



COMUNE DI VICENZA

**Mappatura Acustica delle Linee di Trasporto Pubblico Urbano  
AIM Vicenza Mobilità nell'agglomerato di Vicenza  
(area indicata dal Progetto Life+ Nadia)  
in applicazione del D. Lgs. 194/2005**



Progetto Europeo: LIFE 09 ENV/IT/102

"NADIA" (*Noise Abatement Demonstrative and innovative Actions and information to the public*)

**Materiale redatto ai sensi dello STANDARD ITALIANO,  
in riferimento alla Legislazione Nazionale**

**EL01 – Relazione Tecnica**



**COMUNE DI VICENZA**  
**Settore Ambiente**  
**Tutela del Territorio e Igiene**  
Piazza Biade, 26 – 36100 Vicenza

**Assessore all'Ambiente:**  
Antonio Marco Dalla Pozza

**Direttore Settore Ambiente:**  
dott. Danilo Guarti

**RUP Funzionario PO:**  
dott. Roberto Scalco



**VIE EN.RO.SE. Ingegneria S.r.l.**  
Via Stradivari, 19 50127 Firenze  
acustica@vienrose.it

**Direttore Tecnico:**  
Dott. Ing. Sergio Luzzi

**Project Manager:**  
Dott. Ing. Francesco Borchì

**Responsabile della Modellistica:**  
Dott. Ing. Andrea Guido Falchi

**Collaboratori:**  
Dott.ssa Raffaella Bellomini  
Dott. Ing. Sara Recenti  
Dott. Arch. Rossella Natale

30/11/2012 Rev.1

**Scala:** -

**Formato:** A4.pdf





## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
1.1	INTRODUZIONE	6
1.2	RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI	8
1.3	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI LAVORO	9
<b>2.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEI VEICOLI</b>	<b>11</b>
2.1	PREMESSA	12
2.2	DATABASE DI INPUT	13
2.2.1	<i>DATI DEI FLUSSI DI TRAFFICO SULLE LINEE AIM</i>	13
2.2.2	<i>GRAFO DELLE LINEE E POSIZIONE DELLE FERMATE</i>	14
2.3	CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEI VEICOLI	15
2.3.1	<i>TIPOLOGIE DI MEZZI</i>	15
2.3.2	<i>CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA</i>	16
<b>3.</b>	<b>MODELLO DI PROPAGAZIONE DEL RUMORE</b>	<b>18</b>
3.1	MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA	19
3.1.1	<i>BASE DATI PER LA MODELLAZIONE</i>	19
3.1.2	<i>CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE ACUSTICA PRINCIPALE</i>	21
3.2	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	26
3.2.1	<i>IMPOSTAZIONI GENERALI DI CALCOLO</i>	26
3.2.2	<i>MODELLAZIONE DELLE SORGENTI</i>	27
3.2.3	<i>CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI EMISSIONE</i>	28
3.2.4	<i>SCELTE METODOLOGICHE PER LA MODELLAZIONE DELLE SORGENTI</i>	29
<b>4.</b>	<b>MAPPATURA ACUSTICA DEL RUMORE TPL</b>	<b>31</b>
4.1	PREMESSA	32
4.2	RISULTATI DELLA MAPPATURA ACUSTICA	34
4.3	CONCLUSIONI	38



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



COMUNE DI VICENZA



## 1. INTRODUZIONE



## 1.1 INTRODUZIONE

Con determina n. 86084 del 22/11/2012 il Comune di Vicenza ha affidato alla società VIE EN.RO.SE. Ingegneria s.r.l. il servizio per l'esecuzione della "Mappatura Acustica delle Linee di Trasporto Pubblico Urbano (TPL)" dell'agglomerato di Vicenza, ai sensi del D. Lgs. 194/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" e smi., relativamente all'ambito individuato nel progetto europeo LIFE 09 ENV/IT/102 "NADIA" (*Noise Abatement Demonstrative and innovative Actions and information to the public*).

La presente Relazione Tecnica descrive le attività che sono state svolte per la predisposizione della **mappatura acustica del rumore prodotto dall'esercizio delle linee di pertinenza della società AIM Vicenza Mobilità**, all'interno dello scenario di studio, relativamente all'applicazione delle procedure previste dallo STANDARD ITALIANO, ovvero alle metodologie previste ai sensi della legislazione nazionale.

In particolare, si precisa che l'area oggetto di valutazione non copre l'intero territorio comunale ma solo l'area individuata nel Progetto Europeo LIFE 09 ENV/IT/102 "NADIA": la mappatura acustica oggetto di incarico è stata quindi predisposta unicamente all'interno di tale area che nel prosieguo sarà chiamata, per semplicità, area – Nadia.

Il presente incarico è stato svolto per VIE EN.RO.SE. Ingegneria S.r.l. dal seguente gruppo di lavoro:

- ✓ Direttore Tecnico: 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;
- ✓ Project manager: Dott. Ing. Francesco Borchì, tecnico competente in acustica ambientale n. 38 della Provincia di Firenze;
- ✓ Responsabile della modellistica: Dott. Ing. Andrea Falchi, tecnico competente in acustica ambientale n. 120 della Provincia di Firenze
- ✓ Collaboratore: Dott.ssa. Raffaella Bellomini, tecnico competente in acustica ambientale n. 103 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.

I passi che sono stati seguiti per l'assolvimento dell'incarico sono i seguenti:

- ✓ predisposizione del grafo georeferenziato delle linee di trasporto pubblico locale di pertinenza di AIM Vicenza Mobilità, in particolare di quelle che transitano all'interno dell'area – Nadia;



- ✓ acquisizione ed elaborazione dei dati di transito dei veicoli adibiti al servizio di trasporto pubblico per tipologie di mezzi utilizzati e numero di transiti per ciascuna linea, suddividendoli nei seguenti periodi di riferimento: periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 20.00), periodo di riferimento SERALE (20.00 – 22.00), periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00);
- ✓ per l'applicazione delle metodologie di calcolo dello standard italiano, i suddetti flussi di traffico sono stati riferiti ai periodi di riferimento previsti ai sensi della legislazione nazionale: periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 22.00) e periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00);
- ✓ caratterizzazione acustica delle varie tipologie di mezzi in forza ad AIM Vicenza Mobilità, mediante l'utilizzo di un database di schede di emissione sonora dei mezzi campione tramite prove pass-by effettuata dalla società scrivente su mezzi di ATAF S.p.A. nell'ambito territoriale della città di Firenze (i risultati di tale studio sono riportati negli atti del seminario "L'applicazione del D.M. 29-11-2000 ai gestori dei servizi di trasporto pubblico urbano", Firenze 27/10/2006);
- ✓ costruzione del modello di simulazione acustica: per le simulazioni 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 assimilabili a 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;
- ✓ predisposizione della mappatura acustica del prodotto dall'esercizio delle linee di pertinenza della società AIM Vicenza Mobilità all'interno dell'area – Nadia;
- ✓ utilizzazione dei seguenti indicatori acustici, previsti ai sensi della legislazione nazionale in materia di acustica ambientale: il livello  $L_D$  in dB(A) nel periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 22.00) e il livello  $L_N$  in dB(A) nel periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00);
- ✓ calcolo della percentuale di popolazione residente esposta a ciascuno dei seguenti intervalli degli indicatori acustici  $L_D$  e  $L_N$  determinato ad ogni piano su tutte le facciate di ciascun edificio:
  - $L_{Aeq} < 55$  dB(A);
  - $55$  dB(A)  $\leq L_{Aeq} < 65$  dB(A);
  - $65$  dB(A)  $\leq L_{Aeq} < 75$  dB(A);
  - $L_{Aeq} \geq 75$  dB(A).
- ✓ redazione delle cartografie generali della mappatura acustica, contenenti la rappresentazione grafica degli indicatori acustici  $L_D$  e  $L_N$ , calcolati mediante simulazione acustica a 4 m di altezza.



## 1.2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- ✓ Legge 26 ottobre 1995, n.447 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico".
- ✓ D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento da rumore".
- ✓ D.P.R. 30 marzo 2004, n 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".
- ✓ Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.
- ✓ D. Lgs. 19 agosto 2005 n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".
- ✓ L.R. (Regione Veneto) 10 maggio 1999, n. 21 "Norme in materia di inquinamento acustico".
- ✓ Norma UNI 9884 "Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale".
- ✓ Metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96;
- ✓ Guide du Bruit des Trasports Terretres – Prevision des niveaux sonores" del 1980.3





## 1.3 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI LAVORO

Il presente lavoro viene strutturato come di seguito.

### PARTE 1 – CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEI VEICOLI

La caratterizzazione acustica delle varie tipologie di mezzi attualmente in dotazione all'ente gestore, è stata effettuata mediante l'utilizzo di un database di schede di emissione sonora dei mezzi campione tramite prove pass-by effettuata dalla società scrivente per conto di ATAF S.p.A. nell'ambito territoriale della città di Firenze.

La caratterizzazione è stata effettuata mediante i seguenti passaggi:

- ✓ suddivisione e raggruppamento delle varie tipologie di mezzi in 9 categorie, denominate T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 e T9;
- ✓ definizione del livello di potenza sonora partendo da opportune prove pass-by su ciascuna categoria di mezzo, in un numero di condizioni rappresentativo di tutte le condizioni di esercizio;
- ✓ individuazione delle tipologie di mezzi in forza ad AIM Vicenza Mobilità all'interno delle 9 categorie precedentemente definite.

### PARTE 2 – MODELLO DI PROPAGAZIONE DEL RUMORE

È stato costruito un modello di simulazione per la definizione della propagazione acustica sullo scenario di riferimento, corrispondente all'intero territorio comunale della città di Vicenza, all'interno del quale è stata inserita l'area – Nadia come sottoarea di calcolo. Come base territoriale, è stata utilizzato il Database fornito dal Comune di Vicenza nell'ambito del Progetto Europeo LIFE 09 ENV/IT/102 "NADIA".

Per la costruzione del modello di propagazione è stata utilizzata la seguente procedura.

- ✓ 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.
- ✓ Definizione della sorgente acustica principale, data dai seguenti contributi:
  - grafo delle linee di trasporto pubblico locale di pertinenza di AIM Vicenza Mobilità;
  - posizionamento delle fermate.



Per quanto riguarda la modellazione acustica del suddetto sistema di sorgenti, è stata utilizzato come database di emissione quello definito nella precedente fase.

Infatti, il database di emissione associato al metodo di calcolo francese NMPB risulta non adeguato alla rappresentazione del parco macchine in forza al gestore AIM Vicenza Mobilità. Tuttavia, volendo continuare ad utilizzare lo standard di calcolo NMPB per la valutazione della propagazione in linea con quanto previsto dal D. Lgs. 194/2005, è stato necessario definire una procedura di traduzione delle potenze sonore emesse dai mezzi AIM in mezzi pesanti tipo, previsti dal metodo NMPB.

### **PARTE 3 – MAPPATURA ACUSTICA**

Il modello così costruito è stato utilizzato per determinare la propagazione acustica all'interno dello scenario relativo all'area – Nadia. È stata quindi predisposta la Mappatura Acustica del rumore prodotto dall'esercizio delle linee di pertinenza della società AIM Vicenza Mobilità, relativamente all'applicazione delle procedure previste dallo STANDARD ITALIANO, ovvero alle metodologie previste ai sensi della legislazione nazionale.



## 2. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEI VEICOLI



## 2.1 PREMESSA

Oggetto della presente mappatura acustica è la rete delle linee di Trasporto Pubblico Locale (TPL) gestite da AIM Mobilità Vicenza all'interno del territorio del Comune di Vicenza. La simulazione ha dunque riguardato il solo contributo dovuto ai mezzi di pertinenza dell'ente gestore, all'interno dell'area – Nadia, in applicazione delle procedure previste dallo STANDARD ITALIANO, ovvero alle metodologie previste ai sensi della legislazione nazionale.

Nel modello si è assunta uniforme l'emissione sonora delle strade, trascurando gli effetti dovuti alla presenza di incroci semaforici. Tuttavia, nel modello di simulazione, è stata considerata la presenza delle fermate, in termini di incremento localizzato dell'emissione sonora prodotta dal transito delle linee.

La mappatura acustica è stata eseguita attraverso il calcolo di:

Sono state effettuate le seguenti metodologie di calcolo:

- ✓ CALCOLO IN FACCIATA: livelli sonori determinati ad ogni piano su tutte le facciate di ciascun edificio abitativo, espressi negli indicatori  $L_D$  ed  $L_N$ , per il periodo di riferimento DIURNO e per il periodo di riferimento NOTTURNO, al fine di individuare per i suddetti periodi, il numero assoluto e la percentuale di popolazione esposta agli intervalli dei livelli acustici  $L_D$  ed  $L_N$  riportati nel capitolo 1 della presente relazione tecnica
- ✓ MAPPE ISOFONICHE: livelli sonori su una griglia di calcolo 10 m x 10 m ( $h = 4.00$  m), espressi negli indicatori  $L_D$  ed  $L_N$ , al fine di rappresentare graficamente la rumorosità prodotta dal transito dei mezzi di trasporto pubblico locale.

Entrambe le simulazioni acustiche, sono state effettuate all'interno di un'area di calcolo corrispondente all'estensione dell'area – Nadia, di ampiezza pari a circa 52 km<sup>2</sup>, più ridotta rispetto ai circa 80 km<sup>2</sup> dell'intero Comune di Vicenza.



## 2.2 DATABASE DI INPUT

Per caratterizzare acusticamente i mezzi di trasporto pubblico urbano di pertinenza di AIM Vicenza Mobilità, è stato necessario acquisire un database di informazioni relative ai percorsi di tutte le linee, dei flussi di traffico e del parco macchine a disposizione della società committente.

In particolare, sono stati reperiti ed analizzati i seguenti documenti:

- ✓ Elenco delle linee di esercizio ed orario delle corse aggiornato al mese di novembre 2012, con riferimento all'esercizio invernale feriale.
- ✓ Database di caratterizzazione acustica dei mezzi in forza ad ATAF S.p.A. (valutando le possibili associazioni con i mezzi del parco veicolare di AIM Vicenza Mobilità) e risultati fonometrici e di simulazione della relativa calibrazione acustica di tali mezzi.
- ✓ Grafo delle linee e posizione delle fermate: per quanto riguarda il grafo delle linee e la localizzazione delle fermate dei mezzi di trasporto pubblico locale, data l'impossibilità di reperire presso la committenza un database georeferenziato rappresentativo di tali elementi, è stato necessario procedere con un'analisi per mezzo degli usuali motori di ricerca territoriali disponibili on line e produrre autonomamente il grafo successivamente sottoposto alla valutazione e validazione da parte sia di AIM Vicenza Mobilità che del Settore Mobilità del Comune di Vicenza.
- ✓ Parco macchine di AIM Vicenza Mobilità ed assegnazione percentuale dei mezzi ai diversi percorsi.

Tutto il materiale acquisito e prodotto è stato analizzato e post elaborato ai fini di una sua integrazione nel modello di calcolo. Nel paragrafo 3.1.2 sono descritte tutte le metodologie finalizzate alla caratterizzazione acustica delle sorgenti; nel prosieguo del presente paragrafo si riporta invece una descrizione sintetica dei dati di cui sopra.

### 2.2.1 DATI DEI FLUSSI DI TRAFFICO SULLE LINEE AIM

La caratterizzazione dei flussi di traffico dei mezzi AIM, è stata effettuata direttamente dal gestore, a partire dal dato di traffico del giorno feriale medio (ritenuto rappresentativo, in cautela, del dato medio settimanale) dei mezzi in esercizio su ciascuna linea nei seguenti periodi di riferimento:

- ✓ periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 20.00),
- ✓ periodo di riferimento SERALE (20.00 – 22.00),
- ✓ periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00).



### **2.2.2 GRAFO DELLE LINEE E POSIZIONE DELLE FERMATE**

La rappresentazione delle sorgenti acustiche principale su base cartografica è stata effettuata dalla scrivente società, tracciando in ambiente AUTOCAD sulla C.T.R. dell'area di interesse i seguenti elementi:

- ✓ elementi "polilinee": rappresentativi delle linee di transito;
- ✓ elementi "punti": rappresentativi delle fermate.

Per determinare la corretta ubicazione di tutti elementi, la scrivente società si è servita delle immagini aeree e stradali disponibili on line sugli usuali motori di ricerca commerciali.

A partire dagli elementi cartografici così determinati, sono stati creati due shapefile.

Il primo, di tipo lineare, contiene il percorso delle 19 linee di pertinenza dell'ente gestore ricadenti all'interno dell'area – Nadia. Per ciascuna linea sono stati creati gli attributi necessari per la caratterizzazione univoca del percorso: codifica della linea e direzione ("A" andata, "R" ritorno). In realtà il grafo si compone di 51 sub-linee, dal momento che ciascuna linea si sviluppa su più percorsi.

Il secondo, di tipo puntuale, contiene invece la localizzazione di tutte le fermate.



## 2.3 CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEI VEICOLI

La caratterizzazione acustica del parco di mezzi attualmente in forza all'ente gestore, è stata effettuata utilizzando il database delle schede di emissione di proprietà di ATAF S.p.A., mediante i seguenti passaggi:

- ✓ suddivisione e raggruppamento delle varie tipologie di mezzi in 9 categorie, denominate T1, ... , T9;
- ✓ individuazione delle tipologie di mezzi in forza ad AIM Mobilità Vicenza ed attribuzione all'interno delle 9 categorie precedentemente definite:
- ✓ definizione del livello di potenza sonora partendo da opportune prove pass-by su ciascuna categoria di mezzo, in un numero di condizioni ritenute rappresentative di tutte le condizioni di esercizio.

### 2.3.1 TIPOLOGIE DI MEZZI

Nella tabella seguente sono riassunte tutte le tipologie di mezzi in servizio presso ATAF al mese di dicembre 2011, raggruppate secondo criteri di omogeneità acustica in 9 categorie.

Secondo quanto proposto dalla società scrivente e confermato da AIM Vicenza Mobilità e dal Settore Mobilità del Comune di Vicenza, tutte le tipologie di mezzi in forza ad AIM possono essere associate alle categorie definite nel database ATAF: tale associazione viene esplicitata nell'ultima colonna della tabella.

*Tabella 1 – Definizione delle tipologie di mezzi secondo il database ATAF e associazione dei mezzi AIM*

Tipologia	Modello ATAF S.p.A.	Modello AIM Mobilità Vicenza
T1	IVECO CITYCLASS 491.12 CNG	IRISBUS CITELIS
	IVECO CITYCLASS 491.12 CNG	
T2	MENARINI M201 LU/A	IVECO 471
	MENARINI M201.1/LU4	
	MENARINI M201.2/LU	
	INBUS U210.80	
	INBUS U210.FT	
	BREDABUS BB 2001.12	
T3	FIAT 471.18.24	-
	BMB M321	
T4	CACCIAMALI EUROPOLIS	CACCIAMALI 890 TCM
T5	CAM 280 MU/TH 11	IVECO 480.10.21
	CAM POLLICINO TH 12	



Tipologia	Modello ATAF S.p.A.	Modello AIM Mobilità Vicenza
	CAM POLLICINO TH 12	
	CACCIAMALI TCC635L	
T6	IVECO CITYCLASS 491.10.27	-
T7	TECNOBUS (elettrico)	E.P.T. ECO POWER TECHNOLOGY HOURS
T8	VIVANCITY EXOBUS BREDA MENARINI	BREDA MENARINI
		MAN A21 NL
		MAN NL 243 LPG
		MAN A23 NG 273 GPL
		VANHOOL A300N GPL
T9	RAMPINI	VANHOOL AG300 NL. U02
		AUTODROMO TANGO TGM 97/U3PAC
		VANHOOL AG300

### 2.3.2 CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA

Al fine di comprendere meglio la metodologia di caratterizzazione acustica dei mezzi ATAF, si riporta di seguito la descrizione della procedura utilizzata.

Ciascuna tipologia di mezzo è stata caratterizzata acusticamente in condizioni di prova prestabilite, con velocità di passaggio e modalità di transito definite, mediante opportune prove di pass-by.

In particolare sono state eseguite misurazioni nelle seguenti condizioni di prova:

- ✓ transito da destra e da sinistra a velocità costante, con velocità di 20, 30, 40 km/h;
- ✓ frenata da destra e da sinistra;

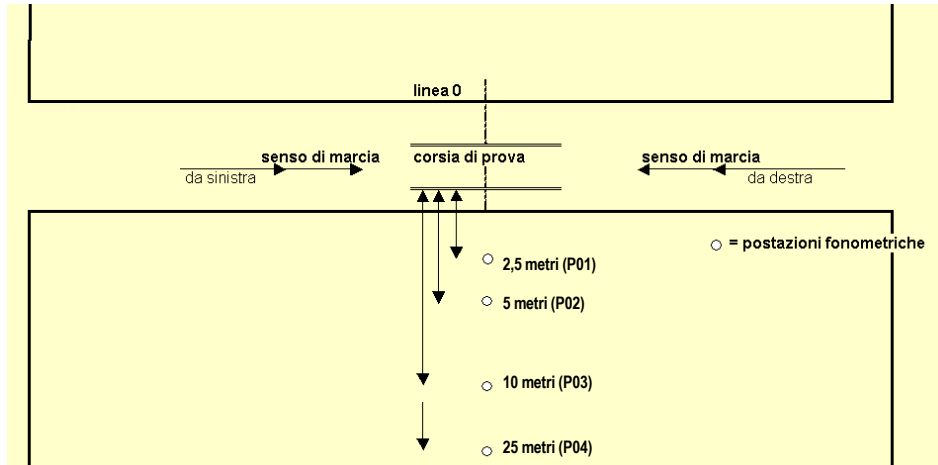
Le misure sono state effettuate in spazi appositamente attrezzati, lungo il Viale Maratona a Firenze nel 2005 e presso l'area di accesso della MCTC di Firenze nel 2011, con caratteristiche e dimensioni ottimali, in una corsia rettilinea di prova, delimitata centralmente e/o lateralmente lungo il lato di misura.

Le stazioni fonometriche sono state collocate in corrispondenza di un punto P, identificato lungo il percorso di prova come "zero" di riferimento per le misure di frenate e partenze e come punto di raggiungimento stabile delle diverse velocità previste, per le misure dei transiti. Le postazioni di misura sono state collocate a distanze crescenti (2.5 m, 5 m, 10 m, 25 m) lungo un asse perpendicolare alla direzione di marcia all'altezza del punto P.



Nella seguente figura è riportata una rappresentazione schematica dell'area di prova per le misure di emissione.

Figura 1 – Rappresentazione schematica dell'area di prova per le misure di emissione delle sorgenti



Le misure effettuate sono state eseguite in contemporanea nelle 3 postazioni di misura, registrando i livelli in banda di terze di ottava. I singoli eventi (es. transito, fermata, ecc...) sono stati marcati ed estratti dalla time history di misura in fase di post elaborazione, per ottenerne i livelli equivalenti ed i livelli SEL.

Per ciascuna misura sono stati quindi estratti i seguenti dati:

- ✓ livelli equivalenti di pressione sonora ( $L_{Aeq}$  [dB(A)]) in almeno 3 postazioni;
- ✓ livelli SEL in dB(A);
- ✓ composizione in frequenza in bande di ottava dei livelli di pressione sonora  $L_{eq}$  in dB.



### **3. MODELLO DI PROPAGAZIONE DEL RUMORE**



## 3.1 MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA

### 3.1.1 BASE DATI PER LA MODELLAZIONE

Per la costruzione del modello di simulazione del rumore prodotto dall'esercizio delle linee di pertinenza della società AIM Vicenza Mobilità, per mezzo del quale è stata redatta la mappatura acustica, è necessario costruire un'importante base dati.

Nel caso specifico, i dati di input sono stati reperiti in gran parte dal database fornito dal Comune di Vicenza nell'ambito del Progetto Europeo LIFE 09 ENV/IT/102 "NADIA".

- ✓ Dati relativi alla modellazione del terreno.
- ✓ Dati relativi alle caratteristiche superficiali del terreno.
- ✓ Dati relativi alla modellazione degli edifici.
- ✓ Dati relativi alla popolazione.

#### **Modello digitale del terreno**

Il DGM (Digital Terrain Model) è una rappresentazione digitale del territorio.

Relativamente alla costruzione della base territoriale su cui sono state effettuate le simulazioni acustiche, sono stati reperiti i seguenti dati di input:

- ✓ *PT\_QUO* – shapefile puntiforme contenente i punti quotati, all'interno dell'intero territorio del Comune di Vicenza: la tabella associata a questo shape ha come unico attributo utile la quota assoluta di ciascun punto;
- ✓ *CV\_LIV* – shapefile di polilinee contenente le curve di livello direttrici, all'interno dell'intero territorio del Comune di Vicenza: la tabella associata a questo shape ha come unico attributo utile la quota assoluta di ciascuna curva.

#### **Caratteristiche superficiali del terreno**

All'interno del tematismo "c0506031\_CopSuoloAgricolo" è presente l'attributo "GF" (Ground Factor), che contiene la ripartizione del territorio comunale di diverse classi di utilizzo (Parchi, rurali, suburbana, urbana ecc.) a seconda del fattore di assorbimento acustico dato dalla specifica tipologia di suolo.

Nella seguente tabella sono riportate le categorie ed i relativi ground factor, definiti nel documento "*Milestone 1 – Data quality and quantity with regard to model specifications*" del Progetto Europeo LIFE 09 ENV/IT/102 "NADIA".

Tabella 2 – Ground factor per le tipologie di terreno (opzione 1)

Tipologia	Ground Factor
Foresta – bosco	1
Area agricola	1
Parchi	1
Landa	1
Residenziale	0.5
Aree asfaltate	0
Urbane	0
Industriali	0
Specchi d'acqua	0

Dal momento che non è risultato sostenibile il calcolo utilizzando il dato inizialmente disponibile (che risultava eccessivamente frammentato), si è fatto riferimento alla procedura semplificata richiamata dalla “Milestone”, riportata nella seguente tabella.

Tabella 3 – Ground factor per le tipologie di terreno (opzione 2)

Tipologia	Ground Factor
Parchi in aree urbane	1
Rurale	1
Suburbana	0.5
Urbana	0
Laghi in aree rurali	0

Nella pratica, è stata fatta la seguente scelta: è stato inserito un fattore suolo pari a zero nel centro della città e pari a 0.5 in tutte le aree esterne al centro.

### **Modellazione degli edifici**

Il tematismo dell'edificato riveste nel modello acustico molteplici funzioni. In città 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 è eseguito il calcolo della propagazione acustica.

Per quanto riguarda la funzione schermante si è ritenuto opportuno inserire nel modello tutti gli edifici cartografati sul territorio comunale.

Relativamente agli edifici è stato reperito il seguente shapefile:

- ✓ **EDIFC**: lo shape contiene tutti gli edifici all'interno dell'intero territorio del Comune di Vicenza. La tabella associata a tale database contiene, tra gli altri, l'attributo “EDIFC\_USO” mediante il quale è possibile identificare la tipologia dell'edificio stesso (residenziale, amministrativo, ospedaliero, scolastico,



caserma, luogo di culto, servizi di trasporto, commerciale, industriale, agricolo, ricreativo ecc). Inoltre, è presente un attributo "Altezza", che rappresenta appunto l'altezza dell'edificio sulla quota del piano di campagna.

Gli edifici sono stati suddivisi per tipologia funzionale utilizzando l'attributo "EDIFC\_USO". Sono stati creati i seguenti tematismi:

- ✓ "residenziale";
- ✓ "scolastico";
- ✓ "sanitario";
- ✓ "non\_residenziale";
- ✓ "caserma".

### **Dato di popolazione**

Per quanto riguarda il dato di popolazione è stato reperito lo shapefile "SEZIONI2001\_POP2011", che contiene le sezioni di censimento 2001 relative al territorio comunale di Vicenza. Nel campo "resid\_2011" è presente il numero di residenti per ciascuna sezione: tale dato risulta aggiornato al censimento 2011.

Tale dato di popolazione è stato distribuito su tutti gli edifici di tipologia residenziale presenti in ciascuna sezione censuaria, prendendo in considerazione le dimensioni volumetriche degli edifici.

Sulla base di questo database, la popolazione residente complessivamente nel territorio comunale ed attribuita agli edifici di tipologia residenziale è pari a 115.864 abitanti, mentre quella residente all'interno dell'area – Nadia è pari a 100.005 abitanti.

La valutazione dell'esposizione ed il calcolo delle relative percentuali sono state eseguite unicamente in funzione dei dati di popolazione dei residenti, seguendo la stessa scelta metodologica utilizzata in altri lavori analoghi redatti dalla scrivente società, ad esempio della Mappatura Acustica Strategica degli agglomerati di Vicenza e di Firenze.

### **3.1.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE ACUSTICA PRINCIPALE**

Come dati di partenza per le simulazioni acustiche, sono stati realizzati dalla scrivente società gli shapefile di rappresentazione territoriale delle sorgenti acustiche, descritti nel paragrafo 2.2.2.

Tale database è sostanzialmente costituito da due diverse tipologie di dato:

- ✓ grafo dei percorsi delle 19 linee di pertinenza dell'ente gestore (shapefile di tipo lineare)
- ✓ localizzazione delle fermate (shapefile di tipo puntuale).



Sono stati creati due shapefile, uno di tipologia lineare contenente il grafo complessivo delle linee di pertinenza dell'ente gestore ed uno puntuale contenente i punti di fermata all'interno del territorio del Comune di Vicenza.

Per quanto riguarda le linee, la tabella associata a tale database contiene, tra gli altri, l'attributo necessario per identificare univocamente ciascun elemento mediante il campo "COD\_LINEA". Ogni linea è composta da archi posti generalmente sulla mezzeria delle strade e sulla mezzeria della porzione carrabile delle piazze. Il grafo si compone di circa 200 sub-linee, dal momento che alcune linee si sviluppano su percorsi differenti.

Le sorgenti acustiche principali descritte (linee e fermate) sono state quindi modellate, all'interno del software di simulazione, per mezzo di sorgenti stradali, per il cui calcolo è stato utilizzato il metodo francese NMPB consigliato dalla Comunità Europea per la simulazione del rumore prodotto da infrastrutture stradali.

Per poter utilizzare, all'interno del modello di calcolo, le informazioni raccolte è stato necessario effettuare alcune post-elaborazioni.

### **Grafo delle linee**

A ciascun elemento del grafo, sono stati assegnati i flussi di traffico medi determinati mediante una caratterizzazione dei flussi di traffico dei mezzi di AIM Mobilità Vicenza. Questa è stata effettuata mediante una elaborazione degli orari dei transiti forniti dalla committenza, al fine di determinare il numero di mezzi in esercizio su ciascuna linea nei seguenti periodi di riferimento:

- ✓ periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 20.00);
- ✓ periodo di riferimento SERALE (20.00 – 22.00);
- ✓ periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00).

Per l'applicazione delle metodologie di calcolo dello standard italiano, i suddetti flussi di traffico sono stati riferiti ai periodi di riferimento previsti ai sensi della legislazione nazionale: periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 22.00) e periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00)

Tale elaborazione ha consentito di ricavare i traffici medi per ciascun periodo di riferimento e per ogni linea, riepilogati in tabella.

*Tabella 4 – Numero di transiti per periodo di riferimento*

<b>Linea</b>	<b>Periodo di Riferimento DIURNO (6.00 – 20.00)</b>	<b>Periodo di Riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00)</b>
1	173	5
2	116	0
3	40	0
4	107	0



Linea	Periodo di Riferimento DIURNO (6.00 – 20.00)	Periodo di Riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00)
5	119	3
6	41	1
7	110	2
8	47	0
9	39	1
10	156	0
11	38	1
1214	95	3
13	10	0
16	12	0
17	8	0
20	48	0
21	37	0
30	65	0
41	47	1

Dal momento che alcune linee si sviluppano su percorsi differenti, i flussi di traffico della linea sono stati equamente distribuiti alle proprie sub-linee.

Inoltre, la committenza ha fornito la ripartizione percentuale delle tipologie di mezzi di loro pertinenza che servono tutte le linee in esercizio: tali valori sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 5 – Ripartizione delle tipologie per linea

Linea	T1	T2	T4	T5	T7	T8	T9
1	40%					60%	
2				50%			50%
3				80%			20%
4				50%			50%
5	10%					90%	
6		20%		80%			
7	50%					50%	
8				90%			



Linea	T1	T2	T4	T5	T7	T8	T9
9		30%	10%	60%			
10						100%	
11				50%		50%	
1214						20%	80%
13				100%			
16				100%			
17				100%			
20			20%		80%		
21			100%				
30			50%				50%
41				50%			50%

Le intersezioni fra assi viari non sono state modellizzate nell'ottica di una semplificazione del modello ed in coerenza con gli obiettivi di contenimento dei tempi di calcolo, pertanto l'emissione veicolare è stata assunta omogenea su ogni tratto della rete viaria ad eccezione delle correzioni previste dal modello per la pendenza.

### **Fermate**

I punti georeferenziati corrispondenti alle fermate e contenuti nel relativo shapefile, sono stati invece utilizzati come centro per tracciare delle circonferenze avente raggio pari a 30 m, rappresentanti la porzione di territorio caratterizzata dalla rumorosità prodotta dagli autobus nell'intero ciclo di fermata (decelerazione, sosta, apertura e chiusura delle porte, accelerazione).

Le aree così definite, sono state intersecate con il grafo delle linee, al fine di definire uno shapefile di tipologia lineare rappresentativo delle zone di fermata: queste linee vengono quindi implementate nel modello di simulazione come sorgenti acustiche stradali, aventi lo stesso valore di flusso di traffico della linea da cui originano. Di fatto, la presenza nello scenario reale di una fermata, è rappresentata da una ulteriore sorgente acustica stradale, di lunghezza pari a 60 m ed avente una potenza acustica uguale a quella della relativa linea di transito.

Tale ipotesi è equivalente a considerare un incremento di 3 dB(A) in corrispondenza delle aree in prossimità della fermata ed è coerente con le risultanze delle *Linee guida per la stesura del piano di contenimento del rumore previsto dal DM 29/11/2000 da parte dei gestori di pubblico trasporto* realizzate dalla società scrivente negli anni 2009 e 2010 (in riferimento a convenzione con ISPRA).

In questa fase, è stata fatta l'approssimazione di considerare che tutte le linee di pertinenza di AIM Mobilità Vicenza intersecanti un'area di fermata siano vincolate a sostare alla fermata stessa anche se, ad esempio,





una certa linea non sosta necessariamente ad ogni fermata che trova lungo il proprio percorso: in particolare per i periodi di minor utilizzo dei mezzi, l'ipotesi è certamente cautelativa per i ricettori.

Di seguito vengono riportati i valori delle velocità attribuite a ciascuna sorgente stradale implementata nel modello di calcolo (sia sorgenti linea, che sorgenti fermata):

- ✓ stretto nucleo urbano (area ZTL): 20 km/h;
- ✓ tratti sub-urbani: 30 km/h.

Nel prossimo capitolo, verrà spiegata nel dettaglio la procedura che ha portato a definire i flussi di traffico dei mezzi di pertinenza di AIM Mobilità Vicenza che sono stati implementati, all'interno del modello di calcolo, nelle sorgenti acustiche descritte.



## 3.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

In questo capitolo vengono descritte le impostazioni generali di calcolo e la procedura di caratterizzazione acustica della sorgente nel modello.

### 3.2.1 IMPOSTAZIONI GENERALI DI CALCOLO

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 1;
- ✓ 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 200 m;
- ✓ massima distanza delle riflessioni dal ricettore pari a 150 m;
- ✓ massima distanza di riflessione dalla sorgente pari a 40 m;
- ✓ fattore suolo pari a zero nel centro della città e pari a 0.5 in tutte le aree esterne al centro;
- ✓ coefficiente di riflessione di facciata pari a 0.8 (corrispondente ad una perdita di riflessione di 1 dB(A));
- ✓ la velocità di transito dei veicoli è stata considerata pari a 20 km/h all'interno dell'area ZTL e 30 km/h all'esterno, per tutti i periodi di riferimento considerati;
- ✓ l'occorrenza di condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono è 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).

Inoltre, sono state effettuate le seguenti assunzioni:

Le simulazioni sono state effettuate all'interno di un'area di calcolo corrispondente all'area – Nadia, mediante i seguenti indicatori acustici (previsti ai sensi della legislazione nazionale in materia di acustica ambientale):

- ✓ Livello  $L_D$  in dB(A) nel periodo di riferimento DIURNO (6.00 – 22.00);
- ✓ Livello  $L_N$  in dB(A) nel periodo di riferimento NOTTURNO (22.00 – 6.00).

La mappatura acustica è stata effettuata mediante le seguenti metodologie di calcolo:

- ✓ **CALCOLO DEI VALORI ACUSTICI IN FACCIATA:** le simulazioni sono state effettuate in corrispondenza di ciascun edificio ad una distanza di 1 m da tutte le facciate del ricettore, inserendo un punto-ricettore per ciascun piano di ogni edificio. I livelli sonori sono stati valutati come livelli massimi in corrispondenza di ciascun edificio di tipologia residenziale, residenziale mista o sensibile (scuole, ospedali, case di riposo e case di cura), 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.)
- ✓ **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 allegata, dall'altra è stata esportata in ambiente GIS come shapefile di tipo "puntiforme".

### **3.2.2 MODELLAZIONE DELLE SORGENTI**

Il metodo di calcolo francese NMPB, utilizzato per la presente mappatura acustica, tiene in considerazione due diverse tipologie di veicoli in circolazione sulle sedi stradali: veicoli leggeri e veicoli pesanti.

Per poter utilizzare il metodo su veicoli per trasporto pubblico di tipologia variabile come quelli di pertinenza di AIM Mobilità Vicenza, è stato necessario definire una procedura di traduzione delle potenze sonore emesse dalle tipologie caratterizzate acusticamente in mezzi pesanti tipo, previsti dal metodo NMPB.

Tale conversione è stata effettuata attraverso la definizione di un coefficiente K, che rappresenta il rapporto tra un "veicolo pesante tipo" ed un "veicolo pesante equivalente", relativo ad un mezzo di AIM Mobilità Vicenza.

Nella pratica, sono stati definiti i valori che tale coefficiente K assume per le tutte le tipologie di mezzi in transito alle seguenti velocità di riferimento:



- ✓ coefficiente  $K_{20}$ , alla velocità di 20 km/h;
- ✓ coefficiente  $K_{30}$ , alla velocità di 30 km/h;
- ✓ coefficiente  $K_{40}$ , alla velocità di 40 km/h.

La metodologia mediante la quale sono stati calcolati tali valori, è riportata nel prossimo paragrafo.

Per mezzo dei suddetti coefficienti, è stato possibile riportare il numero di passaggi medio settimanale in termini di veicoli pesanti equivalenti.

### **3.2.3 CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI EMISSIONE**

La metodologia di calibrazione del modello di calcolo è consistita nella determinazione dei coefficienti di conversione  $K_{40}$ ,  $K_{30}$  e  $K_{20}$  (definiti come il rapporto tra un "veicolo pesante tipo" ed un "veicolo pesante equivalente"), alle velocità di riferimento di 20, 30 e 40 km/h, per le tipologie di mezzi ATAF ritenute assimilabili ai mezzi utilizzati da di AIM Mobilità Vicenza.

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 presso i quali sono state eseguite le misurazioni di caratterizzazione della rumorosità delle 2 categorie di mezzi (cfr paragrafo 2.3.2);
  - una sorgente stradale avente lunghezza molto superiore rispetto alla distanza tra i punti-ricettore e la linea sorgente stessa.
- ✓ calcolo del livello acustico ( $L_{Aeq}$ , espresso in dB(A)) generato, in corrispondenza dei punti-ricettore, dal transito di un veicolo pesante tipo, alle velocità di riferimento di 20, 30 e 40 km/h;
- ✓ confronto dei livelli misurati con gli analoghi livelli simulati, per ciascuna tipologia di mezzo e per ciascun valore delle velocità di riferimento;
- ✓ determinazione del valore del coefficiente di conversione  $K$  alle varie velocità di riferimento, tale da ottenere il minimo scarto, in generale inferiore a 1 dB(A), tra i livelli acustici misurati e quelli simulati sui punti di rilevazione: i nuovi livelli acustici vengono determinati considerando il transito di un veicolo pesante equivalente, normalizzato secondo i coefficienti di conversione  $K$ .

Nella seguente tabella sono riportati i valori dei coefficienti  $K$ , ricavati secondo la metodologia di calibrazione esposta.

Tabella 6 – Coefficiente di conversione K

Tipologia	Modello AIM Mobilità Vicenza	K <sub>40</sub>	K <sub>30</sub>	K <sub>20</sub>
T1	IRISBUS CITELIS	0.10	0.06	0.040
T2	IVECO 471	0.10	0.10	0.040
T4	CACCIAMALI 890 TCM	0.40	0.35	0.120
T5	IVECO 480.10.21	0.10	0.10	0.060
T7	E.P.T. ECO POWER TECHNOLOGY HOURS	0.05	0.02	0.005
T8	BREDA MENARINI	0.15	0.09	0.090
	MAN A21 NL			
	MAN NL 243 LPG			
	MAN A23 NG 273 GPL			
	VANHOOL A300N GPL			
T9	VANHOOL AG300 NL. U02	0.15	0.09	0.050
	AUTODROMO TANGO TGM 97/U3PAC			
	VANHOOL AG300			

### 3.2.4 SCELTE METODOLOGICHE PER LA MODELLAZIONE DELLE SORGENTI

Di seguito vengono riportati i valori di input inseriti nel modello di calcolo per la modellazione delle sorgenti acustiche stradali, secondo il metodo di calcolo francese "NMPB-Routes-96":

- ✓ velocità delle linee nel centro città (area interna alla ZTL): 20 km/h;
- ✓ velocità delle linee nelle aree esterne al centro città (tratti sub-urbani): 30 km/h;
- ✓ tipologia di flusso di traffico: fluida;
- ✓ tipologia di pavimentazione: asfalto liscio tradizionale oppure pavè dove presente (in corrispondenza di alcune strade del centro storico).

Per la determinazione del numero di veicoli equivalenti da attribuire, per ciascun periodo di riferimento, ad ogni linea, è stato utilizzata la seguente formula:

$$N_{\text{veic,eqTR}} = (\%T_1 \cdot K_{T1} + \dots + \%T_9 \cdot K_{T9}) \cdot N_{\text{pass,TR}} / h_{\text{TR}}$$

dove:

- ✓  $N_{\text{veic,eqTR}}$ : numero medio orario di veicoli equivalenti (espresso in veic/h) nel periodo di riferimento;
- ✓  $\%T_1, \dots, \%T_9$ : ripartizioni percentuali delle tipologie di mezzi (cfr. tabella 5);



- ✓  $KT_1, \dots, KT_9$ : coefficiente di conversione (cfr. tabella 6);
- ✓  $N_{\text{pass,TR}}$ : numero di transiti nel periodo di riferimento (cfr. tabella 4);
- ✓  $h_{\text{TR}}$ : durata (espressa in ore) del periodo di riferimento.

In particolare:

- ✓ flussi di traffico delle linee nel centro città: è stato utilizzato il per il coefficiente di conversione  $K_{20}$  (cfr. tabella 6);
- ✓ flussi di traffico delle linee nelle aree esterne al centro città: è stato utilizzato il coefficiente di conversione  $K_{30}$  (cfr. tabella 6).



## 4. MAPPATURA ACUSTICA DEL RUMORE TPL



## 4.1 PREMESSA

Ai sensi dell'articolo 3 del D. Lgs. 194/2005, si definisce "mappatura acustica", la rappresentazione di dati relativi a una situazione di rumore esistente o prevista in funzione di un descrittore acustico, che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero delle persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico in una certa zona.

La presente mappatura acustica è riferita al rumore prodotto dall'esercizio delle linee di pertinenza della società AIM Vicenza Mobilità, all'interno dell'area – Nadia, relativamente all'applicazione delle procedure previste dallo STANDARD ITALIANO, ovvero alle metodologie previste ai sensi della legislazione nazionale.

La Mappatura Acustica viene eseguita attraverso le seguenti metodologie di calcolo:

- ✓ **CALCOLO IN FACCIATA:** per ciascun edificio di tipo abitativo/sensibile, vengono determinati i livelli sonori, in corrispondenza di ogni piano su tutte le facciate, dati dalla rumorosità prodotta dall'esercizio delle linee di trasporto pubblico locale gestite da AIM Vicenza Mobilità. Tali livelli acustici sono finalizzati ad individuare per il periodo di riferimento diurno e per il periodo di riferimento notturno, il numero assoluto e la percentuale di popolazione esposta ai seguenti intervalli dei livelli acustici  $L_D$  ed  $L_N$ :
  - $L_{D/N} < 55 \text{ dB(A)}$ ;
  - $55 \text{ dB(A)} \leq L_{D/N} < 65 \text{ dB(A)}$ ;
  - $65 \text{ dB(A)} \leq L_{D/N} < 75 \text{ dB(A)}$ ;
  - $L_{D/N} \geq 75 \text{ dB(A)}$ .
- ✓ **CALCOLO DELLE MAPPE ACUSTICHE:** vengono determinati i livelli sonori su una griglia di calcolo 10 m x 10 m ( $h=4$  m), espressi negli indicatori  $L_D$  ed  $L_N$ , al fine di rappresentare graficamente la rumorosità prodotta.

Le mappature acustiche sono state prodotte come curve isofoniche negli elaborati EL01 ed EL02.

Infine, nel database della presente mappatura acustica, i risultati delle simulazioni acustiche vengono riportati in formato elettronico (shapefile). Di seguito si riporta una sintetica descrizione di tali tematismi.

- ✓ **Ricettori\_TPL\_ITA:** questo shapefile di tipologia poligonale contiene i risultati del calcolo dei livelli sonori ad ogni piano su tutte le facciate di ciascun edificio abitativo. In particolare nella tabella associata sono presenti i seguenti attributi: il codice identificativo univoco di ciascun ricettore presente all'interno dell'area – Nadia (mediante il campo "COD\_RIC"), l'altezza dell'edificio, i risultati delle simulazioni effettuate in facciata secondo gli indicatori previsti dalla vigente normativa in materia ( $L_D$ , ed  $L_N$ ); in particolare, i risultati sono riportati in termini di livelli acustici massimi calcolati ad ogni piano su tutte le facciate di ciascun edificio-ricettore;





- ✓ *Griglia\_TPL\_ITA*: shapefile contenente i livelli acustici calcolati (con riferimento agli indicatori acustici  $L_D$  ed  $L_N$ ) in corrispondenza di tutti i punti della griglia di calcolo (10 m x 10 m, altezza di calcolo pari a 4 m).

## 4.2 RISULTATI DELLA MAPPATURA ACUSTICA

Nel presente capitolo vengono riportati ed analizzati i risultati della mappatura acustica.

Tali risultati 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  $L_D$  ed  $L_N$  riportati nel precedente paragrafo. Per entrambe le elaborazioni, le percentuali sono espresse rispetto al numero di abitanti attribuito agli edifici ricadenti nell'area di calcolo definita corrispondenti all'area – Nadia.

La popolazione residente complessivamente all'interno di tale area ed attribuita agli edifici di tipologia residenziale è pari a 100.005 abitanti.

Nelle figure che seguono si riportano i grafici che individuano la percentuale di popolazione esposta al rumore stradale nel periodo di riferimento diurno (6.00 – 22.00) e nel periodo di riferimento notturno (22.00 – 6.00). Le percentuali sono elaborate unicamente in funzione del numero di residenti negli edifici di tipologia abitativa, e non in riferimento al numero di esposti in edifici di tipologia sensibile (studenti, posti letto, lavoratori ecc.).

Figura 2 – Percentuale di popolazione esposta ( $L_D$ )

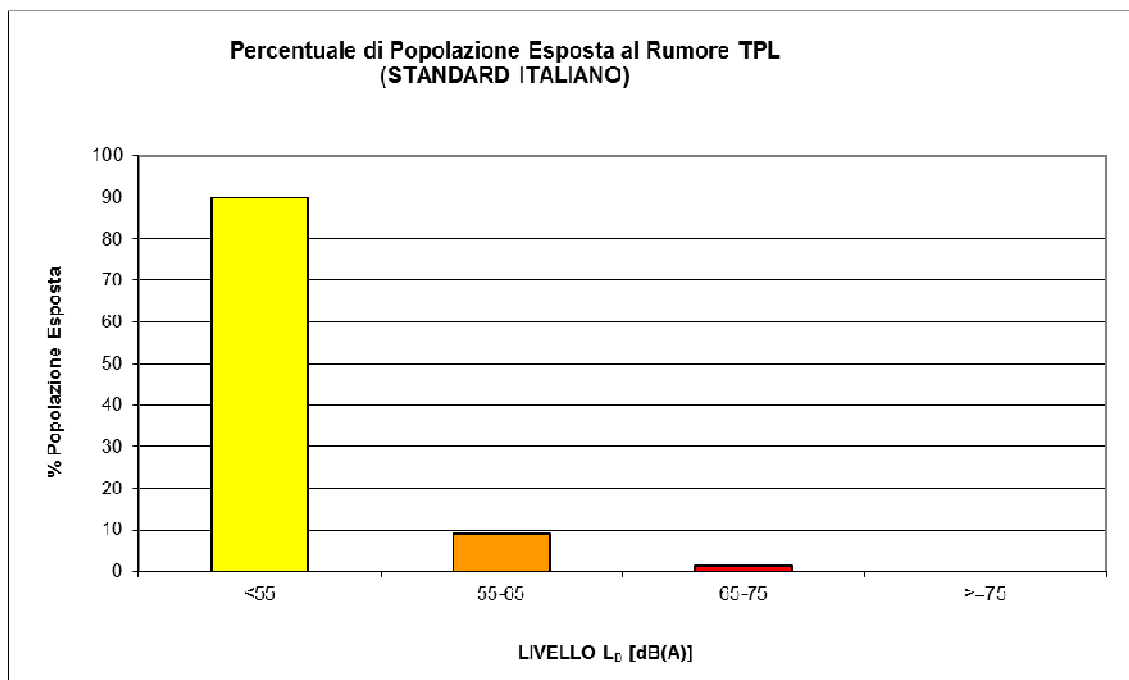
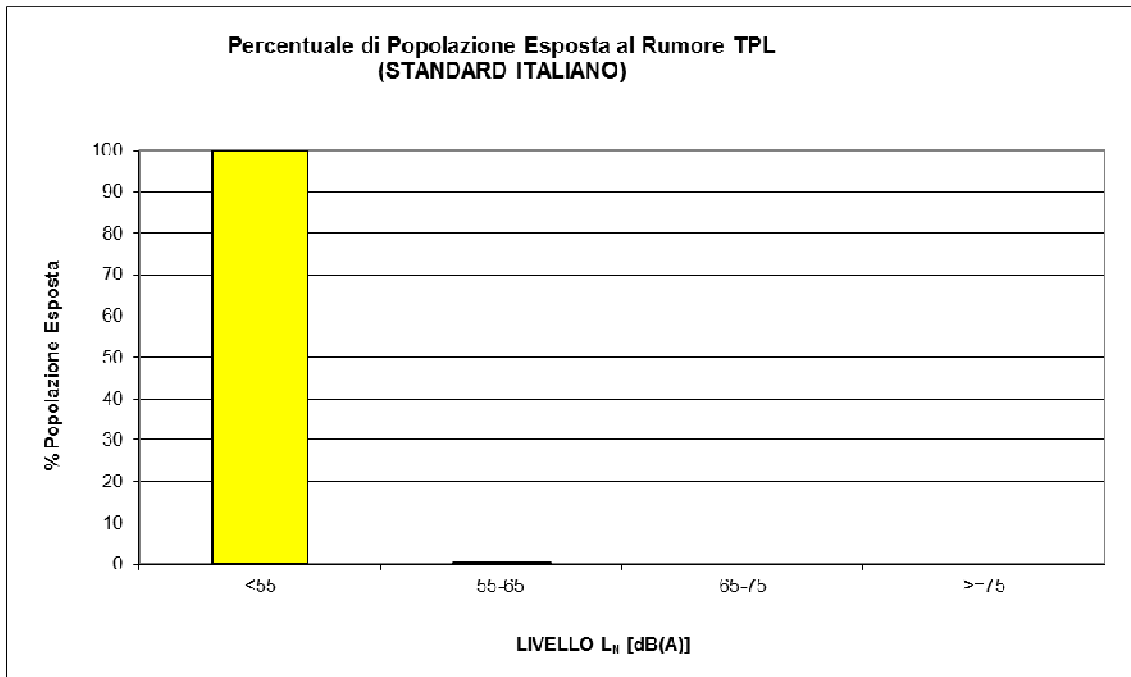


Figura 3 – Percentuale di popolazione esposta ( $L_N$ )



Nelle tabelle che seguono si riporta in forma di tabella il numero e la relativa percentuale di abitanti esposta al rumore prodotto dall'esercizio delle linee di pertinenza della società AIM Vicenza Mobilità nel periodo di riferimento diurno (6.00 – 22.00) e nel periodo di riferimento notturno (22.00 – 6.00).

In quelle successive, gli stessi risultati riportati al numero di edifici

Tabella 7 – Numero e percentuale di abitanti esposti ( $L_D$ )

RUMORE TPL – $L_D$	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	89.773	89,8
55-65	8.899	8,9
65-75	1.333	1,3
>= 75	0	0,0
<b>TOTALE</b>	<b>100.005</b>	<b>100,0</b>

Tabella 8 – Numero e percentuale di abitanti esposti ( $L_N$ )

RUMORE TPL – $L_N$	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	99.895	99,9
55-65	110	0,1
65-75	0	0,0
>= 75	0	0,0
<b>TOTALE</b>	<b>100.005</b>	<b>100,0</b>

Tabella 9 – Numero e percentuale di edifici esposti ( $L_D$ )

RUMORE TPL – $L_D$	Edifici	
	Numero di Edifici	Percentuale (%)
<55	9.601	95,4
55-65	439	4,4
65-75	28	0,3
$\geq 75$	0	0,0
<b>TOTALE</b>	<b>100.005</b>	<b>100,0</b>

Tabella 10 – Numero e percentuale di edifici esposti ( $L_N$ )

RUMORE TPL – $L_D$	Edifici	
	Numero di Edifici	Percentuale (%)
<55	10.005	99,4
55-65	63	0,6
65-75	0	0
$\geq 75$	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>100.005</b>	<b>100,0</b>

Di seguito viene effettuato un confronto tra i risultati ottenuti dalla presente mappatura acustica e gli analoghi indicatori statistici calcolati per la mappatura acustica del rumore stradale, elaborata dalla scrivente società nel mese di novembre 2012, e caratterizzante la rumorosità prodotta dal traffico stradale privato sulle infrastrutture compreso del contributo del transito delle linee di Trasporto Pubblico Locale su gomma, ricadenti all'interno dell'area – Nadia.

Figura 4 – Percentuale di popolazione esposta al rumore STRADALE ( $L_D$ )

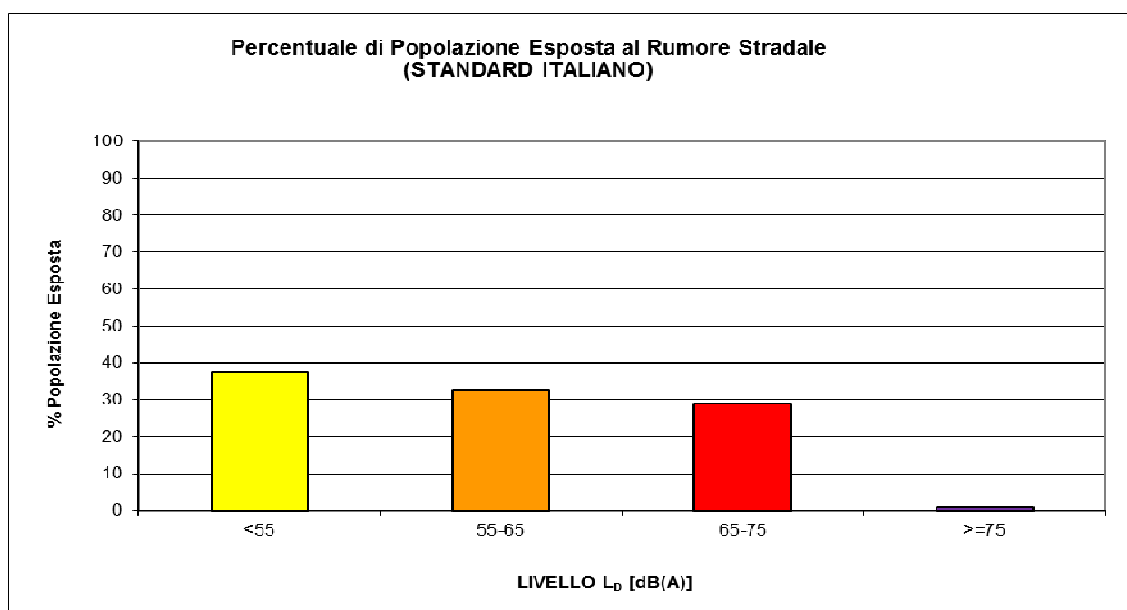
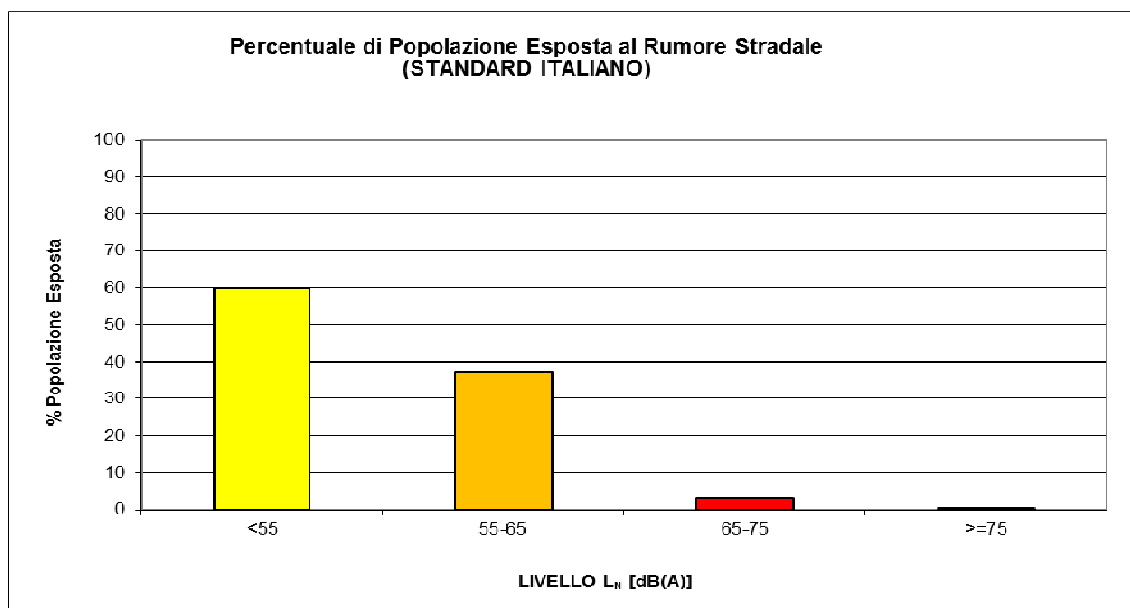


Figura 5 – Percentuale di popolazione esposta al rumore STRADALE ( $L_N$ )



Nelle tabelle che seguono si riporta in forma di tabella il numero e la relativa percentuale di abitanti esposti al rumore stradale per l'indicatore  $L_D$  e  $L_N$ .

Tabella 11 – Numero e percentuale di abitanti esposti al rumore STRADALE ( $L_D$ )

RUMORE STRADALE – $L_D$	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	37.564	37,6
55-65	32.714	32,7
65-75	28.842	28,8
>= 75	885	0,9
<b>TOTALE</b>	<b>100.005</b>	<b>100,0</b>

Tabella 12 – Numero e percentuale di abitanti esposti al rumore STRADALE ( $L_N$ )

RUMORE STRADALE – $L_N$	Popolazione (abitanti)	
	Numero di abitanti	Percentuale (%)
<55	59.831	59,8
55-65	37.079	37,1
65-75	3.088	3,1
>= 75	7	0,0
<b>TOTALE</b>	<b>100.005</b>	<b>100,0</b>

Dall'analisi della sintesi dei risultati delle due diverse mappature, è possibile evidenziare che il contributo apportato dall'esercizio dei mezzi di AIM Vicenza Mobilità all'interno dell'area – Nadia è circa trascurabile rispetto alla rumorosità prodotta dal rumore stradale.



## 4.3 CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati riportati nei precedenti capitoli è possibile trarre le seguenti conclusioni relativamente alle percentuali di popolazione esposta al rumore prodotto dalle linee di Trasporto Pubblico Locale di pertinenza di AIM Vicenza Mobilità e considerando gli indicatori previsti dallo STANDARD ITALIANO ( $L_D$  6.00 – 22.00 e  $L_N$  22.00 – 6.00).

La popolazione residente complessivamente all'interno dell'area – Nadia ed attribuita agli edifici di tipologia residenziale è pari a 100.005 abitanti.

Periodo di riferimento diurno,  $L_D$ :

- ✓ circa il 90% (89.773 persone) della popolazione residente negli edifici impattati dal rumore oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A);
- ✓ circa il 95% (9.601 abitazioni) degli edifici impattati dal rumore oggetto di mappatura risultano esposti ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A);
- ✓ circa il 9% (8.899 persone) della popolazione residente negli edifici impattati dal rumore oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore compreso tra 55 e 65 dB(A);
- ✓ circa il 4% (439 abitazioni) degli edifici impattati dal rumore oggetto di mappatura risultano esposti ad un livello di rumore compreso tra 55 e 65 dB(A);
- ✓ circa l'1% (1.333 persone) della popolazione residente negli edifici impattati dal rumore stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore compreso tra 65 e 75 dB(A);
- ✓ gli edifici esposti a livelli acustici superiori ai 65 dB(A) di  $L_D$  risultano essere in numero ed in percentuale trascurabile.
- ✓ le persone esposte a livelli acustici superiori ai 75 dB(A) di  $L_D$  risultano essere in numero ed in percentuale trascurabile.

Periodo di riferimento notturno,  $L_N$ :

- ✓ circa la totalità (99,9% ovvero 99.895 persone) della popolazione residente negli edifici impattati dal rumore stradale oggetto di mappatura risulta esposta ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A);
- ✓ circa la totalità (99,4% ovvero 63 edifici) degli edifici impattati dal rumore oggetto di mappatura risultano esposti ad un livello di rumore contenuto entro 55 dB(A);
- ✓ gli edifici esposti e le persone esposte a livelli acustici superiori ai 55 dB(A) di  $L_N$  risultano essere in percentuale quasi nulla (63 edifici e 110 persone).



In generale, risulta che la rumorosità prodotta dall'esercizio dei mezzi di AIM Vicenza Mobilità all'interno dell'area – Nadia è circa trascurabile rispetto al rumore prodotto dal traffico veicolare in transito sulle strade di pertinenza comunale.

Infine, preme sottolineare come la mappatura acustica del TPL sia stata realizzata in riferimento alla stessa base dati territoriale della mappatura acustica strategica dell'agglomerato di Vicenza. In tal senso i livelli di rumore prodotti dal TPL potranno essere facilmente confrontati con quelli della mappatura acustica strategica per capire eventuali responsabilità della sorgente TPL nelle situazioni di eventuale superamento dei limiti. In quest'ottica la mappatura della sorgente TPL potrà rappresentare un utile strumento nella fase di predisposizione del Piano di Azione per capire l'efficacia di eventuali azioni che possano coinvolgere il gestore AIM Vicenza Mobilità.



**IL PRESENTE ELABORATO SI COMPONE DI 39 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 30/11/2012**

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

**DOTT. ING. SERGIO LUZZI (DIRETTORE TECNICO)**



**DOTT. ING. FRANCESCO BORCHI (PROJECT MANAGER)**



**DOTT. ING. ANDREA GUIDO FALCHI (RESPONSABILE DELLA MODELLISTICA)**

**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