



PROVINCIA DI LIVORNO

MAPPATURA ACUSTICA

delle Strade Provinciali

«asse stradale principale»

(infrastruttura con più di 3.000.000 di veicoli/anno)

(Direttiva 2002/49/CE)

Report di Sintesi

Soggetto Responsabile

PROVINCIA DI LIVORNO
U.O. Porti, Logistica & Area Vasta
Via Galilei, 40
LIVORNO

Codice identificativo della infrastruttura:

001 / 002 / 004

Nome infrastruttura:

SP14 - del Paratino / SP40 - della Base Geodetica /
SP5a - della Valle Benedetta

Regione di appartenenza:

Toscana

Comuni interessati:

Livorno, Cecina, Piombino

File name:

IT_a_DF8_2012_Roads_0038_Report

La società incaricata:



VIE EN.RO.SE. Ingegneria

Via Stradivari, 19
50127 Firenze
www.vienrose.it
acustica@vienrose.it

Legale rappresentante:

Dott. Ing. Sergio Luzzi

Direttore tecnico:

Dott. Ing. Francesco Borchi

Collaboratori:

Dott.ssa Raffaella Bellomini
Dott. Ing. Andrea Falchi
Dott. Ing. Sara Recenti
Dott. Arch. Rossella Natale

Revisione

Data

Formato

Scala

Rev. 01

29/06/2012

A4 (*.pdf)

-

Rev. 02

03/09/2012

A4 (*.pdf)

-



INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI	7
3.	DESCRIZIONE DELLA INFRASTRUTTURA STRADALE	8
3.1	SEZIONI ACUSTICAMENTE OMOGENEE	8
3.2	MONITORAGGIO ACUSTICO E DEI FLUSSI DI TRAFFICO	8
3.3	FASCE DI PERTINENZA ACUSTICA	9
4.	BASE DATI PER LA MODELLAZIONE	12
4.1	MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	12
4.2	MODELLAZIONE DEGLI EDIFICI	12
4.3	DATO DI POPOLAZIONE	13
4.4	SORGENTE "TRAFFICO STRADALE"	13
4.5	DATI INTEGRATIVI PER LA MODELLAZIONE	13
5.	COSTRUZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE	14
5.1	SOFTWARE E STANDARD DI CALCOLO UTILIZZATI	14
5.2	CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELLA SORGENTE "TRAFFICO STRADALE" NEL MODELLO NMPB	15
5.2.1	<i>Fase di calibrazione del modello</i>	16
5.2.2	<i>Fase di validazione del modello</i>	17
5.2.3	<i>Simulazione acustica dell'intera infrastruttura</i>	18
6.	CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO ACUSTICO	20
6.1	CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI EMISSIONE	20
6.2	VALIDAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE	22
7.	SIMULAZIONI ACUSTICHE	23
8.	SINTESI DEI RISULTATI	24
9.	CONCLUSIONI	29



VIE EN.RO.SE. Ingegneria S.r.l.



PROVINCIA DI LIVORNO



1. INTRODUZIONE

Il presente Report di Sintesi descrive le attività di costruzione del modello di propagazione del rumore e di stesura della mappatura acustica che la Provincia di Livorno ha affidato alla società VIE. EN. RO. SE. Ingegneria S.r.l..

Oggetto del presente lavoro è l'insieme delle attività necessarie per la realizzazione della Mappatura Acustica delle infrastrutture principali extraurbane identificate, ai sensi dell'Art. 2 c. d del D. Lgs 194/2005, come «asse stradale principale» (infrastruttura stradale su cui transitano ogni anno più di 3.000.000 di veicoli) dalla Regione Toscana, in risposta agli adempimenti di legge relativi alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

Le infrastrutture stradali per le quali viene predisposta la mappatura acustica sono la seguenti:

- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 “del Paratino” (uscita Cecina Variante Aurelia / Rotatoria Ospedale Cecina, km 0+720);
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 “della Base Geodetica” (da innesto con SP23 a Centrale ENEL di Piombino, km 1+750);
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a “della Valle Benedetta” (Coteto-Salviano, km 1+500);

Il presente lavoro è stato realizzato per VIE EN.RO.SE. Ingegneria S.r.l. da:

- ✓ Legale Rappresentante: Dott. Ing. Sergio Luzzi, tecnico competente in acustica ambientale n. 67 della Regione Toscana, esperto qualificato di livello 3 CICPND in Acustica Suono e Vibrazioni n. 150/ASV;
- ✓ Direttore Tecnico: Dott. Ing. Francesco Borchi, tecnico competente in acustica ambientale n. 38 della Provincia di Firenze;
- ✓ Collaboratore: Dott. Ing. Andrea Falchi, tecnico competente in acustica ambientale n. 120 della Provincia di Firenze;
- ✓ Collaboratore: Dott. Ing. Sara Recenti, tecnico competente in acustica ambientale n. 138 della Provincia di Firenze;
- ✓ Collaboratore: Dott. Arch. Rossella Natale, tecnico competente in acustica ambientale della Regione Campania.

L'attività si compone delle seguenti fasi.

- ✓ Individuazione delle fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture oggetto di mappatura; l'ampiezza della fascia di pertinenza, come previsto dal D.P.R. 142/2004, è stata definita sulla base della tipologia di infrastruttura stradale, fornita dall'amministrazione provinciale.
- ✓ Analisi dei dati ISTAT relativi alle unità di censimento interessate dal corridoio di impatto.



- ✓ Suddivisione delle infrastrutture stradali oggetto di mappatura in sezioni ritenute acusticamente omogenee ovvero con caratteristiche simili a livello dimensionale (analoga larghezza della strada) e dei flussi di traffico.
- ✓ Svolgimento di una campagna di conteggio dei flussi di traffico di lunga durata effettuata in corrispondenza delle 10 infrastrutture strade oggetto di mappatura.
- ✓ Raccolta presso l'amministrazione provinciale dei report di sintesi del monitoraggio acustico di lungo periodo, effettuato da ARPAT nel mese di giugno 2012 in 3 postazioni localizzate sulle infrastrutture oggetto di mappatura.
- ✓ Raccolta dei report di sintesi del conteggio dei flussi di traffico effettuati dall'amministrazione provinciale in corrispondenza delle suddette postazioni fonometriche.
- ✓ Svolgimento di una campagna di monitoraggio del rumore, effettuata in opportune sezioni scelte in corrispondenza di ciascuna delle 3 strade oggetto della presente mappatura e svolte nelle seguenti tipologie di postazioni fonometriche: postazioni PS (ubicate in prossimità della sorgente, ed aventi durata di alcune ore), postazioni SPOT (di durata di circa 30 minuti, eseguite in contemporanea alle misurazioni nelle postazioni PS, per la caratterizzazione dell'emissione acustica nei diversi tratti di strada). Contestualmente alle misurazioni fonometriche in PS e SPOT, sono stati eseguiti rilievi manuali dei flussi di traffico: tali conteggi sono stati effettuati al fine di garantire una corrispondenza tra il dato di rumore e quello emissivo della sorgente acustica, e per permettere il confronto con i conteggi dei flussi di traffico di lunga durata.
- ✓ Costruzione ed implementazione del modello di simulazione acustica negli scenari di studio: per i calcoli è stato impiegato il package software SoundPLAN versione 7.1. Il software utilizza algoritmi di calcolo tipo "ray-tracing" e implementa, tra le varie norme, il metodo di calcolo francese NMPB - Routes - 96. Il metodo NMPB è lo standard utilizzato nel caso di interesse, in cui le sorgenti di studio sono infrastrutture stradali. Tale scelta recepisce le indicazioni della Direttiva Europea 2002/49/CE che, nell'allegato II, raccomanda il NMPB - Routes - 96 e la norma tecnica francese XP S31-133 per la modellizzazione del rumore da traffico stradale.
- ✓ Calibrazione del modello di propagazione acustica, mediante due distinte fasi:
 - taratura del modello acustico, effettuata mediante il confronto tra i valori misurati nelle postazioni PS e SPOT e quelli calcolati dal software. In particolare, la postazione PS e le postazioni SPOT vengono utilizzate per la taratura del modello di emissione in riferimento ai diversi tratti omogenei di interesse. In questa fase sono stati determinati i coefficienti di taratura per ciascuno scenario di studio al fine di garantire la rispondenza tra dati misurati e dati simulati;
 - validazione del modello, effettuata mediante il confronto tra i valori misurati nelle postazioni PR e quelli calcolati dal software: le simulazioni, in questa fase, sono state effettuate utilizzando i flussi di



traffico conteggiati nella campagna di lunga durata, corretti secondo lo specifico coefficiente di taratura del modello di emissione definito al passo precedente. La validazione è stata effettuata unicamente in corrispondenza delle infrastrutture stradali SP 2 "Ludovica" e SP 29 "Marlia" presso le quali sono state eseguite le misurazioni fonometriche nelle postazioni PR.

- ✓ Simulazioni acustiche: utilizzando i coefficienti correttivi determinati negli scenari oggetto di rilevazioni fonometriche è stata impostata la simulazione per l'intera estensione della specifica infrastruttura stradale, producendo mappature acustiche su un'area di calcolo opportunamente definita, e con riferimento ai seguenti parametri acustici:
 - STANDARD EUROPEO, mediante gli indicatori acustici, previsti ai sensi la Direttiva Europea 2002/49/CE recepita in Italia dal D. Lgs. 194/2005 , il livello L_{DEN} in dB(A) nel periodo giorno-sera-notte e il livello L_{NIGHT} in dB(A) nel periodo notturno.
- ✓ La mappatura acustica è stata eseguita attraverso le seguenti metodologie di calcolo:
 - CALCOLO IN FACCIATA: livelli sonori determinati a 4 m di altezza sulla facciata più esposta di ciascun edificio abitativo, al fine di individuare per il periodo di riferimento giorno/sera/notte e per il periodo di riferimento notturno, il numero assoluto e la percentuale di popolazione esposta ai seguenti intervalli dei livelli acustici L_{DEN} ed L_{NIGHT} :
 - $L_{DEN} < 55$ dB(A);
 - 55 dB(A) $\leq L_{DEN} < 60$ dB(A);
 - 60 dB(A) $\leq L_{DEN} < 65$ dB(A);
 - 65 dB(A) $\leq L_{DEN} < 70$ dB(A);
 - 70 dB(A) $\leq L_{DEN} < 75$ dB(A);
 - $L_{DEN} \geq 75$ dB(A).
 - $L_{NIGHT} < 50$ dB(A);
 - 50 dB(A) $\leq L_{NIGHT} < 55$ dB(A);
 - 55 dB(A) $\leq L_{NIGHT} < 60$ dB(A);
 - 60 dB(A) $\leq L_{NIGHT} < 65$ dB(A);
 - 65 dB(A) $\leq L_{NIGHT} < 70$ dB(A);
 - $L_{NIGHT} \geq 70$ dB(A).



- MAPPE ISOFONICHE: livelli sonori su una griglia di calcolo 10 m x 10 m (h=4 m), espressi negli indicatori L_{DEN} ed L_{NIGHT} , al fine di rappresentare graficamente la rumorosità prodotta dal transito dei mezzi sulle strade provinciali.

Gli elaborati facenti parte della presente consegna, sono stati compilati con riferimento al documento "Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche" (versione 2.0, data 18/05/2012) edito dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare.

Per quanto riguarda i report delle misurazioni fonometriche effettuate nelle postazioni PS e SPOT deve essere fatto esplicito riferimento all'elaborato "Schede di monitoraggio acustico", che la scrivente società consegna alla Provincia di Livorno contestualmente alle presente mappatura. Nelle suddette schede, viene inoltre riportato il report della campagna di conteggio dei flussi di traffico effettuati in contemporanea alle misurazioni fonometriche, oltre alle informazioni descrittive dei punti di misura stessi e del sistema di strumentazione utilizzato per le misure, corredato dei certificati di taratura di tutti i componenti.

La consegna è organizzata nelle seguenti sottocartelle di riferimento:

- ✓ CARTELLA PRINCIPALE: denominata "IT_a_rd0038".
- ✓ REPORT_IMAGES: contiene il report di sintesi e le mappe isofoniche (con riferimento agli indicatori acustici previsti ai sensi la Direttiva Europea 2002/49/CE recepita in Italia dal D. Lgs. 194/2005 , ovvero il livello L_{DEN} in dB(A) nel periodo giorno-sera-notte e il livello L_{NIGHT} in dB(A) nel periodo notturno).
- ✓ SHAPEFILE_METADATA: contiene gli shapefile delle suddette mappe isofoniche, oltre ad un tematismo descrittivo delle infrastrutture stradali oggetto di mappatura, oltre ad un tematismo contenente le infrastrutture stradali oggetto di mappatura. Tutti i tematismi sono corredati dai relativi metadati, contenuti nella cartella in formato *.xls, ed aventi lo stesso nome degli strati informativi cui fanno riferimento.
- ✓ REPORT_MECHANISM_XLS: contiene i file DF# in formato *.xls.



2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- ✓ Legge 26 ottobre 1995, n. 447, Legge quadro sull'inquinamento acustico (G.U. n. 254 del 30 ottobre 1995);
- ✓ D.M. Ambiente del 16 marzo 1998, Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (G.U. n. 76 del 01 aprile 1998);
- ✓ D.M. Ambiente del 29 novembre 2000, Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani di intervento di contenimento e abbattimento del rumore (G.U. n. 285 del 06 dicembre 2000);
- ✓ D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142, Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare (G.U. n. 127 del 01 giugno 2004);
- ✓ D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194, Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U. n. 222 del 23 settembre 2005);
- ✓ Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

Inoltre si è fatto riferimento alla seguente normativa tecnica:

- ✓ Metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96;
- ✓ Guide du Bruit des Transports Terrestres – Prevision des niveaux sonores” del 1980;
- ✓ Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità;
- ✓ UNI 11143-1:2005 Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 1: Generalità;
- ✓ UNI 11143-2:2005 Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 2: Rumore stradale;
- ✓ UNI/TR 11326:2009 – Acustica. Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica. Parte 1: Concetti generali;
- ✓ UNI ISO 1996-1: 2010 – Acustica. Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale. Parte 1: Grandezze fondamentali e metodi di valutazione;
- ✓ UNI ISO 1996-2: 2010 – Acustica. Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale. Parte 1: Determinazione dei livelli di rumore ambientale.



3. DESCRIZIONE DELLA INFRASTRUTTURA STRADALE

3.1 Sezioni acusticamente omogenee

Come riportato nell'introduzione, le infrastrutture stradali oggetto di mappatura acustica sono le seguenti:

- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 “del Paratino” (uscita Cecina Variante Aurelia / Rotatoria Ospedale Cecina, km 0+720);
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 “della Base Geodetica” (da innesto con SP23 a Centrale ENEL di Piombino, km 1+750);
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a “della Valle Benedetta” (Coteto-Salviano, km 1+500);

Per una ulteriore descrizione acustica e geometrica, le strade sono state suddivise in sezioni ritenute acusticamente omogenee ovvero con caratteristiche similari a livello dimensionale (analoga larghezza della strada) e dei flussi di traffico.

Secondo quanto concordato con l'amministrazione provinciale, è stata effettuata la seguente suddivisione:

- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 “del Paratino”:
 - sezione 1: da inizio tratto di competenza a innesto con SS1 Variante Aurelia (svincolo Cecina Centro, direzione Livorno);
 - sezione 2: da innesto con SS1 Variante Aurelia (svincolo Cecina Centro, direzione Livorno) a fine tratto di competenza.
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 “della Base Geodetica”:
 - sezione 1: da inizio tratto di competenza a ponte di innesto con SS398;
 - sezione 2: da ponte di innesto con SS398 fine tratto di competenza.
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a “della Valle Benedetta”:
 - sezione 1: da inizio tratto di competenza a innesto con SS1 Variante Aurelia (svincolo Livorno Sud);
 - sezione 2: da innesto con SS1 Variante Aurelia (svincolo Livorno Sud) a fine tratto di competenza.

3.2 Monitoraggio acustico e dei flussi di traffico

Al fine di determinare un set di dati utili per effettuare la calibrazione e la validazione del modello di propagazione acustica, è stato svolto un monitoraggio acustico e dei flussi di traffico identificando le seguenti tipologie di postazioni di misura:



- ✓ postazione fonometrica PS (ubicata in prossimità della sorgente, ed aventi durata di alcune ore);
- ✓ postazioni fonometriche SPOT (di durata di circa 30 minuti, eseguite in contemporanea alle misurazioni nelle postazioni PS);
- ✓ contestualmente alle misurazioni fonometriche in PS e SPOT, sono stati eseguiti rilievi manuali dei flussi di traffico: tali conteggi sono stati effettuati al fine di calibrare il modello di emissione acustica utilizzato, e per permettere i seguenti confronti: a) fra i volumi di traffico sul breve periodo nei diversi tratti omogenei di una infrastruttura stradale; b) fra i volumi di traffico sul breve e lungo periodo nella postazione di rilievo automatico dei flussi di traffico.

Le postazioni di monitoraggio sono state scelte in modo da caratterizzare tutti i tratti acusticamente omogenei definiti precedentemente.

3.3 Fasce di pertinenza acustica

Le disposizioni da seguire per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento del rumore derivante dal traffico stradale sono indicate dal D.P.R. 142/2004 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447". Il decreto definisce l'estensione di una particolare area limitrofa all'infrastruttura stradale, denominata fascia di pertinenza, all'interno della quale i limiti di riferimento vengono stabiliti dallo stesso decreto. Inoltre, dal momento che tutte le strade oggetto di mappatura sono già entrate in esercizio alla data di emanazione del D.P.R. 142/2004, sono classificabili come "strade esistenti e assimilabili".

Di seguito viene riportata la tabella dei limiti allegata al D.P.R. 142/2004 relativa alle strade esistenti.



Tabella 1 – Ampiezza delle fasce di pertinenza e limiti di immissione relativi ad infrastrutture stradali esistenti e assimilabili (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti).

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

L'estensione della fascia di pertinenza dell'infrastruttura ed i limiti ad essa relativi sono definiti in base alla tipologia di strada.

Secondo quanto dichiarato dall'amministrazione provinciale, la tipologia di strada (definita secondo Codice della Strada, D.L. n. 285 del 1992 e successive modificazioni) dei tratti di infrastruttura oggetto della presente mappatura acustica è, per le loro le sue caratteristiche geometriche, dimensionali e di traffico la TIPOLOGIA Cb.

Per tutte le stradi provinciali, si considera pertanto, ai fini acustici, una prima fascia ("A") di ampiezza pari a 100 metri, per ogni lato della infrastruttura stradale e misurata a partire dal confine stradale della stessa, cui segue una seconda fascia ("B"), di ampiezza pari ad ulteriori 50 metri.



Le simulazioni di rumore per la definizione della mappatura acustiche delle strade provinciali considerate, sono state effettuate all'interno di un'area di calcolo corrispondente ad una fascia territoriale di ampiezza raddoppiata rispetto a quella definita come "di pertinenza" (larghezza totale dell'area di calcolo: 600 m). Questa scelta è stata fatta al fine di considerare gli edifici corrispondenti ai ricettori sensibili, che ricadono in una area potenzialmente impattata dalla rumorosità prodotta dall'esercizio delle infrastrutture in questione (tale scelta è in linea con quanto richiesto dal D.P.R. 142/2004).

Le aree di calcolo così definite risultano appartenenti ai seguenti territori comunali:

- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 "del Paratino": Cecina;
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 "della Base Geodetica": Piombino;
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a "della Valle Benedetta": Livorno.



4. BASE DATI PER LA MODELLAZIONE

Per la costruzione del modello acustico di simulazione del rumore è necessario disporre di una base dati territoriali contenente i seguenti elementi:

- ✓ dati per la costruzione del modello del terreno;
- ✓ dati per la modellazione degli edifici;
- ✓ dati relativi alla caratterizzazione della sorgente acustica "traffico stradale";
- ✓ dati relativi alla popolazione;
- ✓ dati integrativi per la modellazione (eventuale presenza di barriere antirumore e di tratti con asfalti fonoassorbenti).

Nel caso specifico, i dati di input territoriale sono stati reperiti per mezzo della C.T.R. (Carta Tecnica Regionale) della Regione Toscana, in scala 1:2.000 ove presente, oppure in scala 1:10.000. Per quanto riguarda i dati di popolazione residente, è stato acquisito il dato di censimento ISTAT 2001.

4.1 *Modello digitale del terreno*

Relativamente alla costruzione della base territoriale su cui sono state effettuate le simulazioni acustiche, sono stati reperiti i seguenti dati di input, contenuti nella C.T.R. della Regione Toscana in scala 1:10.000 e, per le parti di territorio in cui essa è reperibile, in scala 1:2.000:

- ✓ curve di livello (layer da 801, 802, 803) riportanti l'altezza assoluta sul livello del mare con passo relativo di 2 / 10 m;
- ✓ punti quotati (layer 804, 805) riportanti l'altezza assoluta sul livello del mare.

Sulla base dei precedenti dati territoriali all'interno del software di simulazione acustica viene costruito il DGM (Digital Terrain Model) ovvero una rappresentazione numerica tridimensionale del territorio, effettuata mediante triangolazione dei dati territoriali di input.

4.2 *Modellazione degli edifici*

Il tematismo dell'edificato riveste nel modello acustico molteplici funzioni. Infatti, i principali schermi alla propagazione sonora sono proprio gli edifici che, oltre a costituire una superficie riflettente, sono anche gli elementi ricettori sulle cui facciate viene eseguito il calcolo della propagazione acustica.

Per quanto riguarda la funzione schermante si è ritenuto opportuno inserire nel modello tutti gli edifici cartografati all'interno delle sezioni censuarie che intersecano le fasce di pertinenza stradale delle infrastrutture oggetto di mappatura.



I dati di input riguardanti la modellazione degli edifici sono stati ricavati mediante opportune elaborazioni della C.T.R. della Regione Toscana in scala 1:10.000.

Preliminarmente sono state individuate le diverse tipologie di edificio, suddivise nei vari layer contenuti nella carte tecniche: layer 201 e 204 per gli edifici di tipologia residenziale e/o residenziale-mista, 202 per gli edifici di tipologia produttiva, da 205 a 219 per le altre tipologie di edifici, come serre, tettoie, baracche, garage.

Sono stati inoltre aggiunti gli edifici (residenziali e non) costruiti successivamente alla realizzazione della cartografia regionali, e censiti nel corso di una apposita fase di sopralluogo e di successivo controllo con le foto satellitari disponibili in rete.

4.3 Dato di popolazione

Il dato di popolazione da assegnare al singolo edificio è stato determinato facendo riferimento ai dati di popolazione del censimento ISTAT 2001 poiché non sono ancora disponibili i dati del censimento ISTAT 2011. In particolare, partendo dal dato di popolazione della sezione di censimento gli abitanti vengono assegnati al singolo edificio residenziale in proporzione al volume dell'edificio stesso rispetto al volume complessivo di tutti gli edifici residenziali appartenenti a quella sezione.

4.4 Sorgente "traffico stradale"

La sorgente di rumore "traffico stradale" è stata desunta a partire della C.T.R. della Regione Toscana in scala 1:2.000, tracciando i tratti di infrastruttura stradale oggetto di mappatura.

Ogni strada è composta da un arco viario, posto sulla mezzeria della strada. Sono state considerate unicamente le componenti principali di ciascuna infrastruttura, non inserendo nel modello di simulazione gli svincoli e le rampe di collegamento alla viabilità ordinaria. I dati di input per la caratterizzazione dell'emissione sonora di ciascuna delle strade individuate (composizione dei flussi di traffico suddivisi in veicoli leggeri e pesanti, velocità media dei veicoli, tipologia di pavimentazione stradale, tipologia di flusso) sono stati definiti ed inseriti mediante la procedura descritta nel paragrafo 5.2 della presente relazione tecnica.

4.5 Dati integrativi per la modellazione

Al fine di una corretta modellazione acustica sulle strade oggetto di mappatura, si è proceduto all'individuazione dei tratti in cui sono presenti eventuali interventi di mitigazione acustica già presenti. In particolare, secondo quanto dichiarato dall'amministrazione provinciale, nelle infrastrutture interessate, non sono presenti né barriere antirumore né tratti di asfalto fonoassorbente.



5. COSTRUZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

5.1 Software e standard di calcolo utilizzati

La valutazione dei livelli sonori è stata condotta mediante il software di calcolo SoundPLAN vers. 7.1 in cui è stato implementato il metodo di calcolo francese "NMPB-Routes-96" (metodo di calcolo indicato dalla Direttiva e dal D.Lgs 194/2005 per la modellazione del rumore stradale).

Il software consente di determinare la propagazione acustica in campo esterno prendendo in considerazione numerosi parametri e fattori legati:

- ✓ alla localizzazione, forma ed altezza degli edifici;
- ✓ alla topografia dell'area di indagine;
- ✓ alle caratteristiche fonoassorbenti del terreno;
- ✓ alla tipologia costruttiva e posizione planaltimetrica del tracciato stradale;
- ✓ alla presenza di eventuali ostacoli schermanti;
- ✓ alle caratteristiche acustiche della sorgente;
- ✓ alla dimensione ed alla tipologia di eventuali barriere antirumore.

Il software utilizza un algoritmo di calcolo tipo "ray-tracing" con tracciamento dei raggi dai punti ricettori.

Per quanto riguarda le impostazioni acustiche e di calcolo sono state adottate le seguenti specifiche:

- ✓ ordine di riflessione pari a 2;
- ✓ massimo raggio di ricerca 700 m (raggio sufficiente per la simulazione nella fascia di interesse);
- ✓ distanza di ricerca intorno a ciascun punto ricettore considerata nel calcolo pari a 500 m;
- ✓ massima distanza delle riflessioni dal ricettore pari a 500 m;
- ✓ massima distanza di riflessione dalla sorgente pari a 200 m;
- ✓ fattore suolo G pari a 0,5;
- ✓ coefficiente di riflessione di facciata pari a 0,8 (corrispondente ad una perdita di riflessione di 1 dB(A));
- ✓ occorrenza di condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono pari a:
 - 50% nel periodo GIORNO (6.00 – 20.00)
 - 75% nel periodo SERA (20.00 – 22.00)
 - 100% nel periodo NOTTE (22.00 – 6.00).



Le simulazioni sono state effettuate all'interno di un'area di calcolo di ampiezza pari a 300 m per ciascun lato delle infrastrutture stradali in oggetto (cfr. capitolo 4 del presente report di sintesi) ed utilizzando le procedure di calcolo, definite dallo standard europeo, mediante i seguenti indicatori acustici (previsti ai sensi la Direttiva Europea 2002/49/CE recepita in Italia dal D. Lgs. 194-2005):

- ✓ Livello L_{DEN} in dB(A) nel periodo giorno-sera-notte;
- ✓ Livello L_{NIGHT} in dB(A) nel periodo notturno (22.00 – 06.00).

I calcoli sono stati eseguiti a 4 m di altezza, escludendo la riflessione della facciata dell'edificio retrostante il punto di calcolo.

Come previsto dalla citata Direttiva Europea, la mappatura acustica è stata effettuata mediante le seguenti metodologie di calcolo:

- ✓ **CALCOLO DEI VALORI ACUSTICI IN FACCIATA:** i livelli sonori sono stati valutati come livelli massimi sulla facciata più esposta di ciascun edificio di tipologia residenziale, residenziale mista o sensibile (scuola, ospedali, case di cura e/o di riposo), escludendo di fatto gli edifici non residenziali come le attività commerciali e/o produttive, i luoghi di culto, gli impianti sportivi ed i fabbricati per cui non è generalmente prevista la presenza di persone attribuibili specificatamente ad esso (baracche, tettoie, garage, ecc.). Inoltre, sono state considerate solo le facciate con lunghezza maggiore di 3 m. Le simulazioni sono state effettuate ad un'altezza di 4 m dal suolo ed ad una distanza di 1 m dalla facciata del ricettore, inserendo un punto-ricettore per ciascuna facciata di ogni edificio.
- ✓ **CALCOLO DELLE MAPPE ACUSTICHE:** è stata definita una griglia di punti con passo di 10 m, posizionata ad un'altezza di 4 m dal suolo all'interno dell'area di calcolo precedentemente definita. La griglia di punti è stata da una parte utilizzata come base per la produzione delle mappe acustiche allegate, dall'altra è stata esportata in ambiente GIS come shapefile di tipo "poligonale".

5.2 Caratterizzazione acustica della sorgente "traffico stradale" nel modello NMPB

Sono state adottate le seguenti ipotesi relative alla modellazione della sorgente specifica:

- ✓ si considera un'unica linea sorgente posta al centro della carreggiata;
- ✓ la tipologia del flusso di traffico viene assegnata come "fluido continuo" su tutti gli archi del grafo;
- ✓ per quanto riguarda la pendenza del tracciato, questa viene considerata direttamente dal software sulla base della pendenza effettiva dei singoli tratti della linea sorgente;
- ✓ per quanto riguarda la superficie stradale, sono state acquisiti i dati relativi alla tipologia di asfalto: dal momento che in tutti i tratti oggetto di mappatura è sempre presente asfalto di tipo tradizionale, è stata considerata la correzione pari 0 dB relativa alla condizione di "asfalto liscio".



Gli elementi del grafo delle strade rappresentano le sorgenti acustiche specifiche oggetto della mappatura.

Tali sorgenti sono state utilizzate per tre diverse tipologie di calcolo:

- ✓ Il primo, relativo alla **fase di calibrazione** del modello acustico, è stata utilizzato per determinare i coefficienti correttivi relativi ai livelli di emissione tali da ottenere la rispondenza tra il dato simulato e quello misurato nelle postazioni PS e SPOT.
- ✓ Il secondo, relativo alla **fase di validazione** del modello acustico, è stato invece implementato per validare il modello acustico mediante il confronto con i dati diurni e notturni settimanali misurati nelle postazioni PR. In particolare, la validazione del modello di calcolo è stata effettuata nei periodi di riferimento previsti ai sensi della legislazione italiana e corrispondenti al periodo di riferimento diurno (6.00 – 22.00) ed a quello notturno (22.00 – 6.00).
- ✓ Infine, per quanto riguarda la **fase di simulazione acustica relativa all'intera strada**, i calcoli sono stati effettuati secondo parametri e periodi di riferimento previsti dalla normativa europea.

5.2.1 Fase di calibrazione del modello

All'interno delle sorgenti acustiche stradali sono stati inseriti i seguenti valori di input:

- ✓ Flussi di traffico: dati medi orari nel periodo di misura, ricavati dal conteggio manuale contemporaneo alle misurazioni fonometriche nelle postazioni SPOT e PS, suddivisi in veicoli leggeri e pesanti.
- ✓ Velocità: valori di velocità media desunti dalla campagna di conteggi settimanali dei flussi di traffico all'interno delle giornate in cui sono state effettuate le misurazioni fonometriche nelle postazioni SPOT e PS. In particolare tali valori, definiti in corrispondenza della postazione di conteggio dei veicoli, sono stati associati all'intero sviluppo della strada.

La sintesi dei dati di traffico (composizione dei flussi e velocità media) utilizzati come input del modello per la fase di taratura viene riportata in tabella.

Tabella 2 – Sintesi dei dati di traffico (taratura del modello)

UnRoad_ID	ID. postazione di misura	Sezione omogenea di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità Input legg-pes (km/h)
001	1_P01	1	1760	72	48-43
001	1_P02	1	1760	72	48-43
001	1_PS (*)	2	700	48	48-43
002	2_P01	1	1388	208	58-54
002	2_P02	1	1388	208	58-54



UnRoad_ID	ID. postazione di misura	Sezione omogenea di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità Input legg-pes (km/h)
002	2_PS (*)	2	600	52	48-54
003	3_P01	1	2176	75	71-69
003	3_P02	1	2176	75	71-69
003	3_P03	1	2176	75	71-69
003	3_PS (*)	2	1656	28	71-69

(*): i dati di traffico relativi alle postazioni PS rappresentano la media oraria dei flussi rilevati nelle 4 ore di monitoraggio effettuate in tali postazioni.

5.2.2 Fase di validazione del modello

All'interno delle sorgenti acustiche stradali sono stati inseriti i seguenti valori di input:

- ✓ Flussi di traffico: dati orari medi settimanali ricavati dalla campagna di conteggio del traffico, rilevati dall'amministrazione provinciale nella postazione fissa di conteggio, suddivisi in veicoli leggeri e pesanti.
- ✓ Velocità: valori di velocità media settimanale nei periodi di riferimento, desunti dalla campagna di monitoraggio dei flussi di traffico.

La sintesi dei dati di traffico (composizione dei flussi e velocità media) utilizzati come input del modello per la validazione viene riportata in tabella.

Tabella 3 – Sintesi dei dati di traffico (validazione del modello)

UnRoad_ID	Periodo di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità legg-pes (km/h)
001	Diurno (6.00-22.00)	1299	93	48-43
	Notturmo (22.00-6.00)	261	8	50-47
002	Diurno (6.00-22.00)	956	199	58-54
	Notturmo (22.00-6.00)	185	43	65-60
004	Diurno (6.00-22.00)	2875	423	71-69
	Notturmo (22.00-6.00)	672	48	72-69

I dati acustici di lungo periodo sono stati desunti dai report di sintesi della campagna di misurazioni fonometriche, effettuata da ARPAT, in 3 postazioni di misura collocate in corrispondenza di ciascuna delle 3 infrastrutture stradali oggetto della presente mappatura. In particolare, i rilievi sono stati effettuati nelle seguenti date:



- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 “del Paratino” da martedì 05/06/2012 a venerdì 08/06/2012;
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 “della Base Geodetica” da martedì 05/06/2012 a martedì 12/06/2012;
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a “della Valle Benedetta” da venerdì 08/06/2012 a giovedì 14/06/2012;

5.2.3 *Simulazione acustica dell'intera infrastruttura*

Per effettuare le simulazioni acustiche sull'intero scenario oggetto di mappatura, è stata effettuata una post-elaborazione dei dati di traffico orari forniti dall'amministrazione provinciale. Tali flussi sono stati rilevati in una postazione fissa di conteggio per ciascuna infrastruttura, nei seguenti giorni di misura (viene anche riportata la sottosezione acusticamente omogenea in corrispondenza della quale era posizionata la postazione):

- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 “del Paratino” da venerdì 01/06/2012 a lunedì 04/06/2012 (sottosezione 1);
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 “della Base Geodetica” da venerdì 01/06/2012 a martedì 05/06/2012 (sottosezione 1);
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a “della Valle Benedetta” da venerdì 01/06/2012 a lunedì 04/06/2012 (sottosezione 1);

A partire da questi dati, è quindi stata effettuata una post-elaborazione per ricavare i flussi medi settimanali come media ponderata sulle giornate feriali (peso complessivo 5), sabato (peso 1) e domenica (peso 1)

Per quanto riguarda la sezione acusticamente omogenea in cui è stata installata la postazione fissa di conteggio, i dati implementati nel modello sono direttamente quelli medi settimanali ricavati con la suddetta procedura di calcolo. Per le altre sezioni, invece i flussi di traffico sono stati parametrizzati considerando il rapporto dei mezzi leggeri conteggiati nelle varie postazioni con il valore ricavato in corrispondenza della sezione di conteggio.

In analogia con quanto stabilito per la fase di taratura del modello i valori di velocità dei mezzi in transito rilevati nella postazione fissa di conteggio sono stati associati all'intero sviluppo della strada .

I valori utilizzati per la simulazione acustica dell'intera strada sono riportati nella seguente tabella (con l'asterisco sono indicate le sottosezioni nelle quali ricadono le postazioni fisse di conteggio).

Tabella 4 – Sintesi dei dati di traffico (propagazione sugli scenari)

001: SP14	SOTTO SEZIONE 1 (*)		SOTTO SEZIONE 2	
	leggeri	pesanti	leggeri	pesanti
Day (6.00-20.00)	1347	102	606	46
Evening (20.00-22.00)	962	36	433	16
Night (22.00-6.00)	261	8	117	4



002: SP40	SOTTO SEZIONE 1 (*)		SOTTO SEZIONE 2	
	leggeri	pesanti	leggeri	pesanti
Day (6.00-20.00)	1007	214	413	88
Evening (20.00-22.00)	604	96	248	39
Night (22.00-6.00)	185	43	76	18
004: SP5a	SOTTO SEZIONE 1 (*)		SOTTO SEZIONE 2	
	leggeri	pesanti	leggeri	pesanti
Day (6.00-20.00)	2979	445	2234	334
Evening (20.00-22.00)	2148	265	1611	199
Night (22.00-6.00)	672	48	504	36



6. CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO ACUSTICO

In questo capitolo viene descritta la metodologia di taratura e validazione del modello di simulazione acustica.

La procedura di calibrazione viene eseguita apportando correzioni al modello di emissione, in riferimento alle postazioni di breve e media durata SPOT e PS. Vengono utilizzati i dati di traffico e di velocità riportati nella tabella 2. Per quanto riguarda il modello di propagazione, nella fase di calibrazione non sono stati svolti particolari approfondimenti sperimentali utilizzando parametri di caratterizzazione acustica del territorio utilizzati per infrastrutture simili nel corso di precedenti studi (cfr. *“Monitoraggio e mappatura acustica delle strade provinciali della provincia di Napoli”* autori Michele Avino, Raffaella Bellomini, Francesco Borchi, Giuseppe Ciaburro, Massimiliano Masullo, Massimo Nunzi, Valentino Pagliuca, Convegno Nazionale AIA Roma 4-6 luglio 2012).

Infine, le postazioni di monitoraggio fonometrico effettuate da ARPAT, vengono utilizzate per la validazione di lungo periodo del modello. In questo caso vengono utilizzati i dati di traffico e di velocità riportati nella tabella 3.

6.1 Calibrazione del modello di emissione

La fase di calibrazione del modello di calcolo è consistita nella determinazione, per ciascuna sezione acusticamente omogenea, di opportuni coefficienti di correzione K.

Il valore di ciascun coefficiente di correzione è stato definito a partire dalla differenza tra il valore acustico misurato e quello simulato in corrispondenza delle postazioni SPOT e PS. La correzione introdotta è stata effettuata dall'operatore con l'obiettivo di introdurre comunque correzioni minime tali da ricondurre gli scarti fra valore misurato e valore simulato entro ± 1.5 dB(A).

Nella pratica, la procedura è stata eseguita mediante i seguenti passaggi:

- ✓ costruzione, all'interno del modello di simulazione, di uno scenario virtuale contenente i punti "PS", "SPOT" e le sorgenti stradali in questione;
- ✓ calcolo del livello acustico (L_{Aeq} , espresso in dB(A)) generato, in corrispondenza dei punti PS e SPOT, implementando nella sorgente acustica il flusso medio orario dei veicoli conteggiati dall'operatore durante le misure, ed i relativi valori di velocità (dati riportati in tabella 2);
- ✓ confronto dei livelli misurati con gli analoghi livelli simulati;
- ✓ determinazione del valore del coefficiente di correzione K, secondo i criteri di scelta descritti.

La correzione K, espressa in dB, è stata implementata nel modello acustico correggendo l'emissione sonora e lasciando quindi inalterati gli altri parametri di input (composizione dei flussi di traffico, velocità, ecc.).

Nella seguente tabella è riportata la sintesi della metodologia di calibrazione esposta:



- ✓ colonna 1: codice identificativo dell'infrastruttura;
- ✓ colonna 2: codice identificativo della postazione di misura;
- ✓ colonna 3: codice identificativo e della sezione omogenea di riferimento;
- ✓ colonna 4: livelli di rumore misurati nella postazione (valori espressi in dB(A));
- ✓ colonna 5: livelli di rumore simulati nella postazione e relativa differenza rispetto al livello misurato (valori espressi in dB(A));
- ✓ colonna 6: valore del coefficiente di correzione K [dB(A)];
- ✓ colonna 7: differenza rispetto al livello misurato, tenendo conto del coefficiente (valori espressi in dB(A)).

Tabella 5 – Calibrazione del modello di emissione: coefficienti di correzione K

1	2	3	4	5		6	7
001	1_P01	1	68,6	72,9	4,3	-3,5	0,8
001	1_P02	1	65,6	70,3	4,7	-3,5	1,2
001	1_PS (*)	2	65,3	67,9	2,6	-1,5	1,1
002	2_P01	1	73,3	76,4	3,1	-2	1,1
002	2_P02	1	70,8	73,8	3,0	-2	1,0
002	2_PS (*)	2	67,9	68,9	1,0	0	1,0
003	3_P01	1	74,2	76,0	1,8	-2,5	-0,7
003	3_P02	1	71,8	74,4	2,6	-2,5	0,1
003	3_P03	1	68,0	71,6	3,6	-2,5	1,1
003	3_PS (*)	2	68,2	72,4	4,2	-3	1,2

Dall'analisi della tabella precedente si rileva, come noto anche in letteratura, che il modello di emissione associato allo standard NMPB tende a sovrastimare i valori misurati (cfr. "Monitoraggio e mappatura acustica delle strade provinciali della provincia di Napoli" autori Michele Avino, Raffaella Bellomini, Francesco Borchi, Giuseppe Ciaburro, Massimiliano Masullo, Massimo Nunzi, Valentino Pagliuca, Convegno Nazionale AIA Roma 4-6 luglio 2012).

La fase calibrazione del modello di calcolo comporta quindi l'applicazione dei coefficienti correttivi determinati, tali da definire una riduzione dell'emissione acustica di ciascuna sorgente stradale pari al valore del K stesso rispetto a quella determinata attraverso lo standard NMPB.



6.2 Validazione del modello di simulazione

Il modello di simulazione, tarato secondo la procedura descritta nel precedente paragrafo, è stato validato sul lungo periodo, utilizzando i dati fonometrici misurati da ARPAT ed i flussi di traffico rilevati nella relativa campagna di conteggio dei flussi. La validazione del modello di calcolo è stata effettuata nei periodi di riferimento previsti ai sensi della legislazione italiana e corrispondenti al periodo diurno (6.00 – 22.00) e notturno (22.00 – 6.00). Nella pratica, sono stati effettuati i seguenti passaggi:

- ✓ sono stati inseriti all'interno dello scenario virtuale di simulazione i punti presso i quali sono state eseguite le misurazioni fonometriche di lunga durata, postazioni PR;
- ✓ è stato calcolato il livello acustico ($L_{Aeq,TR}$ espresso in dB(A)) in corrispondenza dei punti-ricettore, implementando nella sorgente il flusso medio orario settimanale dei veicoli conteggiati nella postazione fissa, ed i relativi valori di velocità (dati riportati in tabella 3);
- ✓ è stato effettuato un confronto nel periodo di riferimento diurno ed in quello notturno, con i livelli acustici medi settimanali misurati nelle postazioni PR;
- ✓ la validazione del modello risulta verificata nel caso in cui la differenza tra i dati misurati e quelli simulati sia contenuta entro ± 3 dB(A).

Nella seguente tabella si riportano i risultati della procedura di validazione del modello.

- ✓ colonna 1: codice identificativo dell'infrastruttura;
- ✓ colonne 2/3: livelli di rumore misurati nella postazione PR nel periodo di riferimento diurno e relativa differenza rispetto al livello misurato (valori espressi in dB(A));
- ✓ colonne 4/5: livelli di rumore misurati nella postazione PR nel periodo di riferimento notturno e relativa differenza rispetto al livello misurato (valori espressi in dB(A)).

Tabella 6 – Risultati della validazione del modello

1	Periodo di Riferimento DIURNO (6.00 – 22.00)			Periodo di Riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00)		
	2	3		4	5	
001	65,9	67,3	+1,4	59,0	59,3	+0,3
002	71,8	71,3	-0,5	66,0	64,9	-1,1
004	74,2	75,9	1,7	68,8	69,3	0,5

Dalla tabella è possibile evidenziare che si è ottenuta una buona correlazione fra i dati sperimentali ed i livelli simulati con scarti contenuti entro i 2 dB(A).



7. SIMULAZIONI ACUSTICHE

Il modello di propagazione acustica calibrato e validato mediante la procedura riportata nel capitolo precedente, è stato utilizzato per la simulazione del rumore prodotto dall'intero sviluppo delle 3 infrastrutture stradali oggetto di mappatura, all'interno di un'area di calcolo di ampiezza pari a 300 m per ciascun lato dell'infrastruttura.

Le simulazioni vengono effettuate utilizzando la procedura di calcolo definita rispettivamente dallo STANDARD EUROPEO, e portano alla produzione dei seguenti risultati:

- ✓ Mappatura acustica, definita secondo lo standard europeo, degli indicatori acustici L_{DEN} ed L_{NIGHT} . I risultati vengono riportati sia in formato cartografico che in formato numerico mediante la definizione degli shapefile di tipo "poligonale":
 - *IT_a_DF8_2012_Roads_0038_NoiseAreaMap_LDEN.shp*;
 - *IT_a_DF8_2012_Roads_0038_NoiseAreaMap_LNIGHT.shp*.



8. SINTESI DEI RISULTATI

Nel presente capitolo vengono riportati ed analizzati i risultati della mappatura acustica. Tali risultati sono forniti secondo quanto richiesto ai sensi degli Allegati IV e VI della Direttiva Europea 2002/49/CE (recepita dal D.Lgs 194/2005), e sono stati ricavati da una elaborazione dei risultati delle simulazioni introdotte nei precedenti capitoli. In particolare, nel presente paragrafo, vengono riportate le stime sotto forma di istogrammi e tabelle (assolute e percentuali) del numero delle persone esposte agli intervalli di L_{DEN} ed L_{NIGHT} previste dalla suddetta normativa. Per entrambe le elaborazioni, le percentuali sono espresse rispetto al numero di abitanti attribuito agli edifici ricadenti nell'area di calcolo definita, e quindi esposti alla rumorosità prodotta dai transiti dei veicoli sull'infrastruttura stradale oggetto di mappatura. Di seguito, si riporta il numero di abitanti attribuito a ciascuna infrastruttura oggetto di mappatura:

- ✓ **UnRoad_ID: 001** – SP 14 “del Paratino”: 1.213 persone;
- ✓ **UnRoad_ID: 002** – SP 40 “della Base Geodetica”: 179 persone;
- ✓ **UnRoad_ID: 004** – SP 5a “della Valle Benedetta”: 2.164 persone;

Infine, le mappature acustiche sono state prodotte come curve isofoniche comprese nell'area di calcolo definita con riferimento, rispettivamente, agli indicatori acustici L_{DEN} (nell'intervallo tra 55 dB(A) e 75 dB(A)) ed L_{NIGHT} (nell'intervallo tra 50 dB(A) e 70 dB(A)). Nelle figure che seguono si riportano i grafici che individuano la percentuale di popolazione esposta al rumore stradale considerando gli indicatori europei L_{DEN} ed L_{NIGHT} .

Per l'indicatore L_{DEN} sono state utilizzate le seguenti fasce di esposizione al rumore stradale prodotto dai transiti dei mezzi:

- ✓ $L_{DEN} < 55$ dB(A);
- ✓ 55 dB(A) $\leq L_{DEN} < 60$ dB(A);
- ✓ 60 dB(A) $\leq L_{DEN} < 65$ dB(A);
- ✓ 64 dB(A) $\leq L_{DEN} < 70$ dB(A);
- ✓ 70 dB(A) $\leq L_{DEN} < 75$ dB(A);
- ✓ $L_{DEN} \geq 75$ dB(A).

Per l'indicatore L_{NIGHT} sono state utilizzate le seguenti fasce di esposizione al rumore stradale prodotto dai transiti dei mezzi:

- ✓ $L_{NIGHT} < 50$ dB(A);
- ✓ 50 dB(A) $\leq L_{NIGHT} < 55$ dB(A);
- ✓ 55 dB(A) $\leq L_{NIGHT} < 60$ dB(A);



- ✓ $60 \text{ dB(A)} \leq L_{\text{NIGHT}} < 65 \text{ dB(A)}$;
- ✓ $65 \text{ dB(A)} \leq L_{\text{NIGHT}} < 70 \text{ dB(A)}$;
- ✓ $L_{\text{NIGHT}} \geq 70 \text{ dB(A)}$.

Tabella 7 – Istogrammi della percentuale di popolazione esposta al rumore prodotto dal transito dei mezzi (L_{DEN})

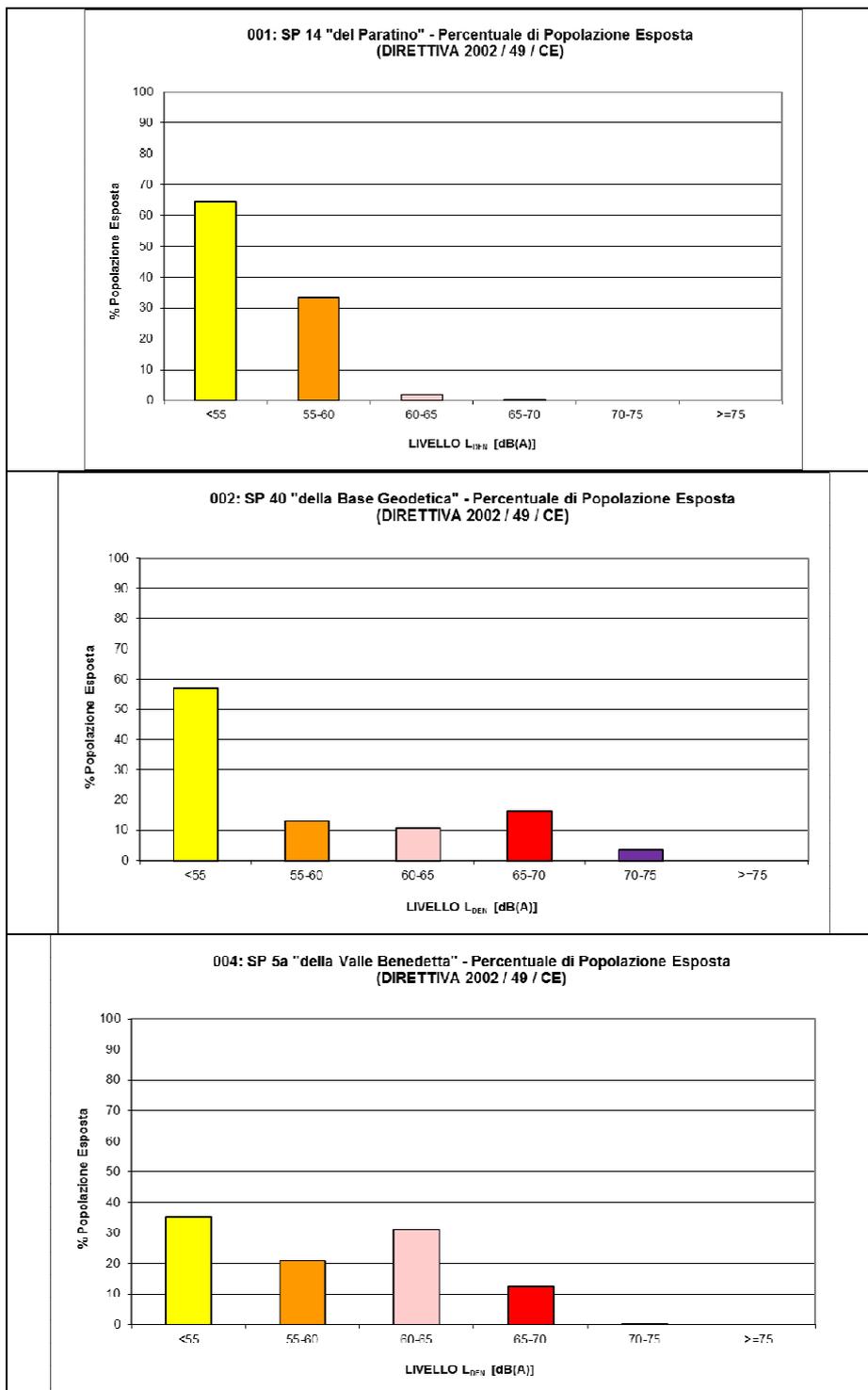
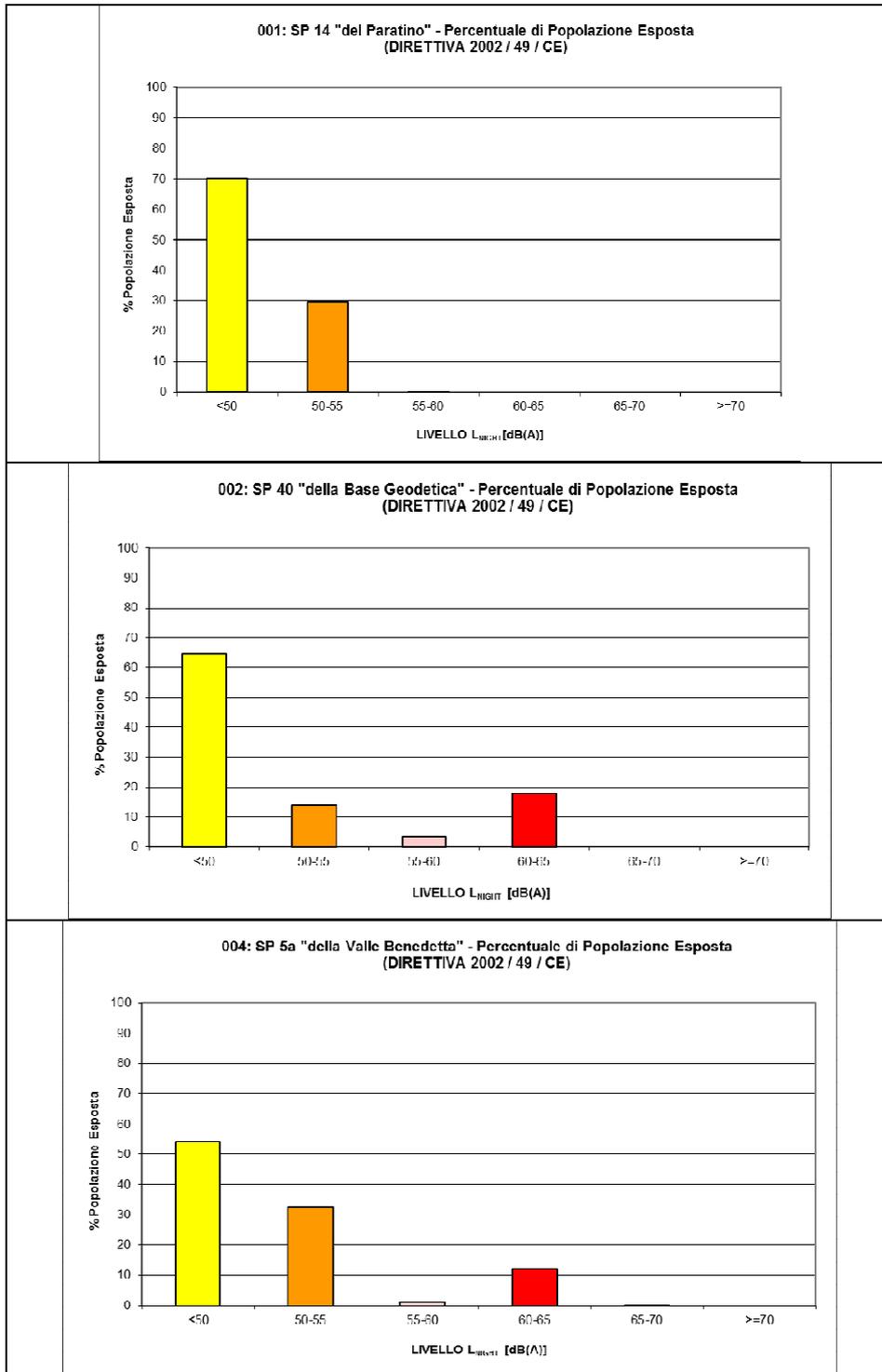




Tabella 8 – Istogramma della percentuale di popolazione esposta al rumore prodotto dal transito dei mezzi (L_{NIGHT})





Nelle tabelle che seguono si riporta in forma di tabella il numero e la relativa percentuale di abitanti esposta al rumore stradale per l'indicatore L_{DEN} e L_{NIGHT} .

Tabella 9 – Numero e percentuale di abitanti esposti al rumore stradale (L_{DEN})

L_{DEN} [dB(A)] 001 – SP14	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	781	64,4
55-60	406	33,5
60-65	23	1,9
65-70	3	0,2
70-75	0	0,0
>75	0	0,0
TOTALE	1213	100,0

L_{DEN} [dB(A)] 002 – SP40	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	102	57,0
55-60	23	12,8
60-65	19	10,6
65-70	29	16,2
70-75	6	3,4
>75	0	0,0
TOTALE	179	100,0

L_{DEN} [dB(A)] 004 – SP5a	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	760	35,1
55-60	455	21,0
60-65	670	31,0
65-70	272	12,6
70-75	7	0,3
>75	0	0,0
TOTALE	2164	100,0

Tabella 10 – Numero e percentuale di abitanti esposti al rumore stradale (L_{NIGHT})

L_{NIGHT} [dB(A)] 001 – SP14	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<50	850	70,1
50-55	360	29,7
55-60	3	0,2
60-65	0	0,0
65-70	0	0,0
>70	0	0,0
TOTALE	1213	100,0

L_{NIGHT} [dB(A)] 002 – SP40	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<50	116	64,8
50-55	25	14,0
55-60	6	3,4
60-65	32	17,9
65-70	0	0,0
>70	0	0,0
TOTALE	179	100,0

L_{NIGHT} [dB(A)] 004 – SP5a	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<50	1174	54,3
50-55	703	32,5
55-60	27	1,2
60-65	258	11,9
65-70	2	0,1
>70	0	0,0
TOTALE	2164	100,0



9. CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati riportati nel capitolo precedente è possibile trarre le seguenti conclusioni relativamente alle percentuali di popolazione esposta e considerando gli indicatori previsti dalla Direttiva Europea (L_{DEN} , L_{NIGHT}).

UnRoad ID: 001 – SP14 “del Paratino” (totali esposti 1.213 persone):

- ✓ circa il 64% della popolazione residente negli edifici esposti al rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A) (relativamente al periodo giorno-sera-notte, L_{DEN});
- ✓ gli esposti a livelli acustici superiori ai 65 dB(A) di L_{DEN} risultano essere circa lo 0%;
- ✓ circa il 70% della popolazione residente negli edifici esposti al rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 50 dB(A) (relativamente al periodo notte, L_{NIGHT});
- ✓ gli esposti a livelli acustici superiori ai 60 dB(A) di L_{NIGHT} risultano essere circa lo 0%.

UnRoad ID: 002 – SP40 “della Base Geodetica” (totali esposti 179 persone):

- ✓ circa il 57% della popolazione residente negli edifici esposti al rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A) (relativamente al periodo giorno-sera-notte, L_{DEN});
- ✓ gli esposti a livelli acustici superiori ai 65 dB(A) di L_{DEN} risultano essere circa il 20%;
- ✓ circa il 65% della popolazione residente negli edifici esposti al rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 50 dB(A) (relativamente al periodo notte, L_{NIGHT});
- ✓ gli esposti a livelli acustici superiori ai 60 dB(A) di L_{NIGHT} risultano essere circa il 18%.

UnRoad ID: 004 – SP5a “della Base Geodetica” (totali esposti 2.164 persone):

- ✓ circa il 35% della popolazione residente negli edifici esposti al rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A) (relativamente al periodo giorno-sera-notte, L_{DEN});
- ✓ gli esposti a livelli acustici superiori ai 65 dB(A) di L_{DEN} risultano essere circa il 13%;
- ✓ circa il 54% della popolazione residente negli edifici esposti al rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 50 dB(A) (relativamente al periodo notte, L_{NIGHT});



- ✓ gli esposti a livelli acustici superiori ai 60 dB(A) di L_{NIGHT} risultano essere circa il 12%.



IL PRESENTE ELABORATO SI COMPONE DI 31 PAGINE.

QUESTO DOCUMENTO E' STATO REDATTO PER VIE EN.RO.SE. INGEGNERIA S.R.L.

DAL DOTT. ING. FRANCESCO BORCHI

TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE N. 38 DELLA PROVINCIA DI FIRENZE

CON LA COLLABORAZIONE

DEL DOTT. ING. ANDREA GUIDO FALCHI

TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE N. 120 DELLA PROVINCIA DI FIRENZE

IL PRESENTE RAPPORTO E' STATO CONSEGNATO

IN DATA 03/09/2012

PER VIE EN.RO.SE. INGEGNERIA S.R.L.

DOTT. ING. SERGIO LUZZI (LEGALE RAPPRESENTANTE)



DOTT. ING. FRANCESCO BORCHI (DIRETTORE TECNICO)



DOTT. ING. ANDREA GUIDO FALCHI

VIE EN.RO.SE. Ingegneria S.r.l.
Via Stradivari, 19 50127 Firenze
C.Fisc e P.IVA 05806850482
Tel. 055 4379140 Fax 055 416835