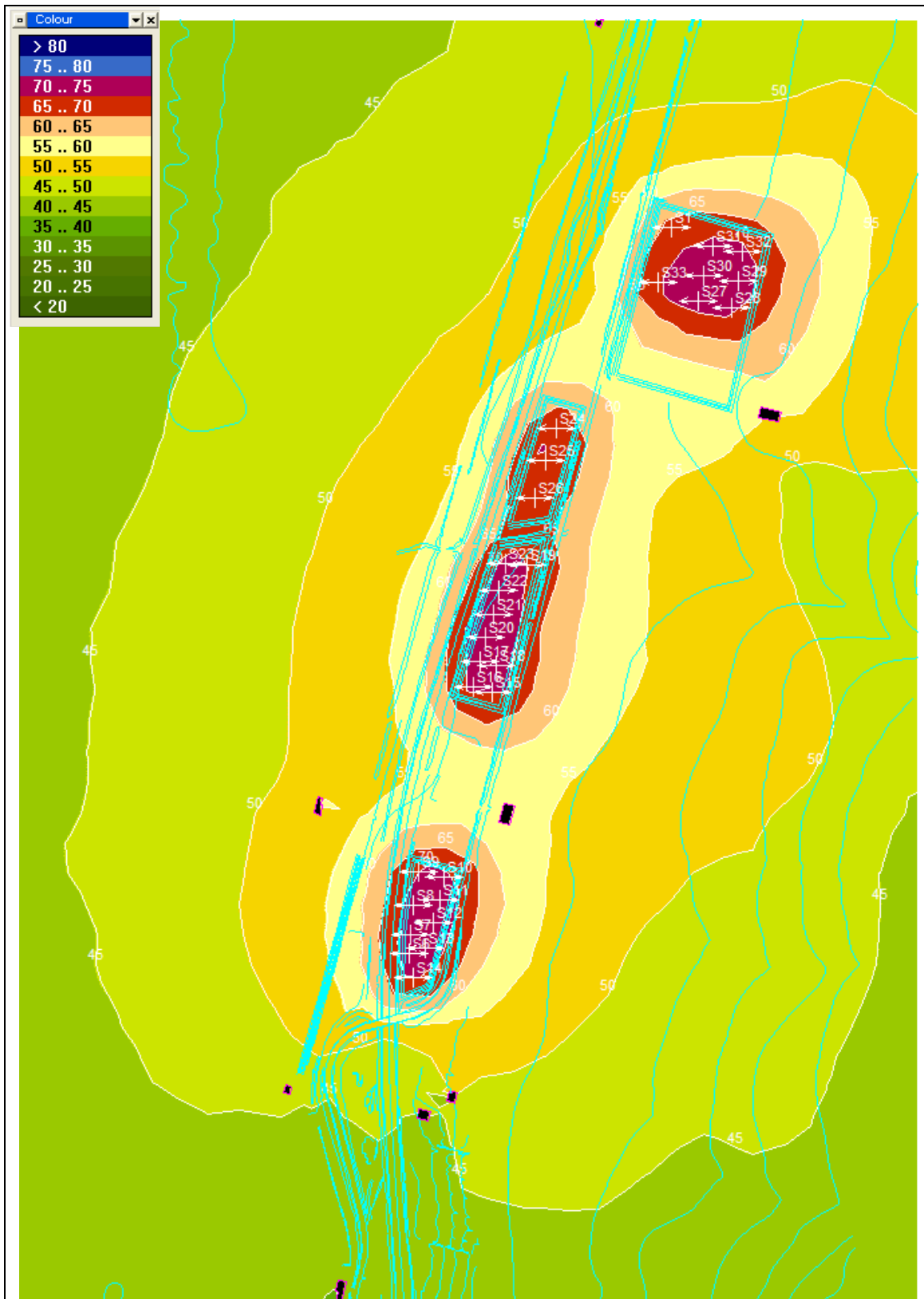


Figura 1: Lotto 2 – Campo base e Cantiere operativo fisso

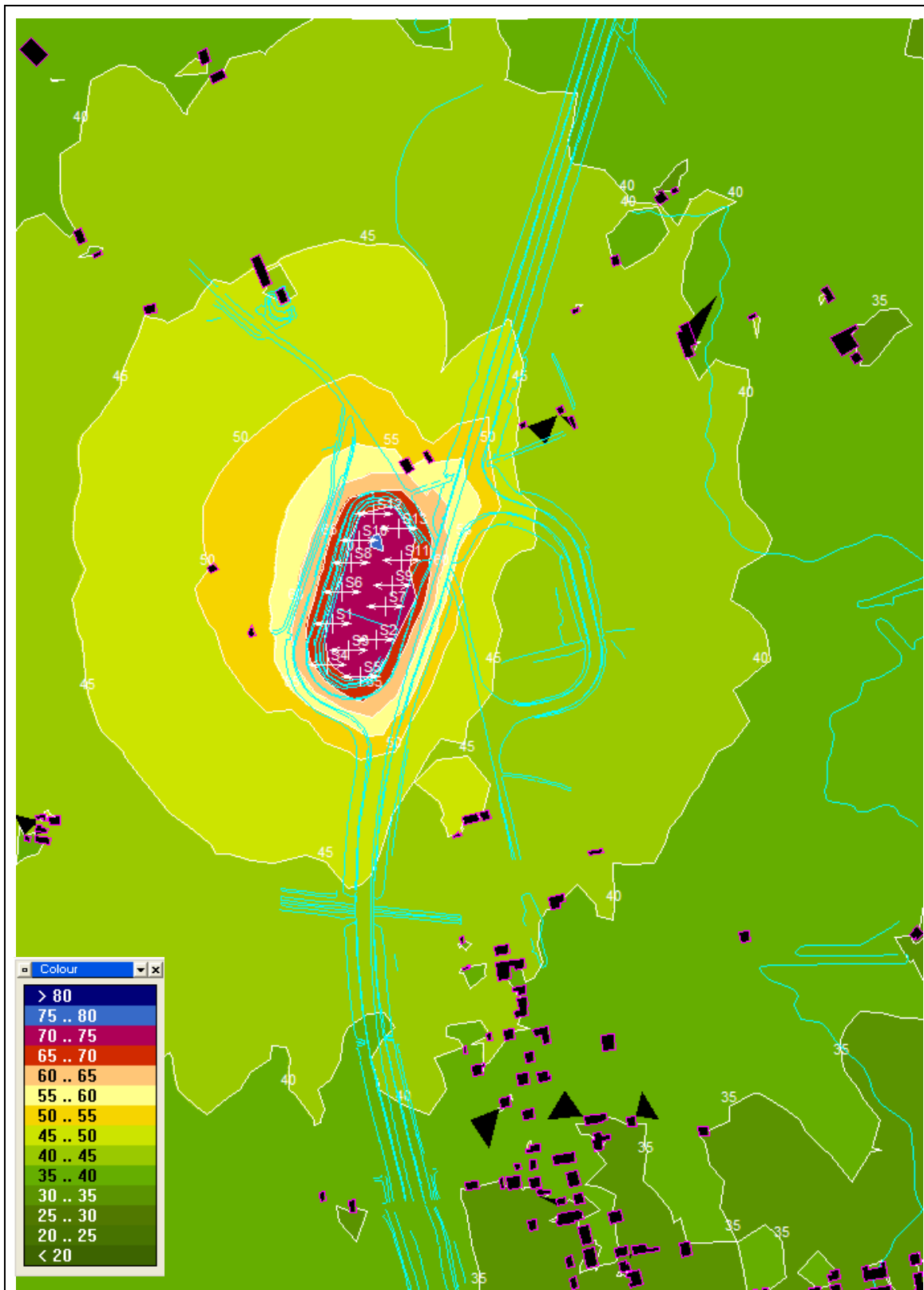


Figura 2: Lotto 2 – Cantiere Operativo 1

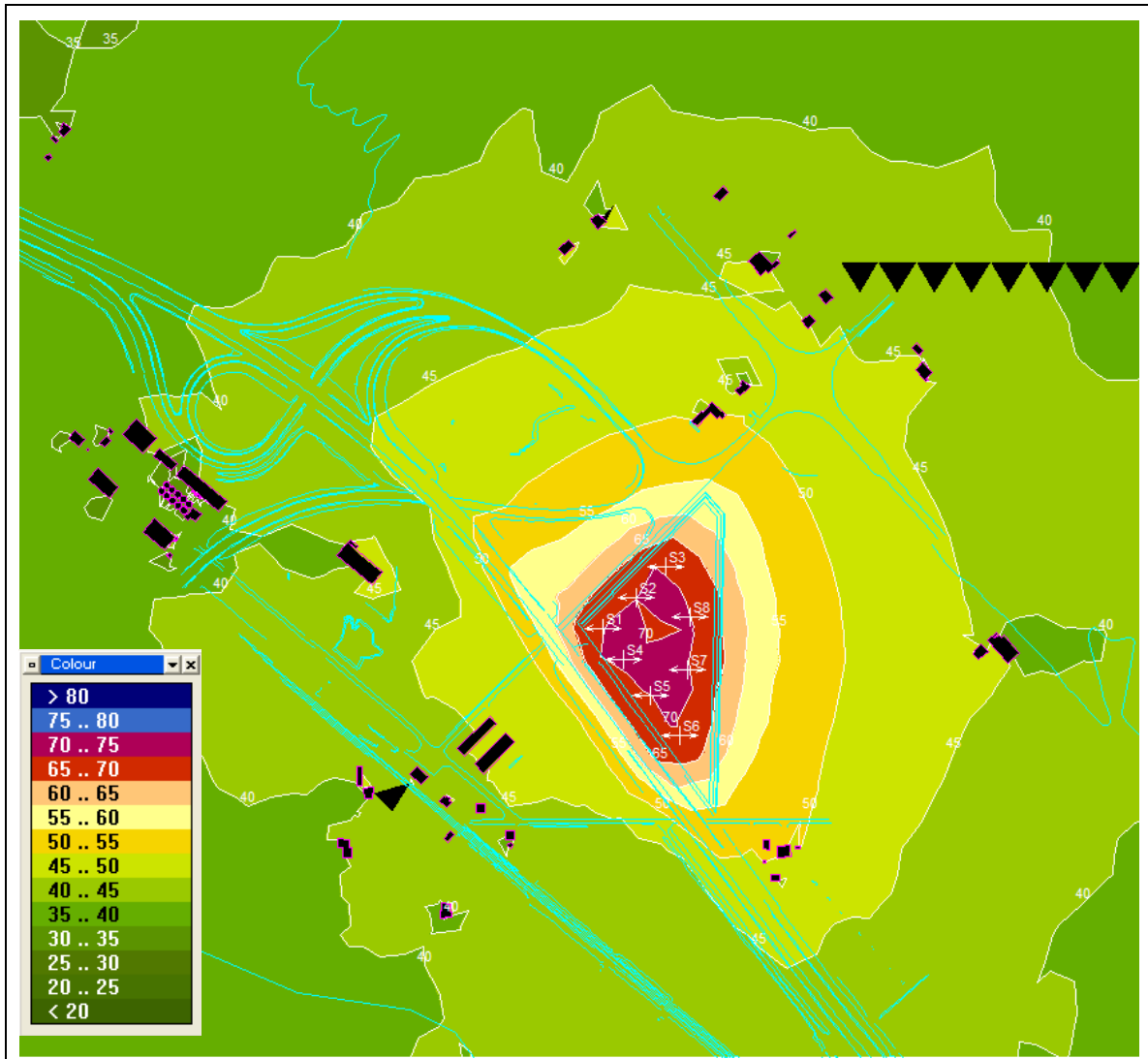


Figura 3: Lotto 2 – Cantiere Operativo 2

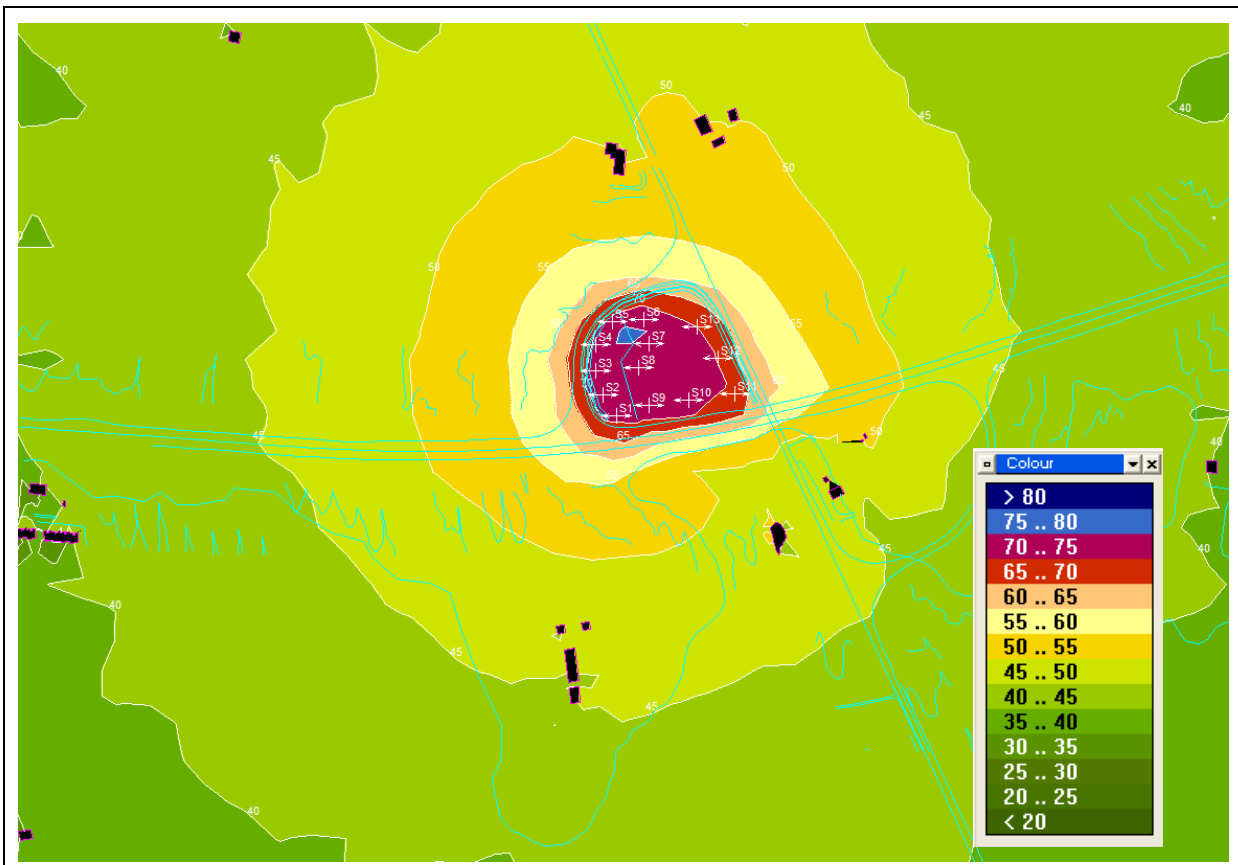


Figura 4: Lotto 2 – Cantiere Operativo 3

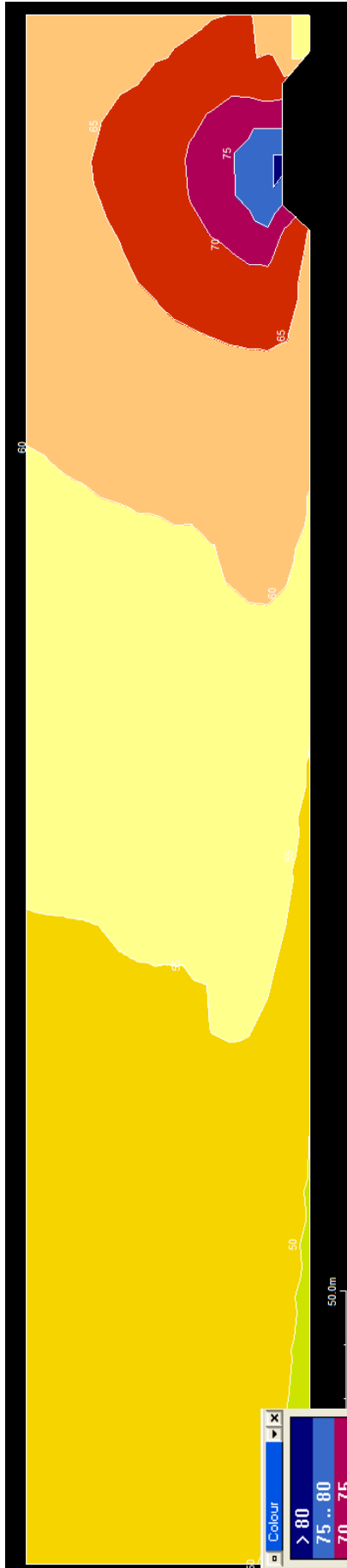


Figura 5: Cantiere operativo lungo linea – Output sezione

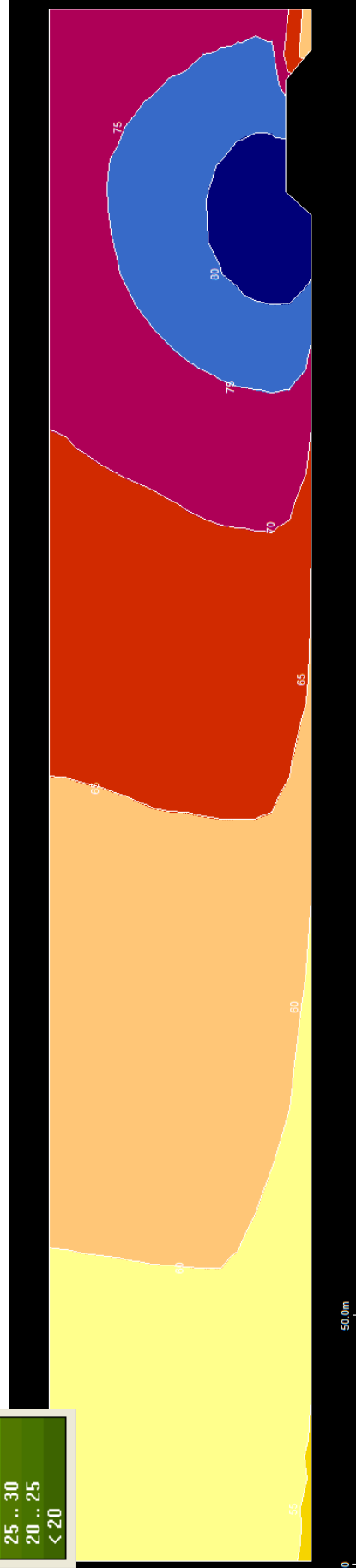


Figura 6: Cantiere opera d'arte – Output sezione

8.4 Analisi dei risultati delle simulazioni

Le simulazioni acustiche sono state condotte come detto attraverso un codice di calcolo ad hoc contenente un ampio database di rumorosità prodotta da macchinari tipo da cantiere, eventualmente integrato mediante i risultati di indagini fonometriche effettuate in occasione di altri studi analoghi a quello oggetto di lavoro.

Le simulazioni rappresentano una condizione media delle lavorazioni e quindi i risultati ottenuti, da un lato, possono sottostimare gli effettivi valori acustici relativamente alle condizioni di picco ma, da un altro lato, possono essere considerati cautelativi in quanto rappresentano valori costanti, senza interruzioni, durante tutto l'arco delle attività.

In riferimento ai valori acustici di emissione e di immissione relative alle zone acustiche dedotte dai documenti di zonizzazione acustica comunali delle amministrazioni attraversate dal progetto, nonché tenendo conto della normativa tecnica regionale, si osserva quanto segue.

Per quanto riguarda i cantieri fissi, cioè i campi base e i cantieri operativi fissi, al fine di limitare per quanto possibile l'impatto sul territorio, questi sono stati posizionati in aree con pochi edifici residenziali nelle vicinanze. Relativamente alla verifica dei livelli acustici di emissione dedotti dai documenti di zonizzazione acustica comunale, per quanto riguarda il territorio inerente al **lotto 2**, si evidenzia che:

- Campo Base e Cantiere Operativo Base – CO-CB-L2. Il cantiere è costituito da diverse aree lavorative ognuna delle quali possibile fonte di inquinamento. Le attività sono state elaborate nel loro complesso, associandole cioè in forma di contemporaneità, al fine di una stima di maggior cautela verso i ricettori presenti nell'intorno. L'area è stata scelta anche nell'ottica della scarsità di edifici abitativi e in particolare, sono presenti 2 caselli ferroviari il cui valore di rumore si attesta intorno a 47 decibel, 3 edifici abitativi con valori variabili da 45 a 55 decibel e 1 ricettore agricolo con circa 58 decibel. Tutti gli edifici ricadono nella IV classe di zonizzazione acustica ad eccezione di un edificio che ricade in III classe. Per tutti gli edifici prossimi all'area di cantiere, quindi, vengono rispettati gli standard normativi relativamente ai limiti acustici di emissione.
- Cantiere Operativo – CO1-L2. Il cantiere ricade all'interno di una classificazione IV e il territorio limitrofo è interessato parzialmente dalla zona IV adiacente la variante Aurelia e dalla zona III per il resto del territorio. Gli edifici residenziali più vicini si trovano a meno di 50 metri dal cantiere e ricadono in zona IV; per essi i valori di simulazione si attestano intorno ai 55-60

decibel e pertanto si può affermare che rientrino pienamente nei limiti acustici indicati dalla zonizzazione per la classe di appartenenza. Gli altri edifici abitativi si trovano a distanze tali da evidenziare valori acustici compatibili con la classe III e IV.

- Cantiere Operativo – CO2-L2. Il cantiere si trova interamente in IV classe di zonizzazione acustica, così come gli edifici abitativi posti nelle sue vicinanze. I valori di simulazione acustica hanno evidenziato livelli di rumore emissivo pari ad un massimo di 52 decibel e, quindi ampiamente nei limiti di riferimento acustico adottati.
- Cantiere Operativo – CO3-L2. Il cantiere si trova interamente in IV classe di zonizzazione acustica, così come gli edifici abitativi posti nelle sue vicinanze, ad eccezione di alcuni (i più lontani) che ricadono in III classe. I valori di simulazione acustica hanno evidenziato livelli di rumore emissivo pari ad un massimo di 52 decibel e, quindi ampiamente nei limiti di riferimento acustico adottati.

Per quanto riguarda i **cantieri lungo linea**, si considerano i macchinari potenzialmente impattanti posizionati sul bordo rilevato/trincea esistente in ragione della tipologia di lavorazione prevista che consiste nell'allargamento di una sede viaria esistente.

In particolare, sulla base delle simulazioni effettuate, per la tipologia di cantiere lungo linea si evince una distanza di interferenza di circa 120 metri, laddove si considera il limite acustico normativo di emissione per una III classe di zonizzazione acustica, e di 60 metri, laddove la classificazione acustica riporta una zona IV.

Tali distanze, se contestualizzate sul territorio evidenziano un elevato numero di ricettori potenzialmente impattati dalle attività di cantiere lungo linea. Va però detto che in questo caso, in ragione della temporaneità delle attività che incidono sui ricettori frontisti le lavorazioni per un numero limitato di giorni necessari all'avanzamento del cantiere, sembra maggiormente attinente considerare, non tanto il livello di emissione come sopra indicato, quanto il livello di soglia dei 70 dB(A) richiamato nella norma regionale sulle specifiche attività di cantiere limitato nel tempo.

In questo caso, la distanza limite di interferenza scende a circa 20 metri coinvolgendo un numero molto più limitato di ricettori, come indicato nella seguente tabella.

Lotto	Ricettore
LOTTO 2	G5-034
	G6-053
	G6-082
	G6-098-3
	G6-129
	G6-131-2
	G6-143-15
	G6-162-1
	G6-162-2
	G6-184-1
TOTALI EDIFICI LOTTO 2	10

Tabella 27: Ricettori potenzialmente disturbati dalle attività lavorative lungo linea

Per i ricettori sopra richiamati, a meno di ulteriori analisi di maggior dettaglio e nelle modalità indicate nella normativa tecnica nazionale e locale (L. 447/95 e L.R. 89/1998), si prevede di attuare lo strumento di deroga che l'appaltatore dovrà richiedere alle amministrazioni comunali di competenza.

Per quanto riguarda i **cantieri opere d'arte**, si considerano i macchinari potenzialmente impattanti posizionati parzialmente sul bordo rilevato/trincea e parzialmente a quota piano dio campagna.

In particolare, sulla base delle simulazioni effettuate e tenendo conto, come nel caso precedente, del livello di soglia su base normativa regionale, per la tipologia di cantiere opera d'arte si evince una distanza di interferenza di circa 70 metri.

Nella tabella seguente sono riportati gli edifici che ricadono nel raggio di influenza sopra indicato.

Lotto	Ricettore
LOTTO 2	G6-235-01
	G6-235-02
	G6-184-1
	G6-184-2
	G6-162-1
	G6-162-2
	G6-143-12
	G6-143-13
	G6-143-14
	G6-143-15
	G6-143-16
	G6-121
	G6-108-01
	G6-076
	G6-072
	G6-038-05
	G6-022-05
	G6-022-07
	G6-022-08
	G5-076
	G3-144
	G3-140-01
	G3-140-02
	G3-130-01
	G3-130-02
	G3-130-03
	G3-131-01
	G3-131-02
TOTALI EDIFICI LOTTO 2	29

Tabella 28: Ricettori potenzialmente disturbati dalla realizzazione di opere d'arte

8.5 Interventi di mitigazione per i cantieri: criteri generali

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, come ad esempio nel caso dei ricettori indicati nel precedente paragrafo, 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 e della LR 89/1998.

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 277 del 15 agosto 1991), 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, se già non previsti, e 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

- Eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione.
- Sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi.
- Controllo e serraggio delle giunzioni.
- Bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive.
- Verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori.
- 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*8 e 20*22).
- Imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati)
- Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.

Per quanto riguarda gli interventi "passivi", questi potranno consistere sostanzialmente nell'interposizione tra sorgente e ricettore di opportune schermature in grado di ottimizzare il clima acustico circostante.

In termini realizzativi tali obiettivi possono essere attuati ad esempio realizzando, al perimetro delle aree di cantiere schermature provvisorie ottenute con materiali di stoccaggio, terreno rimosso, attrezzature inutilizzate.