

Città di Chioggia: classificazione acustica, misura del rumore da traffico e modellizzazione

A. Peretti^{a,b}, G. Barbi^c, A. Tombolato^d, M. Baiamonte^a, G. Brambilla^e, A. Farina^f, P. Spagna^g, A. Baldo^g

^a Peretti e Associati, Padova

^b Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, Università di Padova

^c Tecnico competente in acustica, Ferrara

^d Tecnico competente in acustica, Padova

^e Istituto di Acustica "O.M. Corbino", CNR, Roma

^f Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma

^g Comune di Chioggia (Venezia)

Sommario

La classificazione acustica del territorio comunale di Chioggia (Venezia) si è basata sulle aree definite dal PRG e sulla densità della popolazione e delle attività terziarie, commerciali, artigianali e turistiche. Tutte le aree sono state preliminarmente iscritte nelle diverse classi a seconda del punteggio raggiunto. Successivamente tale classificazione è stata verificata sulla base di sopralluoghi effettuati sul territorio, a cui sono seguite numerose modifiche nell'assegnazione delle classi.

Il monitoraggio del rumore da traffico ha comportato la misurazione dei livelli sonori orari (equivalenti e statistici) per una settimana in 18 posizioni emblematiche del territorio comunale e la contemporanea rilevazione del numero di veicoli in transito, della loro tipologia e della loro velocità. In altre 34 posizioni, dipendenti dalle precedenti per quanto riguarda i flussi di traffico, i rilievi sono stati effettuati per 15 minuti. I dati del traffico sono stati correlati ai livelli sonori rilevati, in modo da elaborare un modello di previsione.

1. Premessa

Su richiesta del Comune di Chioggia si è proceduto a classificare acusticamente il territorio ai sensi della Legge 447/95 e a monitorare il rumore del traffico veicolare ai fini della predisposizione del piano di risanamento. Sito nella Provincia di Venezia, il territorio del Comune di Chioggia si estende per 87 km² per quanto riguarda le terre emerse. Nel Comune risiedono circa 50000 abitanti. Il territorio è caratterizzato dagli insediamenti urbani di Chioggia e di Sottomarina: nel primo trova sede uno dei più importanti porti italiani destinati alla pesca, il secondo rappresenta un frequentato centro turistico estivo. L'economia comunale si basa inoltre sull'orticoltura, sull'agricoltura e, in parte, sull'industria. Il territorio è attraversato dalla strada statale n. 309 (Romea) e da tre strade provinciali.

2. Classificazione acustica

Si è realizzato un *file* in formato .dwg in cui le oltre 1200 aree definite dal Piano Regolatore Generale sono state delimitate mediante polilinee chiuse; di ogni area è stata stimata l'estensione tramite un programma CAD. Sono stati acquisiti i dati riguardanti la popolazione (numero di residenti per via e numero civico) e, tramite i tabulati relativi all'imposta sui rifiuti, i dati riguardanti le attività terziarie, commerciali, artigianali e turistiche (superficie di ogni esercizio e codice dell'attività per via e numero civico). Sulla base dello stradario, ad ogni area sono stati assegnati le relative vie e i rispettivi numeri civici. Si è quindi costruito su foglio elettronico un tabulato contenente per ogni area: il codice, la superficie, la destinazione d'uso secondo il PRG, il numero di residenti, il numero e la superficie delle attività terziarie, commerciali, artigianali e turistiche. Va sottolineato che i dati sono stati raccolti anche per le attività turistiche, vista la particolare connotazione dell'insediamento di Sottomarina.

Tutte le aree sono state preliminarmente iscritte nelle classi 2, 3 o 4 a seconda del punteggio raggiunto considerando il tipo di traffico, nonché la densità della popolazione e delle attività sopraindicate. Per assegnare ad ogni area il relativo punteggio, i valori di densità sono stati divisi in tre fasce (bassa, media e alta). Tale procedura è risultata complessa a causa della asimmetria della distribuzione dei dati (massima concentrazione di aree a bassa densità). Non si è ritenuto congruo suddividere i dati in tre fasce utilizzando il valor medio e la deviazione standard oppure dividendoli in tre parti uguali, dato che le fasce bassa e media si sarebbero situate ambedue a bassi valori di densità. Per ottenere tre fasce correlate a valori di densità sostanzialmente differenti si è preferito dividere i due intervalli tra densità minima e media e tra densità media e massima ciascuno in tre parti uguali: le fasce sono state ricavate fissando il limite tra fascia bassa e media a 2/3 tra la densità minima e quella media, nonché fissando il limite tra fascia media e alta a 1/3 tra la densità media e quella massima. Si può osservare che tale suddivisione prescinde dalla quantità di aree che ricadono in ciascuna delle tre fasce.

La classificazione mediante punteggio è stata verificata sulla base di alcuni sopralluoghi effettuati sul territorio. Si è riscontrato che in numerosi casi vi erano discrepanze tra i dati delle attività acquisiti e la realtà territoriale, per cui i sopralluoghi, inizialmente effettuati per verifica, sono stati estesi a tutto il territorio urbanizzato. Mediante detti sopralluoghi si sono inoltre definite le aree da proteggere, le aree industriali e quelle particolari. A termine di questo lavoro si è ottenuta la classificazione definitiva, comprensiva delle fasce di pertinenza (profonde 30 o 60 m) relative alle strade di attraversamento e a traffico intenso e comprensiva delle fasce di pertinenza ferroviarie (profonde

100+150 m). Da sottolineare che la classificazione mediante punteggio ha svolto una funzione solo preliminare.

3. Monitoraggio del rumore da traffico

3.1 Posizioni dominanti

Nel territorio comunale sono state individuate 18 posizioni emblematiche per quanto riguarda il traffico veicolare (denominate dominanti in quanto sostanzialmente determinano i flussi di traffico nelle strade adiacenti). Per ottenere dati ottimali finalizzati alla elaborazione del modello di previsione, si è cercato di effettuare i rilievi fonometrici a 7.5 m dalla mezzzeria della strada (considerata ai fini acustici a 0.5 m di altezza), ponendo il microfono ad un'altezza dal suolo di 4 m e fissando la distanza tra la proiezione del microfono a terra e l'asse della strada, per quanto possibile, pari a 6.63 m. Di fatto quest'ultima è risultata compresa tra 3.20 e 12.95 m (valore medio 7.77 m, deviazione standard 2.75 m), mentre si è sempre rispettata l'altezza di 4 m.

I rilievi sono stati eseguiti nei giardini, sui poggioli o sulle terrazze, fissando il microfono su un cavalletto o su un braccio snodabile o su un'asta. I rilievi sono stati eseguiti nei mesi di giugno, luglio e agosto, in modo che potessero fornire un quadro dell'inquinamento acustico medio-massimo.

Le misure sono state effettuate con continuità per sette giorni mediante due centraline Larson Davis dotate di fonometri 824, microfoni 2541 e relativi dispositivi anti pioggia-antivento. I livelli equivalenti sono stati rilevati ogni minuto e ogni ora. I livelli statistici L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} sono stati misurati ogni ora impiegando la costante di tempo *fast*. I livelli equivalenti orari sono stati successivamente elaborati al fine di ottenere i livelli diurni (dalle ore 6 alle 22) e notturni (dalle ore 22 alle 6), sia giornalieri che settimanali.

Le misure riguardanti il traffico sono state eseguite in corrispondenza delle posizioni fonometriche mediante quattro centraline Viacount Famas System posizionate a bordo strada e munite di sensori a microonde (non invasivi per quanto riguarda la superficie stradale). Di ogni mezzo in transito su ciascuna delle due corsie sono stati rilevati, ora per ora, la tipologia del mezzo (bicicletta, motocicletta, automobile, furgone, autobus o camion, TIR) e la velocità (0-30, 30-50, 50-70, 70-90, 90-110, >110 km/h).

3.2 Posizioni dipendenti

Come si è detto, i flussi del traffico nelle posizioni dominanti determinano sostanzialmente i flussi nelle strade adiacenti. Per ciascuna posizione dominante sono state quindi individuate alcune posizioni, denominate dipendenti, site in strade limitrofe (complessivamente ne sono state considerate 34). I rilievi sono stati eseguiti ai margini delle strade mediante cavalletto, ponendo il microfono ad un'altezza dal suolo di 4 m e fissando la distanza tra la proiezione del microfono a terra e l'asse della strada pari a 6.63 m. Le misure sono state effettuate di giorno, in fasce orarie caratterizzate da flussi veicolari medi o intensi, in concomitanza al monitoraggio nella rispettiva posizione dominante. Questa metodologia di indagine consente di stimare i valori medi diurni del livello sonoro (e dei flussi veicolari) per tutte le posizioni dipendenti.

Le misure del rumore sono state eseguite mediante un fonometro - analizzatore di frequenza Larson Davis 2900, munito di microfono 2541 e cuffia antivento. Il rumore è stato monitorato per 15 minuti. Sono stati rilevati il livello equivalente, i livelli statistici L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} (in *fast*), nonché i livelli equivalenti delle componenti per bande di 1/3 di ottava tra 20 e 20000 Hz.

Le misure riguardanti il traffico sono state eseguite in corrispondenza delle misure fonometriche, annotando manualmente i veicoli in transito, la loro tipologia e stimando le fasce di velocità.

4. Risultati del monitoraggio

Nella figura 1 sono riportati, a titolo esemplificativo, i grafici relativi agli andamenti nel tempo dei livelli sonori e dei flussi di traffico rilevati in una posizione dominante.

Per quanto riguarda i livelli equivalenti giornalieri, essi presentano in genere scostamenti modesti da giorno a giorno. L'intervallo tra i livelli diurni massimo e minimo è inferiore a 2 dB(A) in 6 posizioni, è compreso tra 2 e 4 dB(A) in 10 posizioni, è compreso tra 4 e 5 dB(A) in 2 posizioni; l'intervallo tra i livelli notturni massimo e minimo è inferiore a 1 dB(A) in 3 posizioni, è compreso tra 2 e 4 dB(A) in 11 posizioni, è compreso tra 4 e 8 dB(A) in 4 posizioni. Rispetto ai livelli giornalieri feriali, i livelli del sabato e della domenica non presentano caratteristiche peculiari.

Per quanto riguarda i livelli equivalenti settimanali, essi risultano compresi tra 63 e 76 dB(A) di giorno e tra 58 e 73 dB(A) di notte; si può osservare che tali intervalli sono di 6-10 dB(A) più elevati di quelli rilevati nell'ambito di una indagine condotta con la stessa metodologia a Merano (Bolzano), dove i livelli medi risultavano compresi tra 55 e 70 dB(A) di giorno e tra 49 e 63 dB(A) di notte [1].

I livelli settimanali diurni risultano maggiori dei rispettivi livelli notturni mediamente di 3.7 dB(A) (deviazione standard 1.2 dB(A), differenze minima e massima di 1.7 e 5.6 dB(A)). Dato che per una stessa classe territoriale (esclusa quella industriale) la differenza dei valori limite diurni e notturni è pari a 10 dB(A), nei siti esaminati il periodo più critico risulta essere sempre quello notturno.

5. Modello di previsione del rumore da traffico

Il modello di previsione elaborato sulla base dei dati acquisiti con il monitoraggio nelle posizioni dominanti presenta sostanzialmente la stessa struttura di quello predisposto dal CNR nel 1983 [2].

I valori dei livelli equivalenti (Leq) misurati a distanze d dalla mezzzeria delle strade sono stati normalizzati rispetto alla distanza prefissata d_0 , impiegando la relazione del decadimento del livello sonoro per divergenza geometrica nel caso di sorgenti lineari (decadimento di 3 dB per raddoppio della distanza)

$$Leq,d = Leq,d_0 - 10 \lg (d/d_0) \quad (1)$$

Tale relazione, che non considera gli effetti del suolo, dell'aria e dei fattori meteorologici, può essere considerata valida per distanze contenute, quali quelle dell'indagine in esame.

Le posizioni dominanti sono state suddivise in quattro diverse tipologie: siti ad L, siti ad U con pavè e senza, siti extraurbani a traffico veloce. Nell'ambito di ciascuna tipologia di sito, i valori di Leq sono stati raggruppati per intervalli orari (Leq,h), dopo aver verificato che per ogni singola ora sussistevano omogenee condizioni di traffico veicolare.

Come è noto, la relazione che lega i Leq,h ai livelli degli i -esimi eventi sonori (SEL_i) è la seguente

$$Leq,h = 10 \lg (1/3600 \sum 10^{SEL_i/10}) \quad (2)$$

Per il rumore da traffico è conveniente considerare i SEL delle diverse tipologie di veicoli e disporre di una relazione che correli linearmente l'energia sonora ai flussi di traffico n_i . Si è quindi presa in esame la relazione

$$10^{(Leq,h + 10 \lg 3600)/10} = \sum k_i n_i + b \quad (3)$$

dove $k_i = 10^{SEL_i/10}$ e $b = 10^{SEL_{residuo}/10}$ rappresenta l'energia del rumore residuo.

Noti i livelli Leq,h (raggruppati con i criteri sopra indicati) e i relativi flussi n_i , utilizzando la relazione (3) sono stati determinati i coefficienti k_i e b mediante regressione lineare (metodo dei minimi quadrati).

Sono stati così ottenuti 24 valori di SEL per ognuna delle quattro tipologie di siti e per ciascuna delle tre tipologie di veicoli: moto (m), mezzi leggeri ossia auto e furgoni (l), mezzi pesanti (p). Dalla distribuzione dei SEL si è determinata la moda al fine di considerare le condizioni del traffico più frequenti. E' stata valutata la differenza dei valori modali dei SEL di moto e mezzi pesanti rispetto al corrispondente valore dei mezzi leggeri, formulando quindi la seguente relazione per i siti ad L

$$Li = 10 \lg (1.5 nm + nl + 6 np) \quad (4)$$

Sono state calcolate, ora per ora, le differenze tra i valori Li , determinati mediante la relazione (4) e i valori misurati, ottenendo un valore medio di 38.8 dB(A).

Lo stesso calcolo è stato effettuato, sempre utilizzando la relazione (3), per i siti ad U con pavè e senza, ottenendo ovviamente un valore differente dal precedente. Per formulare una relazione di carattere generale si è comunque mantenuto fisso il valore determinato per i siti a L (38.8 dB(A)) e nel contempo si è imputata la differenza ad un termine correttivo. Tale termine è risultato pari a 2.8 dB(A) nel caso di presenza di pavè e a 1.3 dB(A) nel caso di assenza di pavè.

Lo stesso calcolo è stato effettuato, sempre utilizzando la relazione (3), per i siti extraurbani a traffico veloce. Mantenendo ancora fisso il valore determinato per i siti a L, è stato valutato il termine correttivo per i nuovi siti (3.3 dB(A)). Quest'ultimo valore e i dati di velocità media dei veicoli da noi rilevati (circa 75 km/h) sono del tutto compatibili con i termini correttivi proposti dal CNR [2].

In conclusione il modello proposto è rappresentato dalla relazione

$$Leq,h = 38.8 + 10 \lg (1.5 nm + nl + 6 np) + 10 \lg (d/d_0) + \Delta L \quad (5)$$

dove ΔL rappresenta i termini correttivi (0 dB(A) nel caso dei siti a L; 1.3 e 2.8 dB(A) nel caso dei siti ad U senza e con pavè; 3.3 dB(A) nel caso di siti extraurbani a traffico veloce).

I coefficienti di correlazione tra i Leq,h stimati in base alla (5) e i livelli rilevati sperimentalmente sono molto buoni: 0.933 per i siti a L, 0.922 per i siti a U senza pavè, 0.842 per i siti a U con pavè, 0.834 per i siti extraurbani a traffico veloce. Lo scarto tra i livelli misurati e i livelli stimati è basso: la media dei valori assoluti delle differenze è di 0.9-1.2 dB(A).

La struttura del modello del CNR [2], su cui si è basata questa analisi, si presta quindi bene ad essere utilizzata anche per l'elaborazione di dati raccolti con campagne di monitoraggio svolte in condizioni non simulate, come verificato anche da Cocchi et al. [3]

Bibliografia

- 1] Peretti A., De Masi F., Bonaldo A., Biaiamonte M., Farina A. *Monitoraggio del rumore veicolare nella città di Merano*. Atti del 17th International Congress on Acoustics. ICA, Roma 2-7 Settembre 2001
- 2] Cannelli G.B., Gluck K., Santoboni S. *A mathematical model for evaluation and prediction of mean energy level of traffic noise in Italian towns*. *Acustica*, 53, 31, 1983
- 3] Cocchi A., Farina A., Lopes G. *Modelli matematici per la previsione del rumore stradale: verifica ed affinamento del modello CNR in base a rilievi sperimentali nella città di Bologna*. Atti del 19° Convegno Nazionale AIA, Napoli 10-12 Aprile 1991

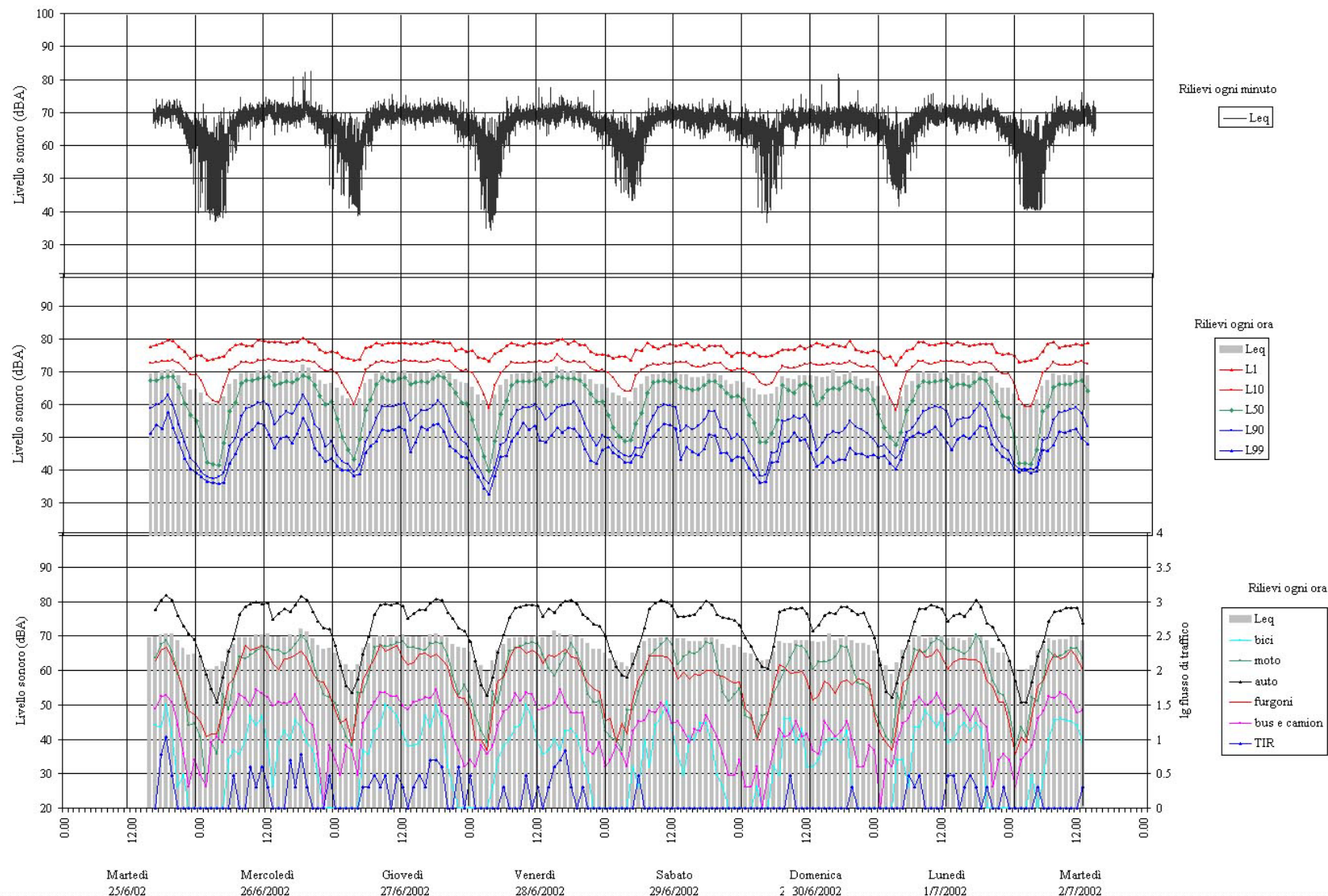


Figura 1 - Andamenti nel tempo dei livelli sonori e dei flussi di traffico rilevati in una posizione dominante: nel grafico superiore è riportato l'andamento del livello equivalente rilevato ogni minuto (short Leq) nelle giornate e negli orari indicati nella parte bassa del grafico; nel grafico intermedio sono riportati gli andamenti riferiti ad ogni ora dei livelli equivalenti e dei livelli statistici; nel grafico inferiore sono riportati gli andamenti riferiti ad ogni ora dei livelli equivalenti e dei flussi veicolari. I livelli equivalenti e statistici sono espressi in dB(A); le relative scale sono riportate, sull'asse delle ordinate, a sinistra dei grafici. I flussi del traffico sono espressi in termini logaritmici e si riferiscono alla somma dei mezzi in transito sulle diverse corsie; la scala (lg flusso orario di traffico) è indicata, sull'asse delle ordinate, a destra del grafico.