



Provincia di Siena

# 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

### L'ente committente

**PROVINCIA DI SIENA**  
**SETTORE OO.PP Servizio Viabilità**  
Piazza del Duomo, 9  
53100 Siena

**Codice identificativo della infrastruttura:**  
001 / 002

**Nome infrastruttura:**  
SP 327 - di Foiano / SP 17 - Montepulciano

**Regione di appartenenza:**  
Toscana

**Comuni interessati:**  
Montepulciano, Sinalunga, Foiano della Chiana (AR)

**File name:**  
IT\_a\_DF8\_2012\_Roads\_0044\_Report

### La società incaricata:



**VIE EN.RO.SE. Ingegneria**  
Via Stradivari, 19  
50127 Firenze  
[www.vienrose.it](http://www.vienrose.it)  
[acustica@vienrose.it](mailto:acustica@vienrose.it)

**Legale rappresentante:**  
Dott. Ing. Sergio Luzzi

**Direttore tecnico:**  
Dott. Ing. Francesco Borchì

**Collaboratori:**  
Dott.ssa Raffaella Bellomini  
Dott. Ing. Andrea Falchi  
Dott. Ing. Sara Recenti

Revisione	Data	Formato	Scala
Rev. 01	27/06/2012	A4 (*.pdf)	-



## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI</b>	<b>7</b>
<b>3. STRUMENTAZIONE</b>	<b>9</b>
<b>4. DESCRIZIONE DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI</b>	<b>11</b>
4.1 SEZIONI ACUSTICAMENTE OMOGENEE	11
4.2 MONITORAGGIO ACUSTICO E DEI FLUSSI DI TRAFFICO	11
4.3 FASCE DI PERTINENZA ACUSTICA	12
<b>5. BASE DATI PER LA MODELLAZIONE</b>	<b>15</b>
5.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	15
5.2 MODELLAZIONE DEGLI EDIFICI	15
5.3 DATO DI POPOLAZIONE	16
5.4 SORGENTE "TRAFFICO STRADALE"	16
5.5 DATI INTEGRATIVI PER LA MODELLAZIONE	17
<b>6. COSTRUZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE</b>	<b>18</b>
6.1 SOFTWARE E STANDARD DI CALCOLO UTILIZZATI	18
6.2 CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELLA SORGENTE "TRAFFICO STRADALE" NEL MODELLO NMPB	19
6.2.1 <i>Fase di taratura del modello</i>	20
6.2.2 <i>Fase di validazione del modello</i>	21
6.2.3 <i>Simulazione acustica dell'intera infrastruttura</i>	22
<b>7. CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO ACUSTICO</b>	<b>24</b>
7.1 CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI EMISSIONE	24
7.2 VALIDAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE	25
<b>8. SIMULAZIONI ACUSTICHE</b>	<b>27</b>
<b>9. SINTESI DEI RISULTATI</b>	<b>28</b>
<b>10. CONCLUSIONI</b>	<b>32</b>





## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica descrive le attività di monitoraggio acustico, costruzione del modello di propagazione del rumore e mappatura acustica che la Provincia di Siena 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 le seguenti:

Tali requisiti corrispondono alle seguenti infrastrutture stradali:

- ✓ **Strada Provinciale SP 17 “di Montepulciano”**, nel tratto compreso l'innesto con la SP 15 “per Torrita”, e l'innesto con la SS 146: l'intero tratto ricade nel comune di Montepulciano;
- ✓ **Strada Provinciale SP 327 “di Foiano”**, nel tratto compreso tra il confine tra le province di Siena ed Arezzo e la rotatoria di accesso allo svincolo “Valdichiana” dell'autostrada A1: l'intero tratto ricade nel comune di Sinalunga.

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 Borchì, 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 per le infrastrutture oggetto di mappatura; l'ampiezza della fascia di pertinenza e dei relativi limiti acustici, come previsto dal D.P.R. 142/2004 e del D.M.A. 29/11/2000 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.
- ✓ Analisi degli strumenti urbanistici dei comuni interessati (Piano Regolatore Generale, Piano Comunale di Classificazione Acustica).
- ✓ Individuazione dei ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura e case di riposo) all'interno di una fascia avente ampiezza raddoppiata rispetto a quella di pertinenza.
- ✓ Svolgimento di una campagna di conteggio dei flussi di traffico di lunga durata effettuata in corrispondenza delle infrastrutture strade oggetto di mappatura.
- ✓ Suddivisione delle infrastrutture stradali oggetto di mappatura in sezioni ritenute acusticamente omogenee ovvero con caratteristiche simili a livello dimensionale (analogia larghezza della strada) e dei flussi di traffico.
- ✓ Svolgimento della campagna di monitoraggio del rumore, effettuata in 2 sezioni scelte in corrispondenza di ciascuna delle 2 strade oggetto della presente mappatura e svolte nelle seguenti tipologie di postazioni fonometriche: postazioni PR (ubicate in prossimità di un edificio-ricettore ed aventi durata almeno 3 giorni comprendendo nel periodo di misura un giorno ferialo, un giorno prefestivo ed un giorno festivo), postazioni PS (ubicate in prossimità della sorgente, ed aventi durata di alcune ore), postazioni SPOT (di durata di circa 10-20 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 nei 2 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 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 definito al passo precedente.
- ✓ 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 agli indicatori acustici (previsti ai sensi la Direttiva Europea 2002/49/CE recepita in Italia dal D. Lgs. 194/2005)  $L_{DEN}$  in dB(A) nel periodo giorno-sera-notte ed  $L_{NIGHT}$  in dB(A) nel periodo notturno.
- ✓ La mappatura acustica è stata eseguita attraverso due diverse metodologie di calcolo:
  - CALCOLO IN FACCIA: 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  $L_{NIGHT}$ :
    - $L_{DEN} < 55 \text{ dB(A)}$ ;
    - $55 \text{ dB(A)} \leq L_{DEN} < 60 \text{ dB(A)}$ ;
    - $60 \text{ dB(A)} \leq L_{DEN} < 65 \text{ dB(A)}$ ;
    - $64 \text{ dB(A)} \leq L_{DEN} < 70 \text{ dB(A)}$ ;
    - $70 \text{ dB(A)} \leq L_{DEN} < 75 \text{ dB(A)}$ ;
    - $L_{DEN} \geq 75 \text{ dB(A)}$ .
    - $L_{NIGHT} < 50 \text{ dB(A)}$ ;
    - $50 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 55 \text{ dB(A)}$ ;
    - $55 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 60 \text{ dB(A)}$ ;
    - $60 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 65 \text{ dB(A)}$ ;
    - $65 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 70 \text{ dB(A)}$ ;
    - $L_{NIGHT} \geq 70 \text{ dB(A)}$ .
  - 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.

La consegna è organizzata nelle seguenti sottocartelle di riferimento:

- ✓ CARTELLA PRINCIPALE: denominata *“IT\_a\_rd0044”*.
- ✓ 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 , 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. Le informazioni geografiche fornite sono corredate 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.P.C.M. 14 novembre 1997, Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U. n. 280 del 01 dicembre 1997);
- ✓ 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. STRUMENTAZIONE

Di seguito si riportano i dati tecnici dei sistemi fonometrici e software impiegati.

#### SISTEMA DI MISURA 1

- ✓ **FONOMETRO INTEGRATORE DI PRECISIONE 01 dB METRAVIB tipo SOLO S.N. 60982**  
conforme alle normative IEC 651 – EN 60651 classe 1 e IEC 804 – EN 60804
- ✓ **MICROFONO DI PRECISIONE A CONDENSATORE PREPOLARIZZATO 01 dB METRAVIB tipo PRE21 S.N. 13936**  
conforme alle normative EN61094-1/94 EN61094-2/93 EN61094-3/93 EN61094-4/95 IEC 651 classe 1

#### SISTEMA DI MISURA 2

- ✓ **FONOMETRO INTEGRATORE DI PRECISIONE BRUEL & KJÆR tipo 2250 s.n. 2506425**  
conforme alle normative IEC 651 – EN 60651 classe 1 e IEC 804 – EN 60804  
analizzatore di frequenza in tempo reale con modulo BZ7210
- ✓ **MICROFONO DI PRECISIONE A CONDENSATORE PREPOLARIZZATO BRUEL & KJÆR tipo 4189 S.N. 2440903**  
conforme alle normative EN61094-1/94 EN61094-2/93 EN61094-3/93 EN61094-4/95 IEC 651 classe 1

#### SISTEMA DI MISURA 3

- ✓ **FONOMETRO INTEGRATORE DI PRECISIONE BRUEL & KJÆR tipo 2250 S.N. 2690231**  
conforme alle normative IEC 651 – EN 60651 classe 1 e IEC 804 – EN 60804  
analizzatore di frequenza in tempo reale con modulo BZ7210
- ✓ **MICROFONO DI PRECISIONE A CONDENSATORE PREPOLARIZZATO BRUEL & KJÆR tipo 4189 S.N. 2680594**  
conforme alle normative EN61094-1/94 EN61094-2/93 EN61094-3/93 EN61094-4/95 IEC 651 classe 1

Prima e dopo l'esecuzione della misura gli strumenti sono stati calibrati con:

- ✓ **CALIBRATORE ACUSTICO BRUEL & KJÆR tipo 4231 S.N. 2691669**  
classe 1 secondo la norma IEC 942:1988  
livello sonoro prodotto 94 dB a 1000 Hz

Per la memorizzazione e l'elaborazione statistica dei dati si è fatto uso dei Software dedicati:



- ✓ **Basic sound analysis software BRUEL & KJÆR bz 7201, bz 7202, bz 7210**

Per la presentazione dei dati si è fatto uso del Software dedicato:

- ✓ **Noise Evaluator BRUEL & KJÆR 7820 vers. 4.16.2**
- ✓ **DB TRAIT 01dB vers. 4.903**

Per le simulazioni acustiche si è utilizzato il software:

- ✓ **SoundPLAN vers. 7.1**

Prima e dopo ogni ciclo di misure è stato effettuato il controllo di calibrazione. La differenza fra i livelli di calibrazione rilevati prima e dopo ogni ciclo di misure è risultata inferiore a 0.5 dB conformemente a quanto previsto dall'art. 2 comma 3 del D.M.16/3/1998.

Tutte le misure sono state effettuate attenendosi alle procedure e alle modalità stabilite dal D.M.16 marzo 1998 e dai suoi allegati. Si sono seguite le regole della buona tecnica previste dalla Norma UNI 9884 per la descrizione dei livelli sonori nell'ambiente.

- ✓ Trattandosi di misure in esterno si sono rispettate le regole e le distanze previste dall'allegato B del D.M. 16-03-1998;
- ✓ il tecnico incaricato della rilevazione e le persone che hanno assistito ai rilievi si sono tenuti, durante la misura, a una distanza tale da non influenzarla;
- ✓ il tempo di misura è stato scelto coerentemente con le esigenze della campagna di rilevazioni fonometriche;
- ✓ tutte le misure si intendono eseguite in condizioni meteorologiche normali, ovvero in assenza di precipitazioni atmosferiche e con velocità del vento nella postazione di misura inferiore a 5 m/s; per quanto concerne l'incertezza delle misure, si deve comunque tener conto di una tolleranza di  $\pm 0.5$  dB.

I report fonometrici di tutte le misurazioni effettuate e copia dei certificati di taratura degli strumenti che compongono i vari sistemi di misura sono riportati nell'elaborato "EL02: Schede di Monitoraggio".



## 4. DESCRIZIONE DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

### 4.1 Sezioni acusticamente omogenee

Come riportato nell'introduzione, le infrastrutture stradali oggetto del monitoraggio e della mappatura acustica sono le seguenti:

- ✓ **Strada Provinciale SP 17 “di Montepulciano”**, nel tratto compreso l'innesto con la SP 15 “per Torrita”, e l'innesto con la SS 146: l'intero tratto ricade nel comune di Montepulciano;
- ✓ **Strada Provinciale SP 327 “di Foiano”**, nel tratto compreso tra il confine tra le province di Siena ed Arezzo e la rotatoria di accesso allo svincolo “Valdichiana” dell'autostrada A1: l'intero tratto ricade nel comune di Sinalunga.

Per una ulteriore descrizione acustica e geometrica, le due strade sono state suddivise in sezioni ritenute acusticamente omogenee ovvero con caratteristiche simili 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:

- ✓ SP 17 “di Montepulciano”
  - sezione 1: dall'inizio tratto di competenza all'incrocio con Via della Spinella, che corrisponde al punto di ingresso nel centro urbano di Montepulciano;
  - sezione 2: dall'incrocio con Via della Spinella all'incrocio con Viale del Sangallo, che corrisponde al punto di ingresso nel centro storico di Montepulciano;
  - sezione 3: dall'incrocio con Viale del Sangallo a fine tratto di competenza.
- ✓ SP 327 “di Foiano”
  - sezione 1: dall'inizio tratto di competenza alla rotatoria di accesso allo svincolo direzione Siena della Strada di Grande Comunicazione Siena-Perugia;
  - sezione 2: dalla suddetta rotatoria alla rotonda di accesso allo svincolo direzione Perugia della Strada di Grande Comunicazione Siena-Perugia;
  - sezione 3: dalla suddetta rotatoria alla fine del tratto di competenza.

### 4.2 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 di rilievo dei flussi di traffico articolato sulle seguenti tipologie di postazioni di misura:



- ✓ postazione di conteggio del traffico (ubicata in prossimità della postazione fonometrica PR e contemporanea a questa);
- ✓ postazione fonometrica PR (ubicata in prossimità di un edificio-ricettore ed avente durata almeno 3 giorni comprendendo nel periodo di misura un giorno feriale, un giorno prefestivo ed un giorno festivo);
- ✓ postazione fonometrica PS (ubicata in prossimità della sorgente, ed aventi durata di alcune ore);
- ✓ postazioni fonometriche SPOT (di durata di circa 10-20 minuti, eseguite in contemporanea alle misurazioni nelle postazioni PS, per la caratterizzazione della propagazione acustica);
- ✓ 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.

Le postazioni di monitoraggio sono state scelte in modo da caratterizzare tutti i tratti acusticamente omogenei definiti precedentemente. Inoltre, le postazioni fonometriche PS sono state sempre ubicate nelle vicinanze della postazione PR.

Di seguito si riporta l'elenco delle postazioni di monitoraggio.

- ✓ SP 17 "Montepulciano":
  - sezione 1: postazioni fonometriche PS e PR e postazione di conteggio dei flussi di traffico;
  - sezione 2: postazione fonometrica SPOT P01;
  - sezione 3: postazioni fonometriche SPOT P02, P03.
- ✓ SP 327 "di Foiano":
  - sezione 1: postazioni fonometriche PS e PR e postazione di conteggio dei flussi di traffico;
  - sezione 2: postazione fonometrica SPOT P01;
  - sezione 3: postazione fonometrica SPOT P02.

#### **4.3 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, le tipologie 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 queste sono i seguenti:

- ✓ **Strada Provinciale SP 17 “di Montepulciano”, TIPOLOGIA E;**



- ✓ **Strada Provinciale SP 327 “di Foiano”**, TIPOLOGIA Cb (categoria nella quale ricadono tutte le strade extraurbane diverse da quelle a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980).

Per la SP 17 si considera pertanto, ai fini acustici, una unica fascia di ampiezza pari a 30 metri, per ogni lato della infrastruttura stradale e misurata a partire dal confine stradale della stessa. Per la SP 327 si considera invece 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: per la SP 17 120 m, mentre per la SP 327 600 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.

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

- ✓ SP 17 “di Montepulciano”: Montepulciano;
- ✓ SP 327 “di Foiano”: Sinalunga (SI), Foiano della Chiana (AR).



## 5. BASE DATI PER LA MODELLAZIONE

Per la costruzione del modello acustico di simulazione del rumore è necessario disporre di una base di 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 relativi ai numero di ricettori da assegnare agli edifici sensibili (numero di studenti iscritti per gli edifici scolastici e numero di posti letto per ospedali e case di cura);
- ✓ 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 1:5.000. Per quanto riguarda i dati di popolazione residente, è stato acquisito il dato di censimento ISTAT 2001, mentre in riferimento ai ricettori sensibili, il dato è stato acquisito attraverso contatto telefonico diretto con tutte le strutture individuate.

### 5.1 Modello digitale del terreno

Il DGM (Digital Terrain Model) è una rappresentazione numerica tridimensionale del territorio, effettuata mediante triangolazione dei dati territoriali di input dal modello di simulazione.

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 1:5.000:

- ✓ curve di livello (layer da 0801, 0802, 0803) riportanti l'altezza assoluta sul livello del mare con passo relativo di 5 m;
- ✓ punti quotati (layer 0804, 0805) riportanti l'altezza assoluta sul livello del mare

### 5.2 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 1:5.000. Preliminarmente sono state individuate le diverse tipologie di edificio, suddivise nei vari layer contenuti nella carte tecniche: layer 0201 e 0204 per gli edifici di tipologia residenziale e/o residenziale-mista, 0202 per gli edifici di tipologia produttiva, da 0205 a 0219 per le altre tipologie di edifici, come serre, tettoie, baracche, garage.

I ricettori sensibili sono stati invece individuati singolarmente per mezzo dell'analisi degli strumenti urbanistici dei comuni interessati, in particolare del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) e del Piano Comunale di Classificazione Acustica (P.C.C.A.).

### **5.3 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. 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.

Per quanto riguarda, invece, gli esposti attribuibili agli edifici sensibili, il dato riguarda il numero complessivo di studenti per le scuole, ed il numero complessivo di posti letto per le strutture sanitarie. Tali dati sono stati acquisiti attraverso contatto telefonico diretto con tutte le strutture che hanno evidenziato un superamento dei limiti imposti.

### **5.4 Sorgente "traffico stradale"**

La sorgente di rumore "traffico stradale" è stata desunta a partire dalla C.T.R. della Regione Toscana in scala 1:5.000, tracciando i tratti di infrastruttura stradale oggetto di mappatura.

Ogni strada è composta da un arco viario, posto sulla mezzzeria delle strade. 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 6.2 della presente relazione tecnica.

Le infrastrutture stradali oggetto della mappatura sono riportate nella seguente tabella, unitamente al codice identificativo della sezione di monitoraggio fonometrico ed all'elenco dei Comuni ricadenti nella rispettiva area di pertinenza per il calcolo della mappatura.

*Tabella 2 – Strade oggetto di monitoraggio e mappatura.*

ID. SEZIONE	DENOMINAZIONE STRADA
1	Strada Provinciale 17 "di Montepulciano"
2	Strada Provinciale 327 "di Foiano"

## 5.5 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. Da quanto emerso da opportuni sopralluoghi eseguiti dalla scrivente società e secondo quanto dichiarato dall'amministrazione provinciale, nelle infrastrutture interessate, non sono presenti ne' barriere antirumore ne' tratti di asfalto fonoassorbente.



## 6. COSTRUZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

### 6.1 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 planoaltimetrica 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. paragrafo 4.3 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 (6.00 – 22.00).

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 i punti-ricettore ad una distanza reciproca di 4 m.
- ✓ **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".

## 6.2 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 oggetto di mappatura rappresentano le sorgenti acustiche specifiche mediante le quali sono state effettuate le simulazioni. Tali sorgenti sono state utilizzate per due diverse tipologie di calcolo:

- ✓ Il primo, relativo alla taratura del modello, è stato utilizzato per determinare i coefficienti correttivi di taratura tali da ottenere la rispondenza tra il dato simulato ed il relativo livello misurato nelle postazioni PS e SPOT.
- ✓ Il secondo, 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 italiana e da quella europea.

#### **6.2.1 Fase di taratura 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 per caratterizzare la rumorosità di tutta l'infrastruttura oggetto di mappatura acustica.

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

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

Strada Provinciale	ID. postazione di misura	Sezione omogenea di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità input
SP17	1_P01a	Sezione 2	744	42	51
SP17	1_P01b	Sezione 2	744	42	51
SP17	1_P02a	Sezione 3	814	46	51
SP17	1_P02b	Sezione 3	814	46	51
SP17	1_P03a	Sezione 3	988	66	51
SP17	1_P03b	Sezione 3	988	66	51
SP17	1_PS (*)	Sezione 1	812	32	51
SP327	2_P01a	Sezione 2	912	104	44
SP327	2_P01b	Sezione 2	912	104	44
SP327	2_P01c	Sezione 2	912	104	44
SP327	2_P02a	Sezione 3	1028	150	44
SP327	2_P02b	Sezione 3	1028	150	44
SP327	2_PS (*)	Sezione 1	638	55	44

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

### 6.2.2 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 settimanali, rilevati nella postazione fissa di conteggio in contemporanea ai rilievi fonometrici nella postazione PR, 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 4 – Sintesi dei dati di traffico (validazione del modello)

Strada Provinciale	Periodo di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità (km/h)
SP 17	Day (6.00-20.00)	585	41	53
	Evening (20.00-22.00)	349	8	57
	Night (22.00-6.00)	84	2	59
	Diurno (6.00-22.00)	556	37	54
	Notturmo (22.00-6.00)	84	2	59
SP 324	Day (6.00-20.00)	473	164	44
	Evening (20.00-22.00)	321	89	46
	Night (22.00-6.00)	70	27	48
	Diurno (6.00-22.00)	454	155	44
	Notturmo (22.00-6.00)	70	27	48

### 6.2.3 Simulazione acustica dell'intera infrastruttura

Per le simulazioni acustiche effettuate sull'intero scenario oggetto di mappatura, è stata effettuata una post-elaborazione dei dati di traffico settimanali, riportati nella precedente tabella.

Per quanto riguarda la sezione acusticamente omogenea in cui sono state installate la postazione fissa di conteggio e la postazione fonometrica PR, i dati implementati nel modello sono direttamente quelli medi settimanali sopra riportati: sia per la SP 17 che per la SP 324, tale sezione corrisponde alla numero 1. Per le altre sezioni, invece i flussi di traffico sono stati parametrizzati considerando il rapporto dei mezzi leggeri conteggiati nelle varie sezioni SPOT con il valore conteggiato nello stesso periodo nella sezione PS/PR.

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

I utilizzati per la simulazione acustica dell'intera strada sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 5 – Sintesi dei dati di traffico (propagazione sugli scenari)

Strada Provinciale	Sezione omogenea di riferimento	Periodo di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità (km/h)
SP 17	Sezione 1	Day (6.00-20.00)	585	41	53
SP 17		Evening (20.00-22.00)	349	8	57
SP 17		Night (22.00-6.00)	84	2	59
SP 17		Diurno (6.00-22.00)	556	37	54



Strada Provinciale	Sezione omogenea di riferimento	Periodo di riferimento	Leggeri (veic/h)	Pesanti (veic/h)	Velocità (km/h)
SP 17		Notturmo (22.00-6.00)	84	2	59
SP 17	Sezione 2	Day (6.00-20.00)	527	37	53
SP 17		Evening (20.00-22.00)	314	8	57
SP 17		Night (22.00-6.00)	76	2	59
SP 17		Diurno (6.00-22.00)	500	33	54
SP 17		Notturmo (22.00-6.00)	76	2	59
SP 17	Sezione 3	Day (6.00-20.00)	644	45	53
SP 17		Evening (20.00-22.00)	384	9	57
SP 17		Night (22.00-6.00)	92	3	59
SP 17		Diurno (6.00-22.00)	611	41	54
SP 17		Notturmo (22.00-6.00)	92	3	59
SP 327	Sezione 1	Day (6.00-20.00)	473	164	44
SP 327		Evening (20.00-22.00)	321	89	46
SP 327		Night (22.00-6.00)	70	27	48
SP 327		Diurno (6.00-22.00)	454	155	44
SP 327		Notturmo (22.00-6.00)	70	27	48
SP 327	Sezione 2	Day (6.00-20.00)	663	230	44
SP 327		Evening (20.00-22.00)	449	124	46
SP 327		Night (22.00-6.00)	97	37	48
SP 327		Diurno (6.00-22.00)	636	217	44
SP 327		Notturmo (22.00-6.00)	97	37	48
SP 327	Sezione 3	Day (6.00-20.00)	757	263	44
SP 327		Evening (20.00-22.00)	514	142	46
SP 327		Night (22.00-6.00)	111	43	48
SP 327		Diurno (6.00-22.00)	727	248	44
SP 327		Notturmo (22.00-6.00)	111	43	48





## 7. 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 e di propagazione, in riferimento alle postazioni di breve e media durata SPOT e PS. Vengono utilizzati i dati di traffico e di velocità riportati nella tabella 3.

Per quanto riguarda il modello di propagazione, nella fase di calibrazione non sono stati svolti particolari approfondimenti sperimentali.

Infine, le postazioni PR, poste in corrispondenza dell'edificio ricettore, 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 4.

### 7.1 Calibrazione del modello di emissione

La prima fase della 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: in particolare, tali valori sono stati determinati in modo tale da garantire uno scarto tra il dato misurato e quello simulato non superiore a  $\pm 1.5$  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 4);
- ✓ 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 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 della sezione omogenea di riferimento;
- ✓ colonna 2: codice identificativo della postazione di misura;

- ✓ colonna 3: livelli di rumore misurati nella postazione (valori espressi in dB(A));
- ✓ colonna 4: livelli di rumore simulati nella postazione (valori espressi in dB(A)) e relativa differenza rispetto al livello misurato;
- ✓ colonna 5: valore del coefficiente di correzione K [dB(A)];
- ✓ colonna 6: livelli di rumore simulati nella postazione (valori espressi in dB(A)) tenendo conto del coefficiente correttivo e relativa differenza rispetto al livello misurato.

Tabella 6 – Calibrazione del modello di emissione: coefficienti di correzione K

1	2	3	4		5	6
Sezione 2	1_P01a	69,0	71,9	2,9	-1,5	1,4
Sezione 2	1_P01b	67,1	69,8	2,7	-1,5	1,2
Sezione 3	1_P02a	69,9	72,2	2,3	-2,5	-0,2
Sezione 3	1_P02b	68,4	70,1	1,7	-2,5	-0,8
Sezione 3	1_P03a	68,9	72,7	3,8	-2,5	1,3
Sezione 3	1_P03b	67,2	71,0	3,8	-2,5	1,3
Sezione 1	1_PS	69,4	70,7	1,3	-0,5	0,8
Sezione 2	2_P01a	69,0	73,7	4,7	-4,5	69,0
Sezione 2	2_P01b	64,5	70,0	5,5	-4,5	64,5
Sezione 2	2_P01c	62,6	67,4	4,8	-4,5	62,6
Sezione 3	2_P02a	70,7	75,4	4,7	-4,5	70,7
Sezione 3	2_P02b	66,9	72,5	5,6	-4,5	66,9
Sezione 1	2_PS	63,3	67,1	3,8	-4	63,3

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, in particolare quando sono presenti percentuali consistenti di mezzi pesanti. La 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.

## 7.2 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 in corrispondenza delle postazioni PR (postazioni in facciata,



ritenute di maggior interesse per la valutazione degli eventuali superamenti) 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 4);
- ✓ 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  $\pm 3$  dB(A).

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

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

Tabella 7 – Risultati della validazione del modello

1	TR DIURNO (6.00 – 22.00)			TR NOTTURNO (22.00 – 6.00)		
	2	3		4	5	
1_PR	71,6	72,1	0,5	64,2	62,9	-1,3
2_PR	63,7	65,9	2,2	57,8	58,7	0,9

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 3 dB(A).



## 8. 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 2 infrastrutture stradali oggetto di mappatura, all'interno delle aree di calcolo definite nel paragrafo 4.3 della presente relazione (di ampiezza pari a 120 m per ciascun lato della SP 17 e 600 m per ciascun lato della SP 327).

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\_0044\_NoiseAreaMap\_LDEN.shp* e *IT\_a\_DF8\_2012\_Roads\_0044\_NoiseAreaMap\_LNIGHT.shp*.



## 9. 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 sulle due infrastrutture stradali oggetto di mappatura. Tale numero è pari a 1.121 persone per la SP17 "Montepulciano" e 476 persone per la SP327 "di Foiano". 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 prese le seguenti fasce di esposizione al rumore stradale prodotto dai transiti dei mezzi:

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

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

- ✓  $L_{NIGHT} < 50 \text{ dB(A)}$ ;
- ✓  $50 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 55 \text{ dB(A)}$ ;
- ✓  $55 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 60 \text{ dB(A)}$ ;
- ✓  $60 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 65 \text{ dB(A)}$ ;
- ✓  $65 \text{ dB(A)} \leq L_{NIGHT} < 70 \text{ dB(A)}$ ;
- ✓  $L_{NIGHT} \geq 70 \text{ dB(A)}$ .

Figura 1 – Istogramma della percentuale di popolazione esposta al rumore prodotto dal transito dei mezzi ( $L_{DEN}$ )

SP 17 – Montepulciano

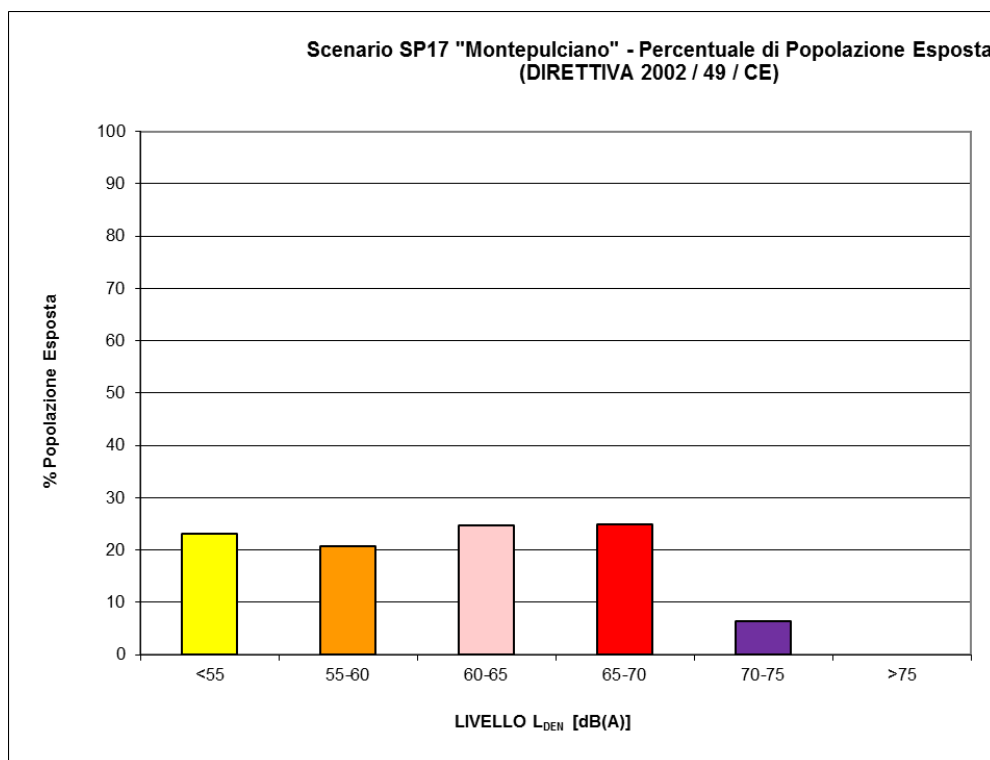


Figura 2 – Istogramma della percentuale di popolazione esposta al rumore prodotto dal transito dei mezzi ( $L_{NIGHT}$ )

SP 17 – Montepulciano

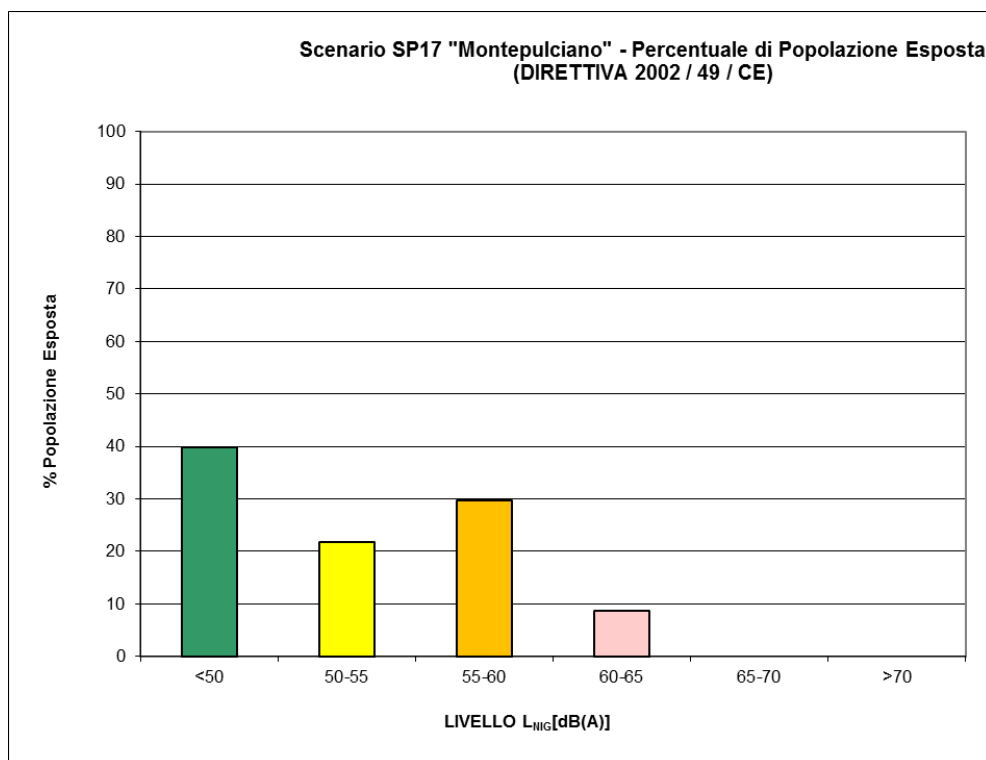


Figura 3 – Istogramma della percentuale di popolazione esposta al rumore prodotto dal transito dei mezzi ( $L_{DEN}$ )

SP 327 – di Foiano

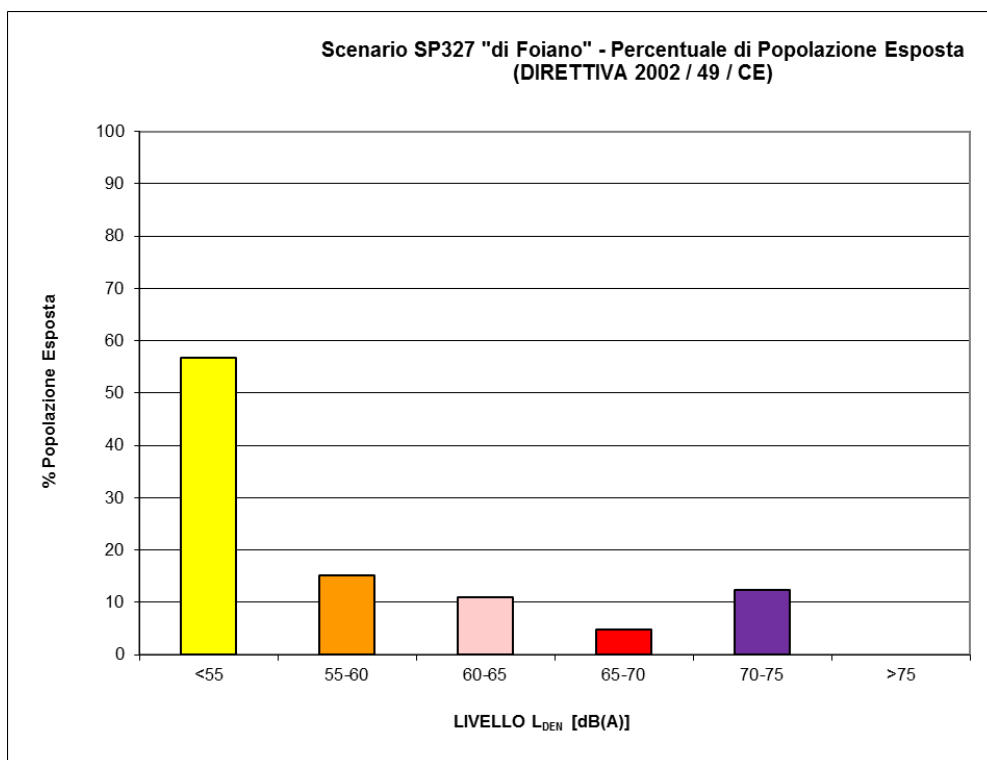
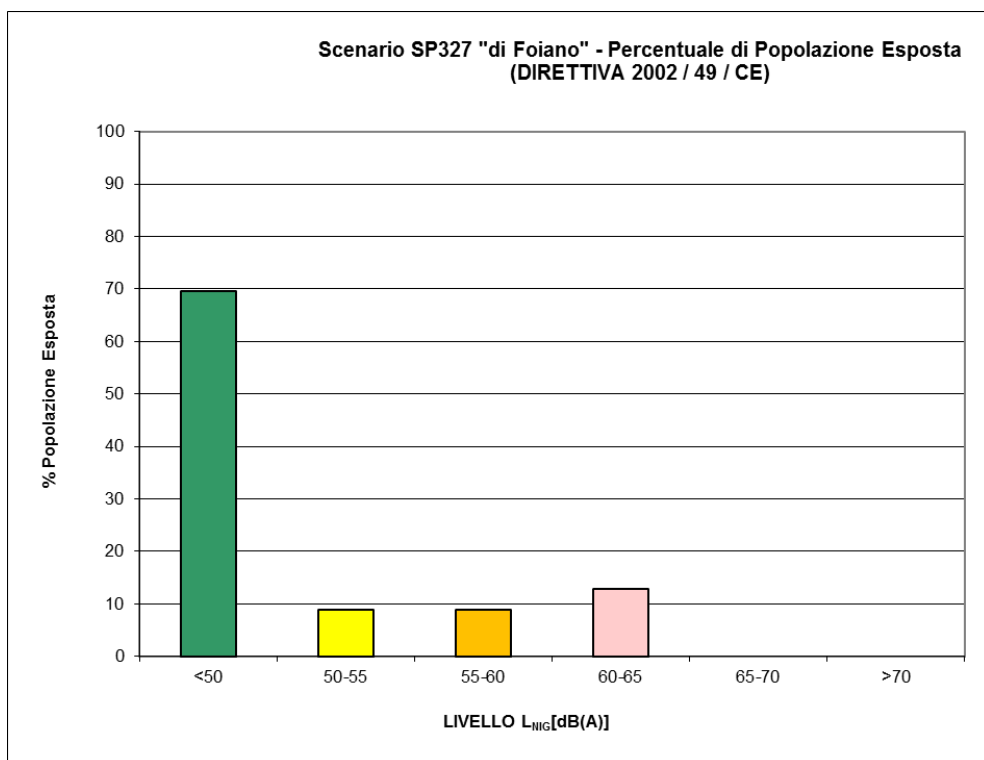


Figura 4 – Istogramma della percentuale di popolazione esposta al rumore prodotto dal transito dei mezzi ( $L_{NIGHT}$ )

SP 327 – di Foiano





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

$L_{DEN}$ [dB(A)] SP 17 "Montepulciano"	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	259	23,1
55-60	232	20,7
60-65	278	24,8
65-70	280	25,0
70-75	72	6,4
>75	0	0,0
<b>TOTALE</b>	1121,0	100,0
$L_{DEN}$ [dB(A)] SP 327 "di Foiano"	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	270	56,7
55-60	72	15,1
60-65	52	10,9
65-70	23	4,8
70-75	59	12,4
>75	0	0,0
<b>TOTALE</b>	476,0	100,0

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

$L_{NIGHT}$ [dB(A)] SP 17 "Montepulciano"	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<50	446	39,8
50-55	245	21,9
55-60	333	29,7
60-65	97	8,7
65-70	0	0,0
>70	0	0,0
<b>TOTALE</b>	1121,0	100,0
$L_{NIGHT}$ [dB(A)] SP 327 "di Foiano"	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<50	331	69,5
50-55	42	8,8
55-60	42	8,8
60-65	61	12,8
65-70	0	0,0
>70	0	0,0
<b>TOTALE</b>	331	69,5





## 10. 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 ( $L_{DEN}$ ,  $L_{NIGHT}$ ).

### **SP17 “Montepulciano”:**

- ✓ circa il 23% 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 in percentuale elevata (oltre il 30%);
- ✓ circa il 40% 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 in percentuale ridotta (circa il 9%).

### **Scenario SP327“di Foiano”:**

- ✓ 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 in percentuale elevata (circa il 17%);
- ✓ 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,  $L_{NIGHT}$ ).



IL PRESENTE ELABORATO SI COMPONE DI 33 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 27/06/2012

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

