

Bollettino ingegneri, 5, Firenze (1999)

IL CONTRIBUTO DEI MOTOVEICOLI ALLA RUMOROSITA' DEL TRAFFICO VEICOLARE A FIRENZE

Carlo Baistrocchi, Vinicio Gianfranchi, Luciano Rocco

Introduzione

La concentrazione dei mezzi di trasporto privati nei centri urbani - così elevata da compromettere, per i problemi di mobilità e di parcheggio, la loro stessa funzione - ha comportato la sottrazione ai pedoni di tutti gli spazi viari, un tempo luogo di scambio culturale e di integrazione sociale. I livelli di inquinamento acustico, oltre che atmosferico, che il traffico veicolare determina, costituiscono un fattore di degrado della qualità della vita. La logica delle scelte, la lentezza e la difficoltà con cui in Italia si procede alla realizzazione di grandi opere infrastrutturali, indispensabili per far fronte alle moderne esigenze di mobilità urbana, fanno sentire l'urgenza di intervenire mediante provvedimenti sia pur parziali, ma immediati. In tal senso è stato tentato, con esiti diversi, il ricorso alla disciplina limitativa del traffico privato in molti centri piccoli e grandi.

I primi timidi progetti di chiusura di alcune aree di particolare pregio del centro storico di Firenze risalgono all'inizio degli anni '60, ma è dal '75 che l'amministrazione pubblica ha intrapreso uno studio scientifico della situazione del traffico in città, dei flussi prevalenti, dell'organizzazione della sosta. A passi successivi è stata avviata un'operazione di tutela del centro storico attraverso la limitazione del traffico, la creazione di isole pedonali, l'allontanamento dei bus turistici. La Zona a Traffico Limitato (ZTL) inaugurata il 20 febbraio 1988, aumentando di tre volte l'area precedente, è diventata, con i suoi tre ettari, la più grande d'Europa.

Ogni allargamento dell'area di rispetto è stato accolto da polemiche, a volte violente, che hanno visto schierati, da una parte, alcune categorie economiche, timorose di vedere sconvolti annosi equilibri che governano la rendita di posizione nel ricchissimo centro cittadino, dall'altra, il movimento ambientalista, sempre più forte con il passare degli anni e con il peggiorare della situazione, e la maggior parte dei residenti del centro storico, vittime dell'inquinamento, organizzatisi in comitati di quartiere.

All'interno della ZTL si è verificato nel tempo uno sviluppo abnorme della mobilità su due ruote, favorito da alcuni provvedimenti quale la libertà di accesso di motocicli e ciclomotori a tutti i settori della Zona, fino anche ad una serie di corsie preferenziali riservate ai mezzi pubblici.

Nel presente lavoro, sintesi di una tesi di laurea, vengono descritti il metodo utilizzato ed i risultati ottenuti nell'indagine svolta al fine di determinare il contributo acustico dei motoveicoli al rumore

ambientale del centro storico di Firenze. I risultati ottenuti possono essere estesi al centro urbano di qualsiasi altra città antica simile a Firenze per conformazione stradale e composizione del traffico.

Descrizione del metodo

I veicoli circolanti nell'area in esame sono stati suddivisi nelle seguenti categorie omogenee per rumorosità, per una determinata distanza e per velocità ordinarie in aree urbane: veicoli leggeri (motocicli e ciclomotori), veicoli medi (autovetture), veicoli pesanti (veicoli industriali leggeri, veicoli industriali pesanti, autobus).

Per campioni statisticamente significativi di ciascuna categoria di veicoli sono stati effettuati, mediante fonometri ONO SOKKY mod. LA 500 e BRÜEL & KJÆR mod. 2231, rilievi di SEL (Single Event Level); tale parametro rappresenta il livello di un segnale continuo, della durata di riferimento di un secondo, che possiede lo stesso contenuto energetico dell'evento sonoro considerato; esso è espresso dalla seguente formula:

$$SEL = 10 \log 1/t_0 \int 10^{L_{pA(t)/10}} dt \quad [dBA] \quad [1]$$

dove $L_{pA}(t)$ è il livello di pressione sonora ponderato A all'istante t e t_0 è il tempo di riferimento pari ad 1 s.

La durata di riferimento normalizzata consente il confronto dell'energia sonora contenuta in eventi diversi.

Per i rilievi fonometrici il microfono del fonometro è stato posto a 1,5 m d'altezza rispetto al piano stradale, ad una distanza d dall'asse della corsia variabile fra 2,5 e 4 m.

La misura relativa a ciascun evento è stata estesa ad un intervallo di tempo - comprendente l'avvicinamento, il superamento e l'allontanamento della sorgente rispetto al punto di misura - entro il quale il livello sonoro dell'evento particolare si mantiene al di sopra del livello del rumore di fondo.

Complessivamente sono stati eseguiti 226 rilievi di SEL per motoveicoli (veicoli leggeri), 35 rilievi per autovetture (veicoli medi), 85 rilievi per autobus con motore Diesel (veicoli pesanti).

Effettuato un sufficiente numero di rilievi fonometrici in diversi luoghi di misura, si sono determinati, attraverso la media energetica dei risultati ottenuti, i valori di SEL medi relativi alle tre categorie di veicoli, per determinate caratteristiche geometriche del sito.

Il peso del contenuto energetico medio di ciascuna categoria di veicoli può essere espresso in termini percentuali confrontando il valore lineare di pressione sonora associato al corrispondente SEL medio con il valore lineare di pressione sonora associato alla somma su base energetica dei

SEL medi di tutte e tre le categorie.

Il contributo di ciascuna categoria al rumore globale del traffico, in un determinato intervallo di tempo, non dipende evidentemente solo dalla rumorosità media dei veicoli ad essa appartenenti, bensì anche dai volumi di traffico. L'andamento orario del traffico è stato rilevato nell'orario di interdizione dell'accesso ai veicoli non autorizzati, compreso fra le ore 8³⁰ e le ore 18³⁰. Per ciascuna ora all'interno di detto intervallo si sono conteggiati per 20 minuti i transiti dei veicoli distinti per le tre categorie; si è così arrivati ad avere una panoramica sia sui volumi di traffico totali che sulla loro composizione.

Noto l'andamento orario del traffico per un dato intervallo di tempo, sommando su base energetica il valore medio di SEL per ogni singola categoria i , ciascuno moltiplicato per il numero n di veicoli transitati nell'intervallo di tempo T considerato, si determina il Livello Equivalente Continuo di Pressione Sonora $LA_{eq,T}$ esprimente il livello di rumorosità ambientale relativo a detto intervallo, mediante la seguente relazione:

$$LA_{eq,T} = 10 \log 1/T \sum_{i=1}^3 n 10^{(SEL(i)/10)} \quad [dBA] \quad [2]$$

Per ogni luogo preso in considerazione si è dunque calcolato il Livello Equivalente Continuo nell'intero periodo di tempo 8³⁰ - 18³⁰.

Il metodo di calcolo basato sull'integrazione dei contributi energetici relativi ai singoli eventi permette la valutazione del peso di ogni categoria di veicoli sulla rumorosità totale del traffico e la formulazione di ipotesi previsionali in funzione di eventuali interventi sul volume e la composizione del traffico stesso.

I livelli di pressione sonora rilevati sperimentalmente sono influenzati, oltre che dalle caratteristiche della sorgente emittente, anche dalle caratteristiche geometriche del sito di misura, ciò in considerazione della quota di rumore riflesso dalle facciate degli edifici prospicienti la strada; conseguentemente il SEL medio di ciascuna categoria varia in funzione della sezione stradale. La relazione fra il SEL relativo al transito di veicoli ed il rapporto larghezza e altezza (L/H) della sezione stradale è stata studiata nella referenza [2] ed è espressa dalle seguenti formule la cui validità, in relazione al parco dei veicoli attualmente circolanti, è stata confermata dalle verifiche effettuate nell'ambito del presente studio:

veicoli leggeri: $SEL = 79,2 - 6,7 \log L/H$ (per $L/H \leq 1,5$) $[dBA]$ [3]

veicoli medi: $SEL = 77,0 - 5,7 \log L/H$ (per $L/H \leq 1,5$) $[dBA]$ [4]

veicoli pesanti:
$$SEL = 87,3 - 6,9 \log L/H \text{ (per } L/H \leq 2,5) \quad [\text{dBA}] \quad [5]$$

Le formule risultano composte da due termini: il primo è fisso ed è determinato dalla rumorosità media di ciascuna categoria di veicoli; il secondo termine è variabile con legge logaritmica del rapporto L/H , dove L è la larghezza della sezione stradale compresi i marciapiedi ed H è l'altezza degli edifici; nel caso questi abbiano altezze diverse, H rappresenta l'altezza media. Le formule sono valide per una distanza d fra la traiettoria della sorgente di rumore ed il punto di misura compresa tra 2,5 e 4,5 m, per velocità della sorgente comprese tra 35 e 55 km/h e per i valori del rapporto L/H indicati fra parentesi.

Attraverso le precedenti relazioni si possono confrontare valori di SEL rilevati in luoghi aventi caratteristiche geometriche diverse, o determinare il SEL medio di una categoria di veicoli per una data sezione stradale a partire dai risultati sperimentali ottenuti per una sezione stradale differente. Quest'ultima possibilità risulta utile in pratica quando la misurazione diretta del SEL in un determinato luogo, per un campione significativo di eventi, è resa difficile per uno dei seguenti motivi:

- a) sono sporadici in quel luogo i transiti di veicoli appartenenti alla specifica categoria (è il caso delle autovetture nella zona a traffico limitato);
- b) è difficile che i veicoli appartenenti alla specifica categoria transitino isolati, condizione necessaria affinché si configuri la singolarità dell'evento (è il caso degli autobus in transito lungo strade strette del centro storico, ove non vi è spazio per il sorpasso, seguiti, avendone rallentato la marcia, da autovetture e motoveicoli).

Nelle strade che presentano doppio senso di marcia (La Pira, Panzani e Cavour) la distanza d tra la traiettoria dell'asse del veicolo ed il ciglio del marciapiede opposto a ciascuna corsia è superiore a 4,5 m; in tal caso nel calcolo del SEL relativo a ciascun lato della strada occorre tener conto dell'attenuazione a da applicare per i veicoli transitanti nella corsia opposta; essa è data dalla seguente formula:

$$a = 15 \log d/4,5 \quad [\text{dB}] \quad [6]$$

Una verifica del metodo utilizzato è stata effettuata confrontando i valori di LAeq misurati in alcune strade, per un determinato intervallo di tempo (10 minuti), con i corrispondenti valori di LAeq calcolati sulla base del numero di veicoli leggeri, medi e pesanti transitati lungo la strada nel periodo di misura e del SEL medio relativo a ciascuna categoria, determinato come precedentemente descritto: lo scarto fra i valori misurati ed i valori calcolati del LAeq è risultato sempre compreso entro 1 dB.

Risultati

Dai rilievi effettuati è emerso che il contributo energetico di un passaggio di un veicolo pesante predomina nettamente sul contributo energetico delle altre due categorie; in via Ghibellina 172, per esempio, esso è circa 8 volte maggiore (ovvero circa 9 dB in più) del contributo energetico del passaggio di un veicolo leggero e circa 13 volte (circa 11 dB in più) di quello di un veicolo medio; il contributo energetico del passaggio di un veicolo leggero è a sua volta pari a circa 1,5 volte (circa 2 dB in più) di quello di un veicolo medio.

Se però si considerano i volumi di traffico per le tre categorie di veicoli, le percentuali dei rispettivi contributi energetici sul totale dell'energia sonora prodotta dal traffico nel periodo considerato cambiano sostanzialmente: nella stessa strada, per esempio, il contributo dei veicoli leggeri è circa pari a quello dei veicoli pesanti e circa 5 volte maggiore di quello dei veicoli medi. La categoria dei veicoli leggeri predomina infatti sulle altre categorie per numero di transiti, in tutte le strade prese in considerazione, siano esse di quartiere che di attraversamento del centro cittadino: mediamente risulta infatti che il traffico è composto per 65% da veicoli leggeri, per il 25% da veicoli medi e per il 10% da veicoli pesanti.

La fluttuazione dei volumi di traffico presenta generalmente valori minimi nelle ore 14-15 e valori massimi nelle ore della mattina e del tardo pomeriggio.

Nella tabella 1 sono riportati i valori del LA_{eq} , arrotondati a 0,5 dB, determinati per l'intervallo compreso fra le ore 8³⁰ e le ore 18³⁰; essi risultano variare da un valore inferiore a 70 dBA in via Pandolfini a valori superiori a 75 dBA in via Cavour ed in via Panzani. Il valore limite assoluto di 65 dBA, previsto dalla normativa vigente per il centro storico nel periodo diurno, viene comunque superato largamente in tutti i luoghi presi in considerazione.

Con il modello di calcolo descritto si sono determinati infine i valori del LA_{eq} nell'ipotesi in cui il parco di veicoli leggeri fosse interamente costituito da motoveicoli elettrici¹. A tal fine si è assunto pari a 60 dBA il SEL medio di veicoli leggeri elettrici in campo libero, esente da riflessioni da parte di fabbricati ($L/H \geq 1,5$); di conseguenza la [3] diventa:

veicoli leggeri elettrici: $SEL = 61 - 6,7 \log L/H$ (per $L/H \leq 1,5$) [dBA] [7]

I risultati ottenuti (vedi tabella 1) mostrano che la condizione ipotizzata determinerebbe effettivamente una riduzione apprezzabile della rumorosità in tutti i luoghi ($-9 \text{ dB} \leq \Delta \leq -1,5 \text{ dB}$),

1 L'amministrazione comunale fiorentina, d'intesa con alcune aziende produttrici, favorisce, attraverso incentivi economici, l'acquisto di tali veicoli.

con particolare beneficio ove il numero dei veicoli leggeri in transito prevale rispetto alle altre categorie; in particolare, in via Pandolfini e in piazza Mentana il livello di rumore ambientale scenderebbe sotto il limite di legge.

Bibliografia

- [1] L. Rocco, *Il rumore ambientale in aree urbane*, Inquinamento, n.6, giugno 1980
- [2] L. Rocco, *Valori rilevati in aree urbane dell' L_{AX} di veicoli stradali e correlazioni con la geometria della posizione di rilevamento*, Rivista Italiana di Acustica, vol. IV, n. 4, 1980

Tabella 1 - Sintesi dei risultati

LUOGHI DI STUDIO	d	L/H	SEL medi			Flussi di traffico medi rilevati intervallo ore 8 ³⁰ -18 ³⁰				Livelli di rumore ambientale globali e contributi energetici delle singole categorie intervallo ore 8 ³⁰ -18 ³⁰							
			veicoli leggeri	veicoli medi	veicoli pesanti	totale veicoli n. veicoli h	veicoli leggeri	veicoli medi	veicoli pesanti	L _{Aeq} allo stato attuale	veicoli leggeri	veicoli medi	veicoli pesanti	L _{Aeq} con veicoli leggeri elettrici dBA	Δ		
	m	-	dBA	dBA	dBA		%	%	%	dBA	%	%	%	dB			
Via Pandolfini	2,5	0,34	81,7	79,7	90,5	127	71	24	5	68,0	56	11	33	64,5	-3,5		
Via dei Pilastri	2,5	0,44	80,7	78,7	89,8	503	66	31	3	72,5	61	18	21	68,5	-4		
Via Ghibellina n° 172	3,0	0,45	80,8	79,0	89,9	272	66	25	9	71,5	42	10	48	69,0	-2,5		
Via del Proconsolo	/	0,47	81,4	78,9	89,6	435	57	33	10	73,5	38	13	49	71,5	-2		
Corso dei Tintori	3,0	0,50	81,3	78,7	89,4	496	60	33	7	73,5	48	13	39	71,0	-2,5		
Via Ghibellina n° 67	2,5	0,56	82,1	78,4	89,4	482	53	32	15	75,0	37	9	54	73,0	-2,0		
Via dei Benci	/	0,57	80,8	78,4	89,0	600	68	25	7	74,0	51	11	38	71,0	-3		
Via dell'Oriuolo	/	0,61	80,6	78,2	88,8	343	73	21	6	71,0	56	9	35	67,5	-3,5		
Via La Pira corsia A (verso Piazza S. Marco) corsia B (verso Via Matteotti)	/	0,65	80,4	78,1	88,6	138 639	48 68	20 22	32 10	74,5 75,5	32 39	7 8	61 53	72,5 73,0	-2 -2,5		
Via Panzani corsia A (verso P.za S. Giovanni) corsia B (verso P.za Stazione)	/	0,67	80,3	78,0	88,5	355 816	58 52	26 37	16 11	76,0 76,5	32 33	11 12	57 55	74,5 75,0	-1,5 -1,5		
Via Cavour corsia A (verso P.za S. Marco) corsia B (verso P.za S. Giovanni)	/	0,68	80,3	77,9	88,5	635 611	71 70	20 21	9 9	76,0 76,0	47 47	8 8	45 45	73,5 73,0	-2,5 -3		
Lungarno (Piazza Mentana)	3,0	>2,5	77,7	76,0	84,5	807	89	9	2	71,5	83	5	12	62,5	-9		
Via delle Porte Nuove	2,5	0,82				88,1											
Viale dei Mille	2,5	>2,5														88,2	
Via Alamanni	4,0	0,93															

