

La mappa acustica europea della città di Firenze: difficoltà incontrate e soluzioni adottate

David Casini, Andrea Poggi, Tamara Verdolini

ARPAT – Dipartimento di Firenze, Via Ponte alle Mosse 211, 50144 Firenze, d.casini@arpat.toscana.it

RIASSUNTO

Il contributo illustra il lavoro svolto da ARPAT per elaborare la mappa acustica della rete stradale di Firenze, con requisiti conformi alla Direttiva europea 2002/49/CE e al D.lgs n. 194/05. Lo studio ha considerato l'intera rete viaria, assegnando a ciascun asse un traffico tipico della classe stradale di appartenenza e trattando a parte i transiti dei bus urbani. L'emissione sonora veicolare è stata determinata con misure dirette, in condizioni reali di marcia, anziché utilizzare valori standardizzati. Tali dati e una notevole mole di informazioni cartografiche sono stati implementati in un modello acustico cittadino complessivo. La raccolta e l'elaborazione di questo materiale ha richiesto molto lavoro e di relazionarsi con molti soggetti diversi per il suo reperimento. I livelli sonori L_{den} e L_{night} sulle facciate degli edifici sono stati valutati mediante il modello acustico messo a punto e la popolazione esposta al rumore è stata determinata attribuendo ai fabbricati una densità abitativa ricavata dai dati dell'anagrafe. Il lavoro illustra il percorso qui accennato, evidenziandone i punti di forza e di debolezza, questi ultimi legati soprattutto alla disponibilità e coerenza dei dati di base.

INTRODUZIONE

La Regione Toscana ha individuato Firenze come unico agglomerato con più di 250000 abitanti, soggetto all'obbligo di provvedere alla mappatura del proprio territorio, entro la prima scadenza posta dalla Direttiva europea 2002/49/CE e dal D.lgs n. 194/05. Nell'ambito di una convenzione con il Comune, è stato affidato ad ARPAT il compito di svolgere tecnicamente tale adempimento.

Delle mappe acustiche relative all'agglomerato fiorentino, sono oggi disponibili quelle della rete stradale e dell'aeroporto mentre rimane da concludere la mappa ferroviaria. Fra queste, il lavoro più oneroso e significativo è certamente quello relativo al sistema viario, per complessità ed estensione dell'infrastruttura ma anche in termini di impatto sulla popolazione; argomento della memoria sono i criteri e la metodologia seguiti per elaborare la mappa acustica di questa specifica sorgente.

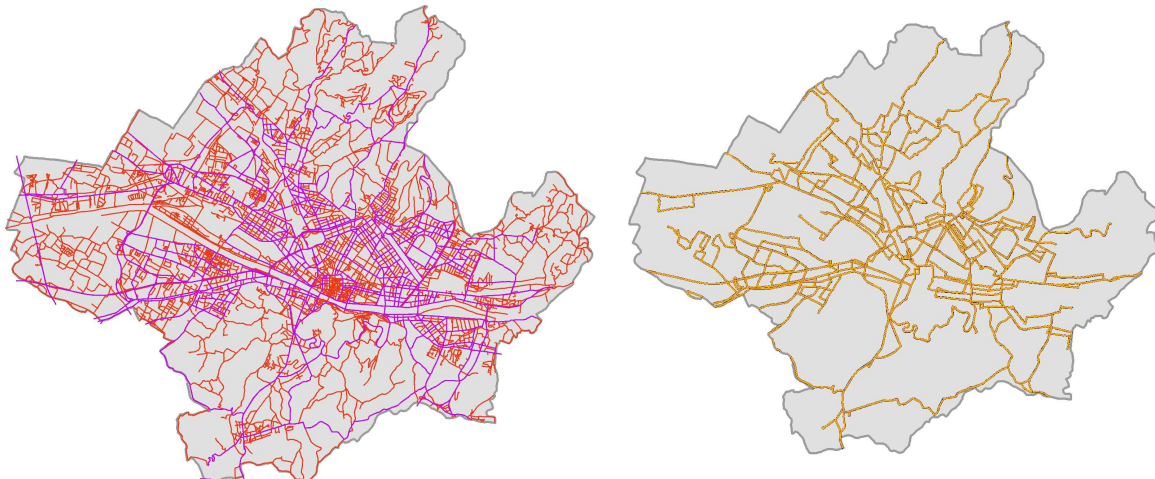
Oltre alle due leggi citate, il lavoro svolto ha fatto costante riferimento alle linee guida emanate a livello europeo per supportare l'attività di mappatura degli stati, nel seguito indicate con GPG (WG-AEN, 2007).

La valutazione dei livelli sonori L_{den} e L_{night} definiti dalla normativa è stata condotta per via esclusivamente numerica mediante un software di calcolo commerciale (IMMI 5.3.1 e IMMI 6.3) in grado di implementare il metodo ufficiale francese "NMPB-Routes-96" (SETRA et al., 1997) come espressamente previsto "ad interim" per i paesi come l'Italia sprovvisti di un proprio metodo nazionale per simulare il rumore da traffico.

GLI ASSI STRADALI

La mappa fiorentina ha preso in considerazione l'intera rete viaria aperta al traffico e pertanto sono state trattate sia le strade principali che quelle secondarie, incluse le locali. Il relativo grafo, fornito dall'Ufficio S.I.T. del Comune, è costituito da circa 7900 archi che rappresentano un totale di 2400 tra strade e piazze, per un'estensione totale di quasi 950 km; la fig. 1 fornisce un'idea della complessità del sistema studiato.

Figura 1 – Grafi della viabilità urbana.



La prima immagine mostra tutta la rete viaria fiorentina (in viola le strade principali e in rosso quelle secondarie); la seconda figura illustra il reticolo delle linee del trasporto pubblico urbano.

La rete del trasporto pubblico locale costituita dalle linee dei bus che espletano tale servizio è stata trattata come una sorgente sonora a parte; per questo, i relativi tracciati sono stati sovrapposti a quelli delle strade cittadine, destinate invece a rappresentare il solo traffico privato. Tale scelta, che ha comportato un notevole aggravio di lavoro, è stata dettata soprattutto dall'opportunità di valutare il peso dei bus sull'esposizione complessiva, considerato che in molte situazioni essi sono la fonte principale di rumore.

Il grafo degli assi (seconda immagine di fig. 1) è stato fornito dalla società di gestione (ATAF) ed è composto da circa 300 elementi che rappresentano i principali percorsi dei mezzi sul territorio comunale, corrispondenti a circa 90 linee di bus, per una lunghezza approssimativa di 850 km complessivi.

A differenza del grafo della rete stradale, i percorsi delle linee ATAF non risultavano posti sulla mezzzeria delle strade e talvolta intersecavano il tema dei fabbricati. Questo secondo tipo di incongruenza è stato corretto manualmente con le funzionalità di un GIS, allo scopo di ottemperare il requisito minimo richiesto dalla GPG di collocare all'interno delle sedi proprie le linee destinate ad essere sorgenti sonore.

DATI DI TRAFFICO E ASSEGNAZIONE DEI FLUSSI AGLI ASSI

Considerata la complessità e l'estensione della rete viaria, non sarebbe stato chiaramente realistico pensare di determinare i flussi reali di ogni strada, attraverso un conteggio diretto. Per questo motivo, è stato adottato l'approccio statistico classico, basato sull'estrazione di un campione di assi per ogni tipologia di strada, su cui valutare il numero medio dei transiti da attribuire poi a tutti i componenti di quella classe. Tale ragionamento, come già accennato al paragrafo precedente, ha riguardato il solo traffico privato (non ATAF).

Il campionamento dei flussi veicolari è stato eseguito utilizzando la stratificazione dello stradario contenuta nel Piano Generale del Traffico Urbano del Comune (PGTU) articolata in sei classi: scorrimento, interquartiere, complementare, quartiere, interzonale, locale. In realtà, a tale raggruppamento, sono state aggiunte ulteriori tre categorie, per tenere conto della specificità della Zona a Traffico Limitato (ZTL) esistente a Firenze (interzonale ZTL, locale ZTL, pedonale). A posteriori, sulla base dei dati raccolti, è stato inoltre opportuno eliminare la categoria delle strade complementari, ripartendola fra le due classi immediatamente inferiore e superiore, al fine di avere una adeguata separazione fra i gruppi (vedi fig. 2).

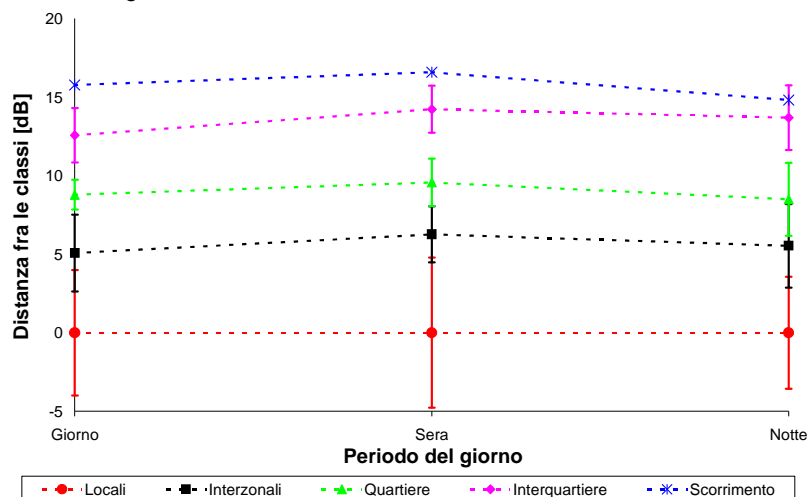
Le fonti, la natura e la distribuzione sul territorio dei conteggi di traffico acquisiti con rilevamento diretto, sono state molteplici, ma in tutti i casi tali dati sono riferibili ad uno stesso arco di tempo (2006 – 2007):

- conteggi annuali su base oraria, registrati da sensori posti in 13 delle principali vie di accesso alla città;
- conteggi annuali su base oraria, acquisiti dalle 16 porte telematiche per il controllo dell'accesso alla ZTL;
- 25 campionamenti di profili orari di durata almeno 24 ore, con dispositivo conta traffico portatile, per coprire quelle categorie stradali non già adeguatamente rappresentate;
- alcuni conteggi manuali di breve durata (tempo inferiore a un'ora) su strade locali all'interno della ZTL.

Per ogni categoria di strada e classe di veicolo, sono stati valutati i valori medi orari per i tre periodi previsti dalla normativa (giorno, sera, notte) da utilizzare in ingresso al modello di calcolo.

La fig. 2 riporta i flussi medi totali per tipologia di strada, normalizzati al volume di traffico delle locali ed espressi in dB, con il relativo scarto tipo; i grafici mostrano in particolare che il raggruppamento degli assi viari utilizzato consegue una soddisfacente separazione fra le varie categorie.

Figura 2 – Differenza acustica fra le varie classi di strada.



I grafici sono costruiti sui flussi totali, ottenuti sommando il traffico di tutte le classi di veicolo; non è riportato lo scarto tipo per lo scorrimento, poiché questa categoria è poco rappresentata.

L'assegnazione dei flussi di traffico ai percorsi ATAF è stata effettuata elaborando i dati relativi alle frequenze di transito ricavate dall'orario annuale di ciascuna linea in circolazione sul territorio del Comune. Nell'elaborazione, si è tenuto conto delle diramazioni di ciascuna linea, distribuendone in modo uniforme i transiti totali su tutti i percorsi ad essa riferibili.

L'EMISSIONE SONORA VEICOLARE

Il modello NMPB adotta gli abachi di emissione della "Guide du Bruit 1980" (CETUR, 1980) considerando due sole categorie veicolari, leggeri e pesanti. D'altra parte, il caso di Firenze ha mostrato chiaramente che tali valori standardizzati non sono adeguati a descrivere il rumore da traffico di un'area estesa densamente urbanizzata, almeno per i seguenti motivi:

- all'interno dei mezzi leggeri, occorre considerare a parte i veicoli a due ruote, poiché tale sotto categoria è una componente acusticamente significativa del flusso totale; vanno inoltre distinti i bus per il trasporto pubblico urbano (tipicamente molto rumorosi) da tutti gli altri veicoli pesanti;
- l'abaco di riferimento è ormai datato;
- i valori in esso riportati sono riferibili ad ambiti extraurbani a scorrimento veloce e pertanto poco rappresentativi del contesto cittadino, dove la velocità di transito del veicolo (mediamente bassa) non è statisticamente significativa.

In un precedente lavoro, sono stati valutati dei nuovi fattori di emissione sonora per ogni classe veicolare (macchine passeggeri, due ruote, bus, altri veicoli pesanti) in condizioni reali di marcia con traffico tipico (Moran, 2005). La tabella sottostante illustra le correzioni da apportare ai valori dell'abaco NMPB, questi ultimi ricavati per una velocità di transito pari a 50 km/h e traffico di tipo continuo.

Tabella 1 – Aggiustamenti adottati a Firenze rispetto ai valori dell'abaco NMPB.

Firenze	NMPB 50 km/h	Fattori correttivi [dBA]
Macchine passeggeri	Veicoli leggeri (peso < 3.5 t)	-2.2
Due ruote		-0.6
Bus	Veicoli pesanti (peso ≥ 3.5 t)	-5.4
Pesanti non bus		-9.2

Applicando i fattori correttivi, si hanno risultati in buon accordo con le misure quando i dati di traffico siano corretti, mentre con l'abaco NMPB si ricavano stime generalmente 2 - 3 dBA (e fino a 5 dBA) superiori agli effettivi livelli sonori riscontrati a bordo strada. Ciò considerato e tenuto conto che la Raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003 dà la possibilità di utilizzare dati più aggiornati e rappresentativi di quelli riportati nell'abaco francese, la mappatura di Firenze è stata condotta adottando le correzioni di tab. 1.

Le intersezioni fra assi viari non sono state modellizzate tenendo conto del diverso andamento del flusso di traffico in corrispondenza di semafori e stop, e pertanto l'emissione veicolare è stata assunta omogenea su ogni tratto dell'asse viario, ad eccezione delle correzioni previste da NMPB per la pendenza.

MODELLO 3D DEL TERRENO E DEI FABBRICATI

Al fine di rappresentare nel modello la morfologia del territorio (terreno e fabbricati) sono stati utilizzati come base 80 quadri in formato vettoriale di Cartografia Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:2000, per un'estensione complessiva del Comune di circa 102 km². Tale cartografia è ricca di strati informativi; per alleggerire il più possibile la mole dei dati da simulare, sono stati utilizzati solo quegli elementi che hanno un'influenza significativa sulla propagazione sonora, in termini di geometria sorgente - ricettore e ostacoli interposti su tale cammino.

Alla base CTR, sono state poi apportate delle integrazioni e semplificazioni, di seguito riassunte:

- lo strato relativo ai fabbricati è stato arricchito con gli edifici non già presenti, ricavati da una cartografia digitale del Catasto, fornita dal S.I.T del Comune, che tuttavia non è stato possibile adottare come base in sostituzione della CTR, perché poco coerente col reticolo stradale e con evidenti carenze;
- inserimento delle barriere acustiche lungo le strade, nei tratti dove presenti;
- parziale ricostruzione manuale dei principali viadotti, affetti da discontinuità ed errori sulle quote;
- riduzione e compattazione dei vertici degli elementi cartografici, mediante algoritmi in automatico, per semplificare il modello morfologico e ridurre in tal modo i tempi di calcolo della simulazione numerica.

Il modello morfologico messo a punto ha costituito la base di appoggio per le sorgenti sonore lineari (assi stradali e percorsi ATAF) con le quali è stata completata la modellizzazione acustica.

FABBRICATI RESIDENZIALI

Questa tipologia di fabbricati costituisce l'anello di congiunzione fra i livelli sonori simulati e la popolazione da conteggiare ai fini dell'esposizione. Per questo motivo, è stato necessario estrarre un tale sottoinsieme dalla totalità degli edifici modellizzati. L'estrazione è stata condotta a partire da uno strato della CTR già utilizzato per costruire il modello morfologico (codice 201, "unità civili, sociali, amministrative").

L'elevato dettaglio della scala 1:2000 ha permesso di trattare le singole unità abitative, come richiede la normativa, mentre questo non sarebbe stato possibile con una cartografia a risoluzione più bassa, come è la stessa CTR 1:10000. D'altra parte, lo strato utilizzato presentava un eccessivo frazionamento volumetrico che avrebbe comportato la generazione di numerosi punti ricettori superflui (vedi più avanti) con il risultato di allungare inutilmente i tempi di calcolo. Lo strato conteneva inoltre molti edifici estesi, a carattere non residenziale (banche, scuole, ospedali, ecc.) che avrebbero acquisito impropriamente una grossa quota di popolazione, poiché questa è stata attribuita in ragione del volume del fabbricato (vedi sotto).

Il primo aspetto è stato affrontato con le funzionalità di un GIS, dissolvendo dove possibile lo strato con gli edifici ad uso abitativo della carta catastale, constatando che questi ultimi presentavano un grado minore di frammentazione. Per il secondo problema, non è stato invece praticabile un metodo completamente automatico. In particolare, sono stati filtrati i fabbricati con estensione maggiore, sulla base di una soglia prefissata, ed è stato poi eseguito il riconoscimento del singolo edificio da parte dell'operatore, provvedendo ogni volta manualmente alla sua cancellazione, nel caso di fabbricato non residenziale.

LIVELLI SONORI AL RICETTORE

La normativa prevede di valutare il livello sonoro a 4 metri di altezza sulla facciata più esposta di ogni edificio di tipo abitativo. D'altra parte, il lato più rumoroso non è noto a priori e sebbene esista nel software di simulazione uno strumento automatico per tale calcolo, si è scelto di non utilizzarlo, non conoscendone fino in fondo la modalità di funzionamento e le eventuali semplificazioni introdotte. Si è quindi proceduto a costruire una corona di ricettori puntiformi intorno ai soli edifici residenziali (almeno uno per lato) estraendo successivamente da tale corona il livello sonoro massimo di ogni fabbricato. In totale, sono state simulate circa 44450 facciate più esposte e quasi 291360 ricettori, al prim'ordine di riflessione.

LA POPOLAZIONE RESIDENTE

Il dato anagrafico più recente a disposizione (2007) è stato attribuito al tema puntuale dei numeri civici georiferiti che tuttavia risultavano scollegati e non facilmente abbinabili ai relativi edifici, su cui era stato calcolato il livello sonoro. Preso atto di questa difficoltà, si è deciso di utilizzare il tema dei civici per assegnare la popolazione alle sezioni censuarie ISTAT 2001 e da queste ai fabbricati residenziali, in ragione del loro volume. Utilizzando un codice univoco identificativo di ogni edificio, è stato infine possibile associare il numero di abitanti al livello sonoro massimo e valutare a livello cittadino l'esposizione della popolazione.

CONCLUSIONI

Il contributo ha cercato di presentare in modo sintetico e ragionato i vari passaggi seguiti per elaborare la mappa acustica della rete stradale di Firenze, evidenziando la notevole mole di lavoro svolto e il costante sforzo di integrare e affinare i dati disponibili. L'esito di tale lavoro è stato tuttavia possibile solo grazie alle numerose collaborazioni interne ed esterne all'Agenzia, per la fornitura e l'elaborazione dei dati di base.

La mappa, terminata nel febbraio 2008, è stata presentata pubblicamente agli inizi di giugno, con una giornata di studio dedicata, promossa dal Comune di Firenze. Un'altra iniziativa di divulgazione adottata è stata la visualizzazione interattiva sul web della mappa¹, fornita di una relazione metodologica di dettaglio².

Le difficoltà incontrate hanno messo bene in evidenza la necessità di lavorare sull'affidabilità e la coerenza dei dati di ingresso. Al riguardo, la mappa ha rappresentato l'occasione per avviare un progetto che impegna ARPAT e il Comune a mettere a punto un GIS condiviso. Tale strumento, da implementare e affinare nel corso del tempo, dovrebbe rappresentare la base comune di lavoro per ogni futura attività di mappatura acustica e non solo, con l'auspicio di risolvere molti dei problemi incontrati in questa prima fase.

Bibliografia

CETUR, *Guide du bruit des transports terrestres - Prevision des niveaux sonores*, 1980, edizioni CETUR.
Moran Laura, Casini David, Poggi Andrea, *Fattori correttivi per i dati di emissione da utilizzare nei modelli previsionali di rumore stradale in ambito urbano*, 2005, atti del XXXII Convegno Nazionale AIA.
SETRA, CERTU, LCPC, CSTB, *Bruit des infrastructures routières. Méthode de calcul incluant les effets météorologiques. Version expérimentale. NMPB – Routes – 96*, 1997, edizioni CERTU.
Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, 2007, <http://ec.europa.eu/environment/noise/mapping.htm>.

¹ <http://sira.arpad.toscana.it/sira/mappe.html>

² http://www.arpad.toscana.it/rumore/ru_mappaacustica_firenze_metodologia.pdf