

**Allegato 1****Rapporto tecnico sulla metodologia seguita per l'elaborazione della mappa acustica dell'agglomerato urbano di Firenze in adempimento alla Direttiva europea 49/02****Componente rumore da traffico ferroviario****Febbraio 2010****1 Descrizione sintetica**

La mappa rappresenta i livelli sonori sulla facciata più esposta di ciascun edificio espressi nei due indicatori armonizzati europei ( $L_{den}$  e  $L_{night}$ ). La valutazione dei livelli sonori è stata condotta per via esclusivamente numerica mediante un software di calcolo con cui è stato implementato il metodo ufficiale olandese come espressamente previsto "ad interim" per i paesi come l'Italia sprovvisti di un proprio metodo nazionale.

La sorgente sonora modellata corrisponde all'attraversamento ferroviario del territorio comunale di Firenze, ad esclusione della tratta Firenze Porta al Prato – Firenze Cascine (Ponte all'Indiano).

La popolazione è stata attribuita agli edifici sulla base della densità abitativa nelle diverse zone ricavata dai dati dell'anagrafe. Gran parte delle fonti di dati utilizzate è aggiornata all'estate 2007.

Ciascun elemento di questa sintesi viene descritto in dettaglio nei paragrafi seguenti, i risultati sono riportati nella tabella 2 del paragrafo 2.6.

**2 Rapporto dettagliato****2.1 Indicatori acustici**

Gli indicatori acustici utilizzati sono quelli previsti dalla normativa: il "livello giorno-sera-notte" ed il "livello notte" ( $L_{den}$  e  $L_{night}$ ) definiti sui periodi "giorno", "sera", "notte", adottati a livello italiano con il D.lgs n. 194 del 19/08/05 (6:00-20:00, 20:00-22:00 e 22:00-6:00, rispettivamente).

**2.2 Modello e impostazioni di calcolo**

La valutazione dei livelli sonori è stata condotta per via esclusivamente numerica mediante un software di calcolo (IMMI 6.3.1) con cui è stato implementato il metodo ufficiale olandese "Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96".

Per quanto riguarda le impostazioni acustiche e di calcolo, conformemente alla GPG<sup>1</sup>, sono state adottate le seguenti specifiche:

- temperatura media annua di 15° C ed umidità relativa del 70% (valori medi di lungo periodo riferiti all'area fiorentina);
- un solo ordine di riflessione, esclusa quella dovuta alla facciata immediatamente retrostante al ricettore;
- fattore suolo pari a zero, corrispondente ad un terreno riflettente;
- superfici delle aree edificate e barriere con fattore di riflessione 0.8 e 1 rispettivamente;

<sup>1</sup> European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Position Paper - Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, August 2007.

(nome file: Report\_mappa\_END\_FI\_treni\_finale)  
Mod. SQ 10-01 n. 070 rev. 3



- area di lavoro intorno a ciascun punto ricettore, considerata nel calcolo, pari a 1000 m.

I livelli sonori sono stati calcolati in una fascia di 500 m per lato dall'infrastruttura, come livelli massimi sulla facciata più esposta. Allo scopo è stata costruita una corona di ricettori posta intorno ai fabbricati all'altezza di 4 m e, in una fascia di estensione ridotta pari ai primi 70 metri per lato dall'infrastruttura, anche alle altre altezze, corrispondenti ai differenti piani degli edifici. I livelli di rumore ferroviario sono stati quindi determinati utilizzando i valori distinti per piano per i primi 70 m ed utilizzando i livelli sonori a 4 m per i restanti 430 m dall'infrastruttura.

Nell'area compresa nella fascia dei 500 m è stata determinata la mappa delle isofone all'altezza di 1.5 m, con una risoluzione di un punto ogni 10 m, in entrambe le direzioni.

## 2.2 Elementi cartografici nell'area di studio

L'area di analisi ha un'estensione di 500 m per ogni lato del sedime ferroviario. Gli elementi cartografici del modello acustico, ad esclusione delle sorgenti sonore, sono quelli già utilizzati per il modello di traffico veicolare (vedi relazione tecnica prot. ARPAT n. 13116 del 13/02/08) con l'aggiunta della sorgente di traffico ferroviario (paragrafo 2.3). Per completezza, vengono illustrati di seguito gli elementi cartografici presi in considerazione nell'ambito di studio.

### 2.2.1 Il modello digitale del terreno (DTM)

Il DTM è una rappresentazione digitale del suolo. Tale rappresentazione può essere raster, il cosiddetto DEM<sup>2</sup>, oppure vettoriale la cosiddetta TIN<sup>3</sup>.

Il modello digitale del terreno nella fascia di studio è stato costruito adottando la CTR 1:2000, nella versione più recente (voli effettuati dal 1998 al 2002) ed una rappresentazione tridimensionale ottenuta per triangolazione (TIN).

Nella costruzione del modello digitale del terreno si sono utilizzati alcuni degli strati informativi che rappresentano l'orografia, le forme terrestri, le comunicazioni. Nello specifico si sono adottate le seguenti entità:

- Punti quotati (layer 804);
- Curva direttrice (layer 801);
- Scarpata (testa) (layer 601);
- Scarpata/Calanco (piede) (layer 602);
- Ponte/Viadotto(layer 108).

Dall'esame delle carte si è potuto osservare un differente grado di "risoluzione" nella restituzione delle informazioni, talvolta eccessivo, presentando ad esempio curve di livello con un vertice ogni decina di centimetri. L'utilizzo di questi dati in forma grezza avrebbe portato ad una non omogeneità nella definizione del territorio e ad un eccessivo allungamento dei tempi macchina, perciò le informazioni relative alle curve di livello sono state trattate con un algoritmo di semplificazione (algoritmo di Douglas & Peucker) riducendo il numero di vertici in eccesso ed omogeneizzando la risoluzione.

I ponti stradali sopra la linea ferroviaria sono stati per intero ricostruiti manualmente, a causa della presenza di discontinuità nel tracciato e di errori sulle quote.

### 2.2.2 Il tema dell'edificato

Il tema dell'edificato riveste, nel modello acustico, una duplice funzione. In città i principali schermi alla propagazione sonora sono proprio gli edifici che costituiscono anche delle superfici riflettenti, inoltre i livelli

<sup>2</sup> Il DEM (Digital Elevation Model) costituisce una rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio. Definendo una griglia di coordinate in un sistema di riferimento xyz, ad ogni punto della griglia viene assegnato un valore ottenuto per interpolazione, sulla base delle informazioni geografiche disponibili.

<sup>3</sup> La TIN (Triangulated Irregular Network) è una rappresentazione tridimensionale del terreno che viene generata dagli spigoli di una rete di triangoli nello spazio; i vertici dei triangoli sono i nodi delle informazioni geografiche disponibili.

(nome file: Report\_mappa\_END\_FI\_treni\_finale)  
Mod. SQ 10-01 n. 070 rev. 3



sonori vengono calcolati sulle facciate degli edifici stessi.

Per quanto riguarda la funzione schermante si è ritenuto opportuno inserire nel modello tutti gli edifici cartografati sul territorio cittadino, all'interno della fascia di studio. Per ottenere la massima accuratezza sulle altezze degli edifici, si è utilizzato un tema tridimensionale dell'edificato (cosiddetto Digital Building Model) ricavato dalla CTR 1:2000. Gli edifici presenti nella CTR sono stati integrati con gli edifici di più recente costruzione, derivati dal tema degli edifici "catastali" fornito dal servizio SIT del Comune di Firenze.

I livelli sonori vengono calcolati sugli edifici adibiti a residenza, pertanto si è incontrata la necessità di estrarre dal tema dell'edificato quegli edifici a carattere residenziale (vedi paragrafo 2.5).

## **2.3 Ricostruzione della geometria della sorgente**

La sorgente sonora corrisponde alla mezzera delle rotaie e si trova sul corpo stradale ferroviario, in alcuni tratti sono presenti le barriere acustiche. La cartografia utilizzata è stata estratta dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000, l'area di studio è compresa in circa 30 fogli.

### *2.3.1 Binari*

Nella CTR al 2000 i binari sono rappresentati dalla mezzera delle rotaie. La sorgente sonora, direttamente rappresentata in cartografia, è risultata quindi frammentata nei fogli di interesse; inoltre, sulla carta, sono riportati tutti i binari, anche quelli che non vengono utilizzati per il traffico ordinario. E' stato quindi necessario individuare i binari in uso e, per ogni binario, aggregare i diversi tratti per formare un'unica sorgente.

### *2.3.2 Corpo stradale ferroviario*

L'attraversamento ferroviario della città di Firenze è realizzato prevalentemente in rilevato oppure a raso rispetto alla sede stradale, mentre rari sono i tratti in trincea. Il corpo stradale ferroviario è stato ricostruito interamente: per una piccola porzione utilizzando direttamente gli elementi cartografici disponibili, la gran parte della sagoma del rilevato ferroviario è stata invece ricostruita manualmente, rendendola coerente con i punti quota battuti in prossimità dei binari o con la quota dei binari stessi.

### *2.3.3 Barriere acustiche*

Le caratteristiche geometriche delle barriere acustiche sono state fornite da RFI, ad eccezione di quelle delle barriere presenti sulla tratta dalla stazione di Campo di Marte verso est fino al confine comunale. In quest'ultimo tratto è stata necessaria una campagna di misure per georiferire le barriere acustiche presenti e misurarne le dimensioni. Sono stati inoltre effettuati sopralluoghi lungo gli altri tratti per verificare le informazioni fornite.

## **2.4 Taratura della sorgente sonora**

Per il calcolo dei livelli di rumore il software richiede informazioni sulla tipologia di treno, sulla velocità di transito e sul traffico orario medio (numero di carrozze per tipologia di treno).

Nel corso degli anni 2007-2008 è stata condotta una campagna di misura del rumore ferroviario nelle otto postazioni riportate in figura 1.

La misura del rumore ferroviario prevede il rilievo del rumore complessivo corrispondente al passaggio di ogni convoglio (SEL) e la durata del transito. Sulla base di queste informazioni si è operata una distinzione tra i treni passeggeri ed i treni merci; a ciascuna tipologia di convoglio è stato inoltre attribuito un numero medio di carrozze riscontrato su un campione significativo di transiti.

I flussi di traffico ferroviario così determinati sono stati distribuiti sui binari utilizzati più frequentemente.

In assenza di una specifica campagna di rilievo dei livelli sonori, il traffico ferroviario sulla tratta faentina è stato determinato sulla base dell'orario dei treni.

La velocità dei transiti su ciascuna tratta è stata determinata sulla base delle informazioni contenute nel piano di risanamento acustico redatto da RFI e da osservazioni dirette.



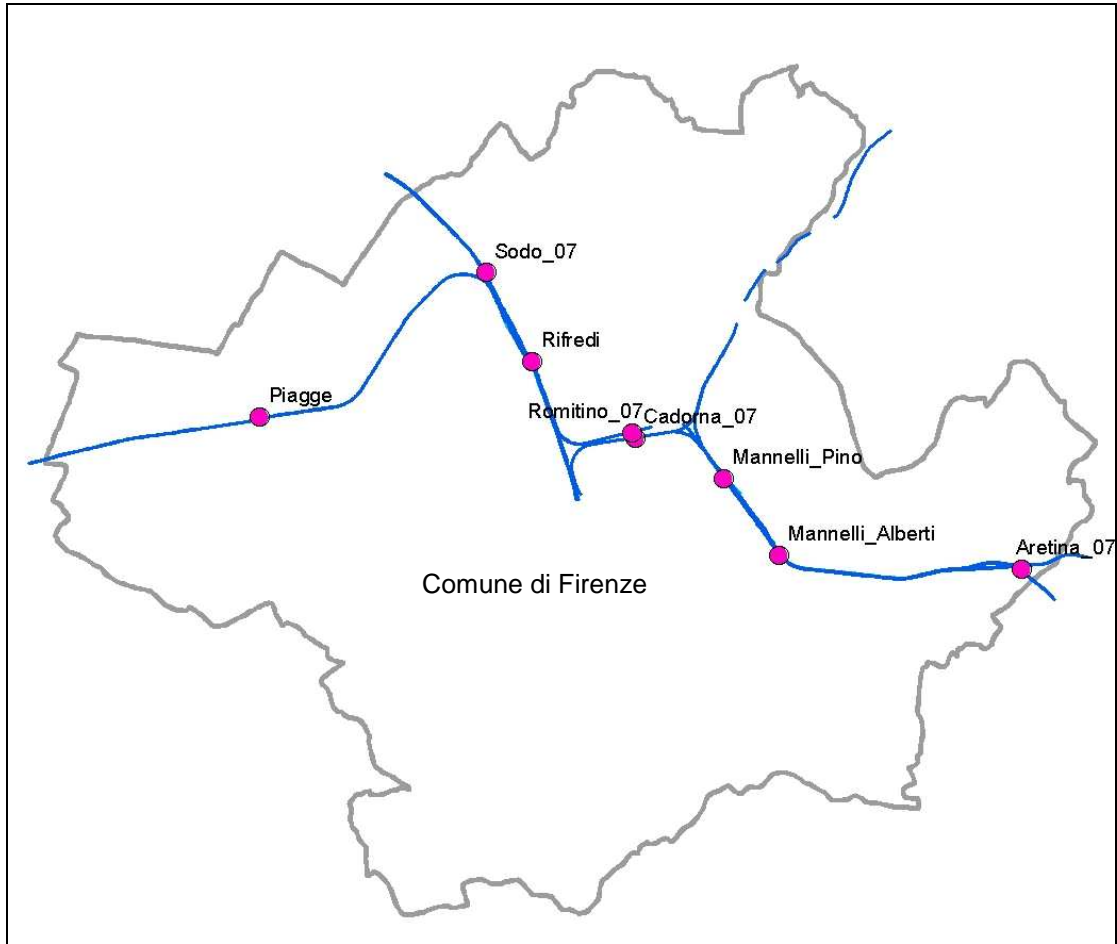


Figura 1. Punti di misura del rumore ferroviario.

I livelli sonori rilevati negli otto punti di figura 1 sono stati quindi riscontrati con i valori in essi simulati, ricavandone un buon accordo fra misure e modello, vedi tabella 1.

Tabella 1. Confronto tra i valori misurati e calcolati nei punti di misura dei livelli sonori.

Punto di misura	Valore Misurato [dBA]			Valore Calcolato [dBA]			Differenza		
	Lday	Leve	Lnig	Lday	Leve	Lnig	day	eve	nig
Aretina_07	63.3	63.3	59.8	63.6	63.1	59.8	0.3	-0.2	0.0
Mannelli_Alberti	68.5	69.4	66.7	69.3	68.8	66.5	0.8	-0.6	-0.2
Mannelli_Pino	72.5	71.8	70.1	71.8	71.6	69.4	-0.7	-0.2	-0.7
Cadorna_07	68.8	68.8	60.7	68.8	68.7	61.9	0.0	-0.1	1.2
Romitino_07	65.7	65.7	67.2	65.9	66.5	68.4	0.2	0.8	1.2
Rifredi	70.6	70.5	67.6	69.5	70.0	68.7	-1.1	-0.5	1.1
Sodo_07	67.3	69.3	67.6	68.5	69.5	66.9	1.2	0.2	-0.7
Piagge	65.8	67.2	62.9	66.5	66.6	62.3	0.7	-0.6	-0.6

## 2.5 Il dato di popolazione

Questa informazione è la stessa già utilizzata per la mappatura della popolazione esposta al rumore da traffico veicolare, tuttavia, per completezza, si illustra anche in questa relazione come è stato ricavato il dato.

Allo scopo di ottenere il numero di abitanti in ogni edificio del Comune di Firenze la popolazione residente è stata distribuita sugli edifici residenziali sulla base delle volumetrie degli edifici stessi. La densità di popolazione è stata stimata per sezione di censimento a partire dai dati anagrafici associati ai numeri civici ricadenti in ciascuna sezione, ripartendoli uniformemente sulla propria volumetria residenziale.



Operativamente sono state utilizzate:

- le sezioni di censimento relative all'anno 2001 (fornite dal Servizio Statistica della Regione Toscana);
- i dati anagrafici comunali aggiornati al 31.10.2007;
- i civici georiferiti, forniti dal comune.

La cartografia di base utilizzata per rappresentare l'edificato residenziale è la CTR 1:2000. Nella versione della CTR 1:2000 utilizzata alcuni edifici residenziali esistenti non risultano rappresentati. Perciò si è proceduto all'integrazione di questa base di dati con gli edifici adibiti a civile abitazione rappresentati nella carta catastale fornita dal comune.

Nella CTR gli edifici sono suddivisi sulla base della loro destinazione. La popolazione è stata distribuita solo su alcuni degli edifici appartenenti allo strato informativo delle unità volumetriche civili/sociali/amministrative (layer 201). L'esame della carta ha infatti evidenziato che in questo strato informativo sono presenti edifici a carattere non residenziale (ad esempio cimiteri, impianti sportivi, ospedali, supermercati, banche, ecc.), tali edifici sono stati identificati manualmente e ad essi non è stata associata la quota di popolazione residente.

## 2.6 La popolazione esposta

Nella fascia dei primi 70 m per lato dall'infrastruttura, per ogni edificio residenziale, è stato determinato il numero dei piani in base dell'altezza (fino a un massimo considerato di sei piani, oltre al piano terra) a ciascuno dei quali è stata assegnata in parti uguali la popolazione residente complessivamente allocata nel fabbricato.

I livelli sonori massimi ad ogni piano, sono stati così assegnati alla corrispondente quota di popolazione.

Sui restanti 430 m di fascia di studio, il numero di abitanti dell'intero edificio è stato associato al livello sonoro massimo sulla facciata più esposta ad un'altezza di 4 metri.

Con le procedure descritte, è stata determinata la popolazione esposta ai differenti livelli di rumore ferroviario come richiesto dalla norma europea. In tabella 2 sono riportati i dati relativi alla popolazione esposta ai livelli Lden ed Lnight.

Tabella 2. Popolazione esposta al rumore ferroviario.

Lden [dBA]	Popolazione esposta [abitanti]	Lnight [dBA]	Popolazione esposta [abitanti]
55-60	7063	45-50	9685
60-65	4608	50-55	5700
65-70	3054	55-60	3204
70-75	2287	60-65	2568
>75	228	65-70	1404
		>70	104

## 3 Responsabilità e collaborazioni

La mappa è stata sviluppata dalla UO IMREC del Dipartimento ARPAT di Firenze, con numerose collaborazioni di altre strutture dell'Agenzia ed esterne, con la seguente ripartizione di compiti.

**Impostazione metodologica e coordinamento generale:** Andrea Poggi, David Casini, Tamara Verdolini.

### GIS e modellistica:

- **coordinamento generale e supervisione tecnica:** Tamara Verdolini;
- **predisposizione modello acustico:** Tamara Verdolini;
- **immissione dati ed elaborazioni GIS:** Tamara Verdolini, Sonia Giannecchini;



- **misure e sopralluoghi:** Sandro Borgheresi, David Casini, Laura Bidini, Massimo Cavicchi, Sonia Giannecchini, Emiliano Bilenchi, Renzo Pampaloni;
- **raccolta dati:** David Casini, Tamara Verdolini.

**Stesura del rapporto tecnico:** Tamara Verdolini, David Casini, Andrea Poggi.

**Fonti dei dati:**

- **Carta Tecnica Regionale e sezioni di censimento:** Regione Toscana
- **Edificato catastale:** Comune di Firenze
- **Misure acustiche:** ARPAT
- **Barriere acustiche:** RFI, ARPAT
- **Popolazione e numeri civici:** Comune di Firenze

