



ASSOCIAZIONE
ITALIANA
di ACUSTICA

Atti del Seminario
METODI NUMERICI DI PREVISIONE
DEL RUMORE DA TRAFFICO

a cura di
Roberto Pompoli



Parma, 12 Aprile 1989

Facoltà di Ingegneria - Università di Parma

2.8 R.L.S.-81 (a cura di A.Farina e G.Semprini)

La sigla "R.L.S.-81" indica il documento "Direttive per la Protezione Antirumore lungo le Strade", pubblicato nel 1981 dal Ministero Federale per i Trasporti (Repubblica Federale di Germania) - Sezione Costruzioni Viarie.

In questo documento sono riportate prescrizioni relative alla progettazione del tracciato stradale ed alla protezione acustica degli edifici (Cap. 3). Viene poi fornito un metodo di previsione del livello di rumorosità prodotto dal traffico stradale (Cap. 4 - § 1..3); i paragrafi successivi (§ 4..8) forniscono un metodo di progetto delle barriere antirumore, ove necessarie, che consente anche di tenere conto dell' effetto delle riflessioni e della presenza di spessi strati di vegetazione ("boschetti"). Il documento riporta infine alcuni esempi di calcolo del livello sonoro e di progettazione di barriere antirumore (Cap. 5).

Il metodo R.L.S.-81 consente il calcolo del Livello Equivalente ponderato "A" in funzione dei dati relativi al traffico e della morfologia della zona studiata. Tuttavia esso non tiene conto degli effetti di incidenza radente sul terreno e della differente emissione sonora in caso di strada bagnata. Il livello previsto può venire ritenuto approssimato per eccesso (come giustamente si richiede ad un metodo di progetto), poiché esso contempla l' ipotesi di un vento di 3 m/s ca. che spira dalla strada verso il ricevitore, e di inversione termica notturna che incrementa i livelli al suolo. Il metodo tiene conto di riflessioni su ostacoli o su edifici, schermature di ogni tipo, terrapieni e trincee, boschetti, della presenza di impianti semaforici, della pendenza della strada e del tipo di pavimentazione.

Nel caso in cui il ricevitore sia soggetto a rumore proveniente da più sorgenti stradali (o strade a più carreggiate) si possono sommare energeticamente i contributi di ciascuna sorgente.

Sono indicati due procedimenti di calcolo, che qui verranno chiamati semplicemente "A" e "B": il procedimento A si applica solo in condizioni di strada "lunga e diritta", cioè ove sono trascurabili gli effetti di ostacoli e deviazioni del tracciato, mentre il procedimento B va applicato in tutti gli altri casi.

Verrà qui delineato solo il procedimento A, poiché il procedimento B è sostanzialmente simile, ma il calcolo viene operato suddividendo la sorgente sonora in numerosi tratti, e valutando per ciascun tratto il livello sonoro parziale mediante la stessa tecnica del procedimento A.

Nel caso A è possibile calcolare il livello di rumorosità servendosi di semplici relazioni matematiche e di grafici. Si definisce anzitutto il Livello medio di Emissione $L_{m,E}$:

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + DL_{Str0} + DL_V + DL_K + DL_{Stg} \quad (1)$$

$$L_m^{(25)} = 36.8 + 10 \cdot \log [M \cdot (1 + 0.082 \cdot p)] \quad (1a)$$

Nella quale é:

$L_m^{(25)}$: Livello medio lungo una strada lunga e diritta a 25 m dal centro della carreggiata più vicina e 4 m sopra il piano stradale, con asfalto liscio, velocità massima di 100 km/h (80 km/h per i veicoli pesanti) e propagazione libera

M : Intensità di traffico in veicoli/h

p : Percentuale di veicoli pesanti (>2.8 tonn.)

- DL_{stro} : Correzione per il tipo di pavimentazione (tabellata)
- DL_v : Correzione in funzione di velocità massime diverse (da diagramma)
- DL_k : Correzione per disturbo alla circolazione causato da semaforo (tabellata)
- DL_{stg} : Correzione per la pendenza della strada (tabellata).

Avendo a disposizione dati più dettagliati sul traffico veicolare, si può calcolare il Livello medio di Emissione in questo secondo modo:

$$L_{m,E} = L_{PkW} + 10 \cdot \log [M \cdot (1+R \cdot p)] + DL_{Str0} + DL_K + DL_{Stg}$$

$$L_{PkW} = 27.2 + 10 \cdot \log \left[1 + (0.02 \cdot v_{PkW})^3 \right]$$

$$R = \frac{10^{0.1 \cdot (L_{LkW} - L_{PkW})} - 1}{100}$$

$$L_{LkW} = 22.6 + 12.5 \cdot \log [v_{LkW}]$$

(2)

ove le grandezze hanno questo significato:

v_{PkW} : Velocità massima dei veicoli leggeri (in km/h, da 50 a 120)

v_{LkW} : Velocità massima dei veicoli pesanti (in km/h, da 50 a 80)

Il valore di $L_{m,E}$ così calcolato si riferisce ad autostrade o superstrade a 4 o 6 corsie.

Nota il Livello medio di Emissione, é possibile

calcolare il Livello medio ricevuto L_m con la semplice relazione:

$$L_m = L_{m,E} + DL_{s\perp} + DL_B \quad (3)$$

ove si ha:

$DL_{s\perp}$: Correzione per effetto della distanza (vedi relaz. 4)

DL_B : Correzione per effetti di diffrazione, riflessione ed attraversamento di boschetti.

Il termine relativo alla correzione per effetto della distanza viene così calcolato:

$$DL_{s\perp} = 13.8 - 3.5 \cdot x - x^2 / 2 \quad (4)$$

$$x = \log \left[s_{\perp 0}^2 + H^2 \right] \quad (4a)$$

nella quale $s_{\perp 0}$ rappresenta la distanza in orizzontale dallo asse stradale, mentre H rappresenta l' altezza del ricevitore sopra il punto d' ascolto.

Il termine di correzione DL_B non viene qui ulteriormente sviluppato, poiché riguarda effetti che esulano dalla presente trattazione. Si segnala tuttavia che esso si riduce, nel caso studiato, al solo termine relativo alla attenuazione del boschetto (la vigna); volendo tenere conto di questo effetto si deve però abbandonare lo schema di calcolo A (strada "lunga e diritta"), e considerare il procedimento generale B, che prevede la suddivisione della sorgente sonora stradale in un certo numero di tratti, per ciascuno dei quali si calcola il Livello medio di Emissione

(tenendo conto ovviamente della lunghezza del tratto), e si sommano poi energeticamente tutti i Livelli medi prodotti dai singoli tratti, ciascuno dei quali viene calcolato tenendo conto della distanza del tratto considerato dal ricevitore (mediante una relazione simile alla (4), ma con diversi coefficienti numerici) e della presenza di ostacoli lungo la congiungente il centro del tratto con il ricevitore.

Per la progettazione di interventi di riduzione del rumore, mediante terrapieni, trincee, barriere e boschetti, il metodo R.L.S.-81 consente la verifica del livello sonoro, mediante grafici o relazioni matematiche che forniscono il valore dell' attenuazione acustica DL_B . Per sezioni stradali rispondenti alle norme DIN sono disponibili grafici per il progetto dell' altezza e lunghezza della barriera, fissata l' attenuazione da ottenere.

L' R.L.S.-81 é dunque un procedimento di calcolo integrato, facilmente implementabile su elaboratore, che consente sia la previsione del livello di rumorosità prodotto da sorgenti stradali, sia il dimensionamento degli interventi protettivi, ove necessari.

2.8.1 Risultati ottenuti con il metodo R.L.S.-81

L' ipotesi di strada "lunga e diritta" può essere ritenuta accettabile, in base all' R.L.S.-81, quando il punto di osservazione considerato si trovi ad una distanza s_1 da una strada ad asse rettilineo, senza che vi siano ostacoli di alcun tipo per una lunghezza pari ad almeno $3 \cdot s_1$ da ciascun lato. Questa ipotesi é verificata, nel caso allo studio, per i punti di riferimento (R1, R2, R3 ed R4), ma non per i punti di misura (P1..P4), poiché a circa 230m ad ovest della posizione considerata si trova un sovrappasso, mentre già a circa 85m in direzione est é presente una vigna alta

circa 2m, capace sicuramente di schermare i punti di misura a quota più bassa (P1 e P4).

E' stato pertanto operato il calcolo nella ipotesi A (strada "lunga e diritta") per tutti i punti di misura considerati (P1,P2,P3 e P4) e per tutti i punti di riferimento (R1,R2,R3 e R4). Inoltre é stato operato un calcolo più raffinato secondo il procedimento B per i soli punti di misura, onde valutare se esso fosse necessario.

Il calcolo secondo il procedimento B é stato fatto suddividendo la sorgente sonora in 10 tratti lunghi 65m ciascuno, a partire dal sovrappasso, considerato come "barriera invalicabile". Pertanto la congiungente normale ricevitore-strada si trova al centro del tratto n° 3.

Con entrambi i procedimenti sono state operate tre previsioni, con crescente dettaglio dei dati di traffico:

- 1) dati di traffico complessivi raggruppati in una unica linea di traffico, situata in mezzzeria della carreggiata più vicina al ricevitore;
- 2) dati di traffico divisi per carreggiata, raggruppati in due linee di traffico situate in mezzzeria delle due carreggiate.
- 3) dati di traffico divisi per corsie, assegnando il centro di ogni corsia come posizione delle 6 linee di traffico.

Nei primi due casi sono stati considerati, come valori limite di velocità, 110 km/h per gli autoveicoli e 85 km/h per i mezzi pesanti. Viceversa nel terzo caso sono stati assegnati limiti diversi a seconda della corsia:

corsia	esterna	di mezzo	interna
v_l	90	100	110
v_p	80	90	/

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti, posti a confronto con i dati rilevati sperimentalmente (vedi tab. 1.1)

TABELLA 2.8.1

Posiz.	Rilievo	Previsioni con R.L.S.-81					
	Sperim.	A1	A2	A6	B1	B2	B6
P1	59.8	67.6	66.8	66.1	64.5	64.2	63.4
P2	64.0	67.6	66.8	66.1	65.9	65.6	64.9
P3	66.0	69.9	69.0	68.3	68.7	68.2	67.5
P4	62.5	69.9	69.0	68.3	67.7	67.2	66.6
R1	74.3	80.2	78.5	78.1			
R2	74.2	80.0	78.2	77.8			
R3	74.4	80.4	78.6	78.2			
R4	77.9	80.4	78.6	78.2			

2.8.2 Osservazioni sui risultati ottenuti

I livelli calcolati sono risultati ovunque superiori a quelli sperimentali, come d'altronde era prevedibile essendo il metodo R.L.S.-81 un procedimento cautelativo per la previsione dell'impatto ambientale e per il dimensionamento delle barriere antirumore.

L'adozione dello schema di calcolo B ha portato ad una lieve riduzione dei livelli calcolati, ed ha consentito di tenere in considerazione la presenza della vigna. Comunque l'effetto è contenuto in 2÷3 dB(A), cosa che dimostra come l'ipotesi di strada "lunga e diritta" sia tutto sommato quasi verificata.

Al crescere del dettaglio sulla distribuzione in corsie del traffico i risultati previsti si avvicinano ai valori sperimentali, indicando chiaramente che la previsione è tanto più accurata quanto più precisi sono i dati relativi al traffico veicolare.

Nei dati calcolati l'effetto dell'altezza dal suolo del ricevitore è minimo o nullo, mentre nei dati sperimentali tale effetto è notevole. Pare evidente supporre che questo effetto sia dovuto ad un forte assorbimento del suono per incidenza radente sul soffice tappeto erboso nei punti lontani e bassi (P1 e P4), ove in effetti la differenza fra livello calcolato e livello sperimentale è molto marcata. Viceversa, nei punti P2 e P3 l'attenuazione in eccesso dovuta all'incidenza radente è molto modesta, e la previsione numerica è abbastanza prossima al dato sperimentale. Utilizzando il procedimento B, la presenza della vigna rende in parte conto della differenza di livello con l'altezza, ma evidentemente da sola non spiega i dati sperimentali, per cui resta confermato che l'erba alta 30 cm è in grado di produrre una significativa attenuazione in eccesso per bassi angoli di incidenza, della quale il modello R.L.S.-81 non tiene conto.

Nel punto di riferimento l'effetto dell'altezza sul piano stradale è pure sensibile. Mentre nei dati sperimentali il livello sonoro cresce di 3.5 dB(A) con la altezza (poiché giunge liberamente anche il suono proveniente dalla corsia più lontana), nei valori previsti il livello sonoro rimane perfettamente invariato alzando il ricevitore.

E' chiaro che il modello non é concepito per prevedere correttamente il livello sonoro a breve distanza dalla strada, e pertanto non ci si poteva aspettare di meglio nel punto di riferimento. Probabilmente si sarebbe ottenuta ragione della variazione di livello con la quota inserendo un ostacolo diffrangente fra le due carreggiate (gard rail o cordolo).