

IL RUMORE DA TRAFFICO STRADALE



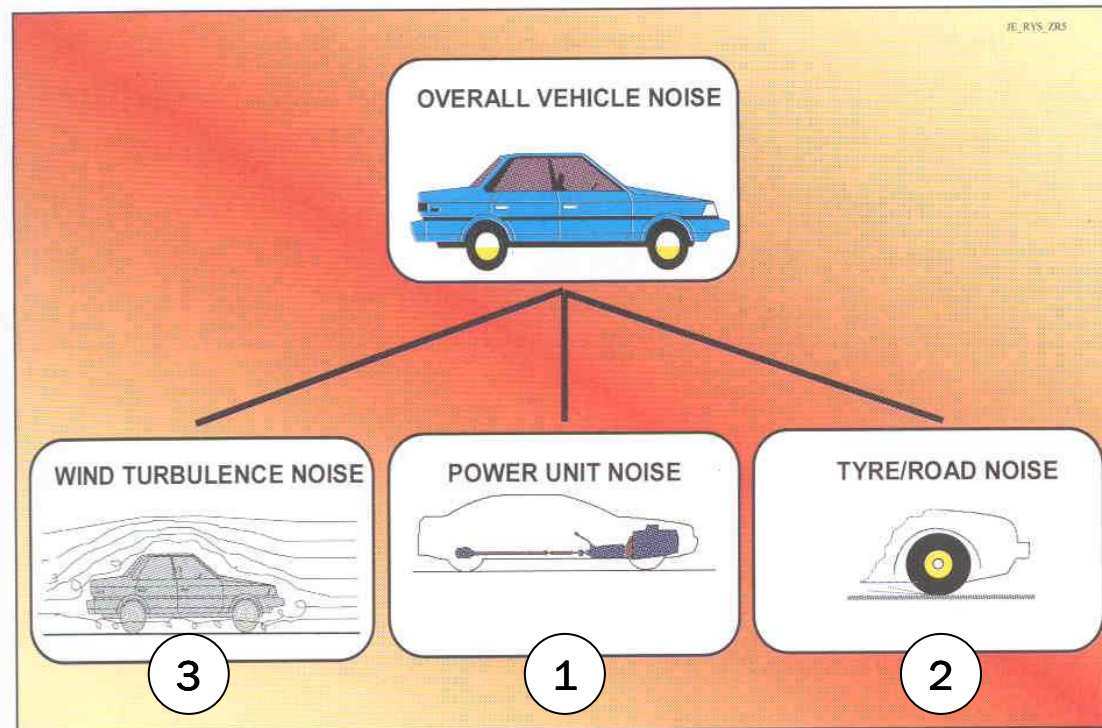
INDICE ARGOMENTI

- 1) Sorgenti di rumore di un veicolo a motore
- 2) Misura dell'emissione sonora di un veicolo
- 3) Livelli di emissione sonora e velocità
- 4) Livelli di emissione sonora e categorie di veicoli
- 5) Categorie di veicoli e composizione spettrale
- 6) Altezza media delle sorgenti per tipologia di veicolo
- 7) Livelli di emissione sonora: evoluzione nel tempo
- 8) Livelli di emissione sonora e stile di guida
- 9) Rumorosità delle infrastrutture stradali
- 10) Modelli previsionali dell'inquinamento acustico prodotto dal traffico veicolare

Il TRAFFICO VEICOLARE è la sorgente di rumore principale:

- diffusione sul territorio
- estensione nel tempo (ore notturne)
- livelli di rumore compresi tra 60 e 75 dB(A)

SORGENTI DI RUMORE DI UN VEICOLO A MOTORE



1. MOTORE



sede di compressioni, scoppi e decompressioni. I livelli di emissione sonora dipendono da: **caratteristiche costruttive**, n° giri/min.

2. ROTOLAMENTO



rumore causato dall'intrappolamento/rilascio d'aria nelle cavità tra battistrada e asfalto. Dipende dal **disegno del battistrada** e dalla **tessitura e porosità** del manto stradale.

AVANZAMENTO

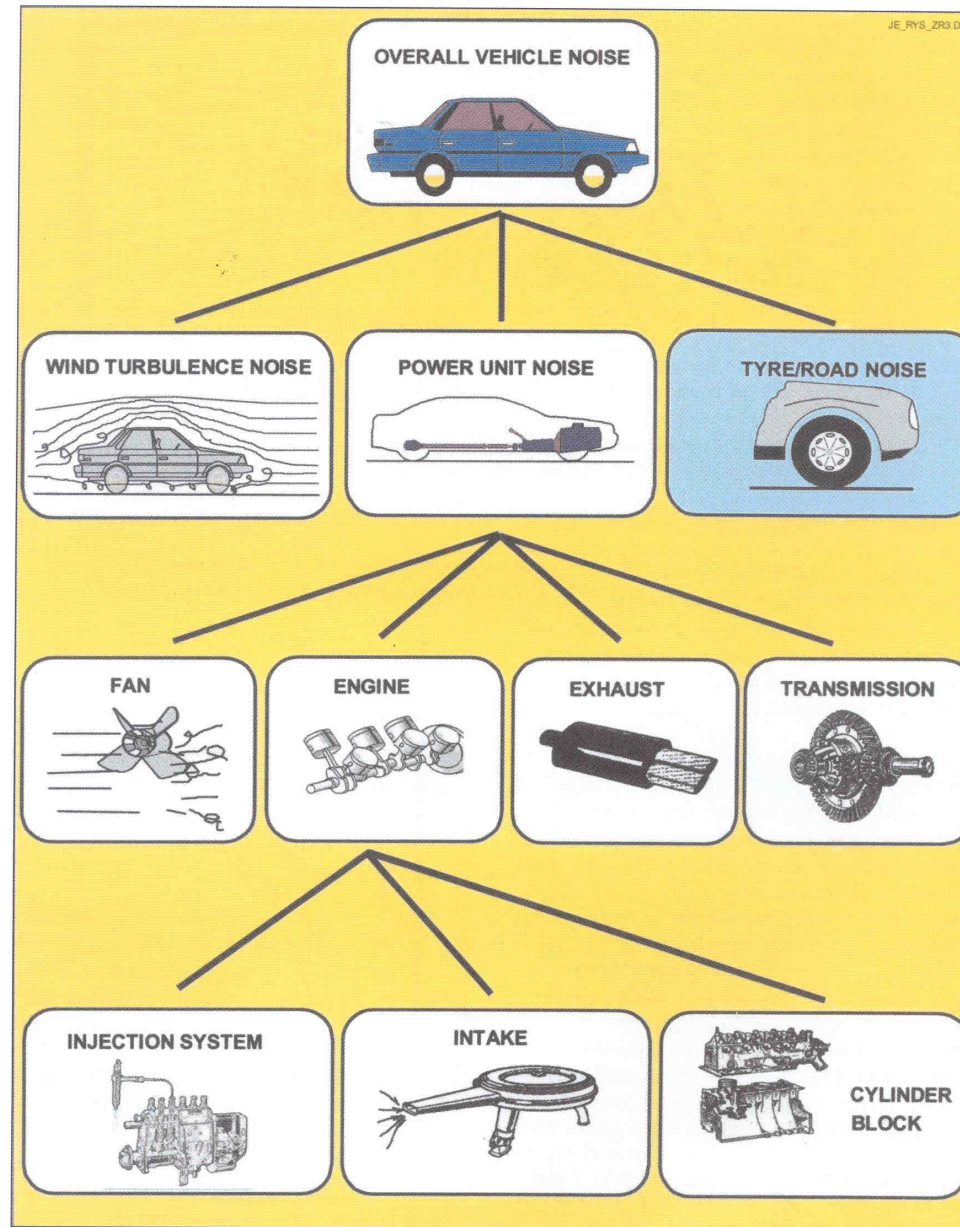
3. AERODINAMICA



rilevante esclusivamente per **velocità > 130 km/h**

SORGENTI DI RUMORE DI UN VEICOLO A MOTORE

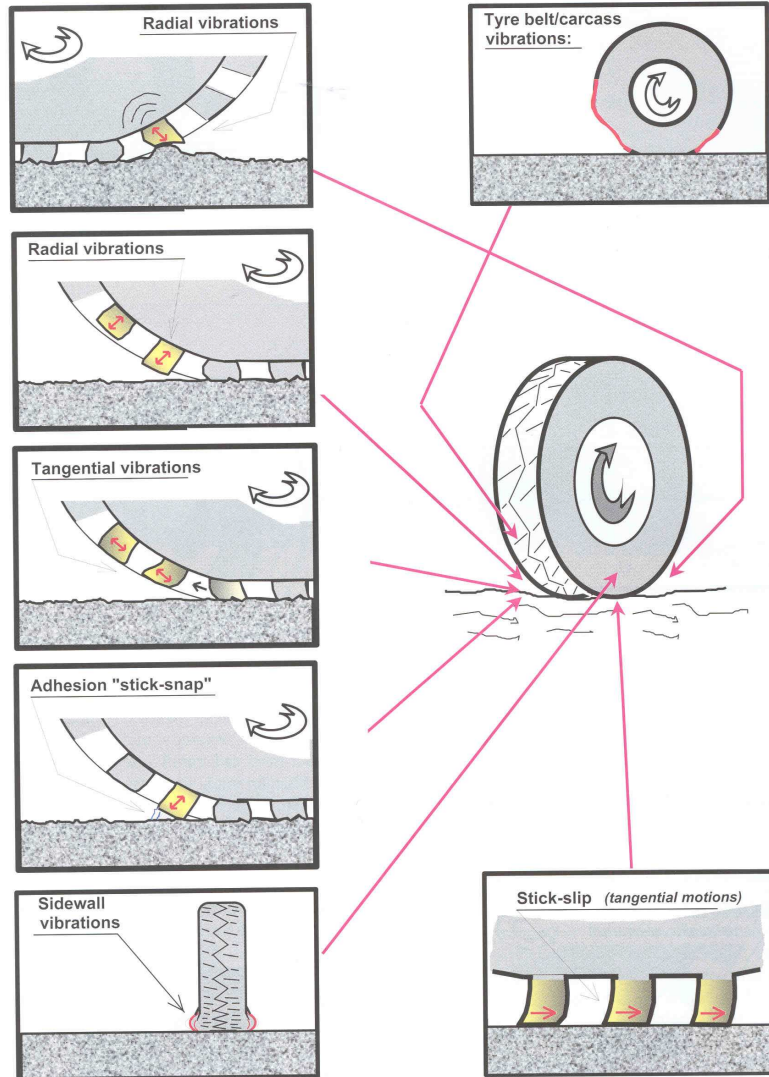
Principali
componenti del
rumore del motore



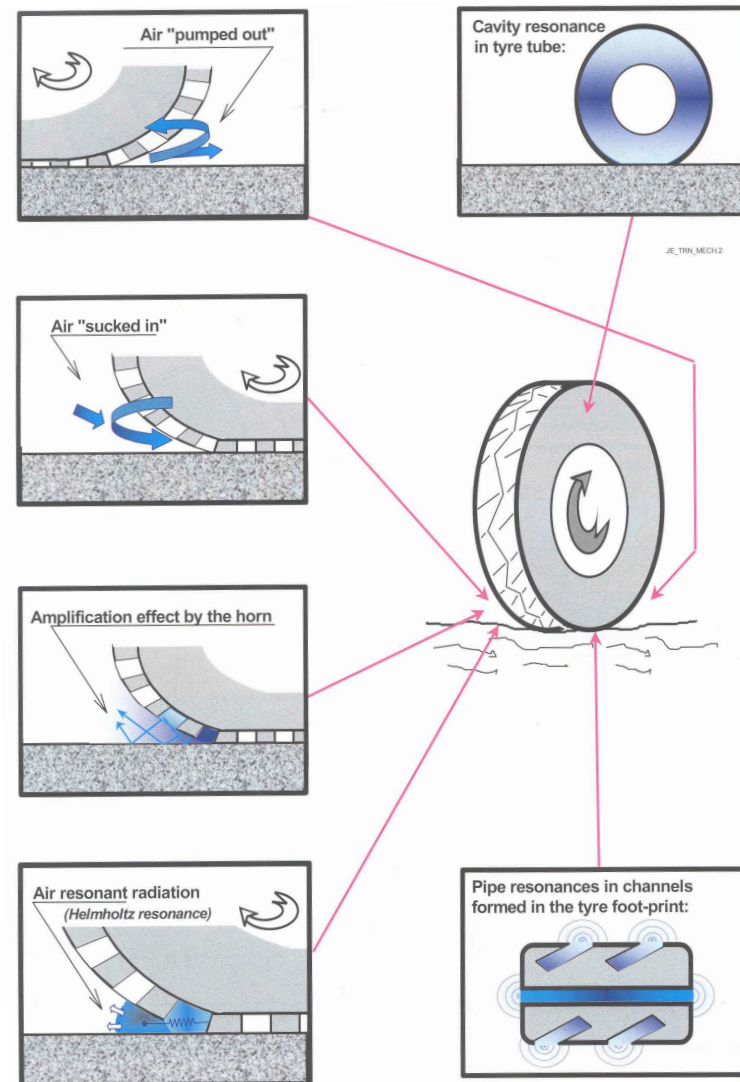
SORGENTI DI RUMORE DI UN VEICOLO A MOTORE

Meccanismi che governano il rumore da contatto ruota/asfalto

VIBRAZIONI



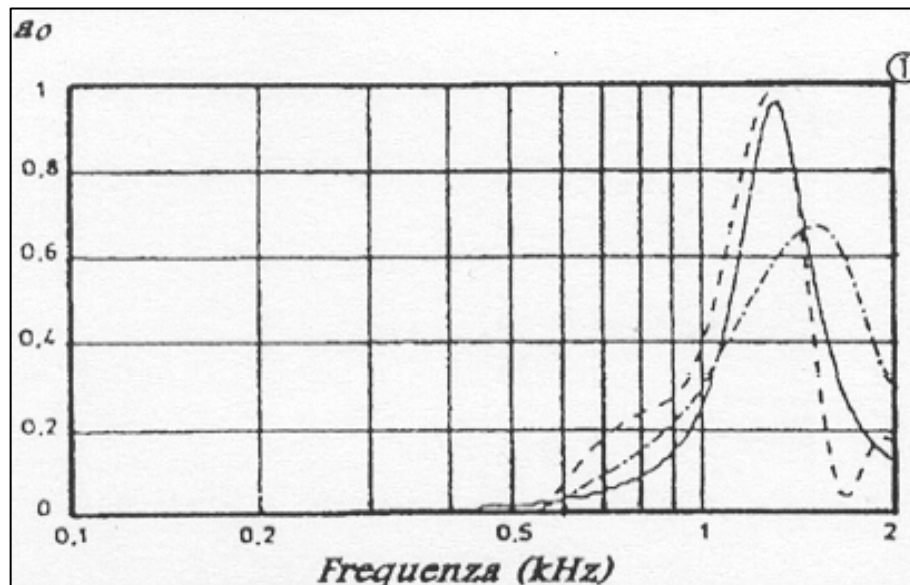
AERODINAMICA



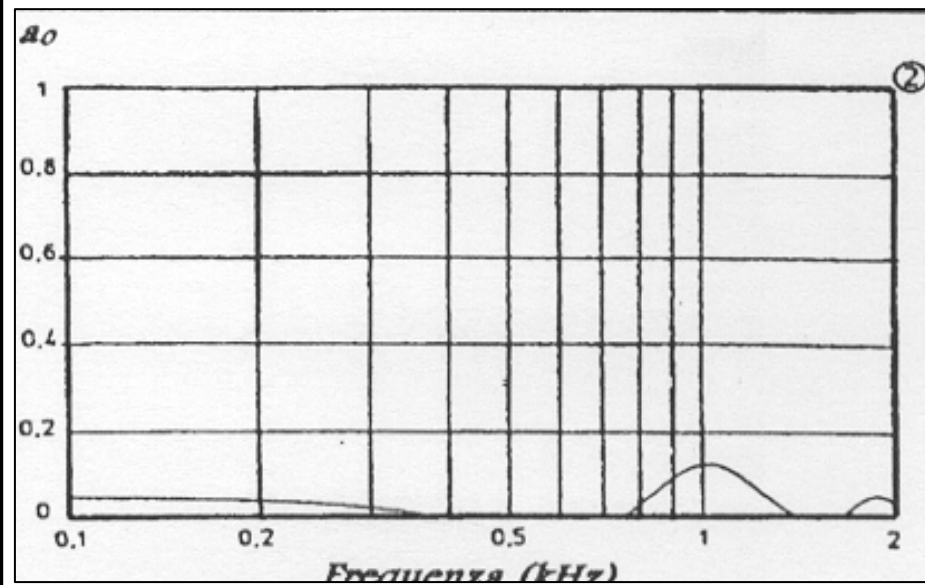
SORGENTI DI RUMORE DI UN VEICOLO A MOTORE

Esempio di evoluzione delle proprietà di assorbimento di una pavimentazione drenante/fonoassorbente (efficaci a velocità >40-50 km/h)

Predizione teorica (linea continua), misura dopo messa in opera (tratteggio), 2 mesi dopo (linea discontinua)

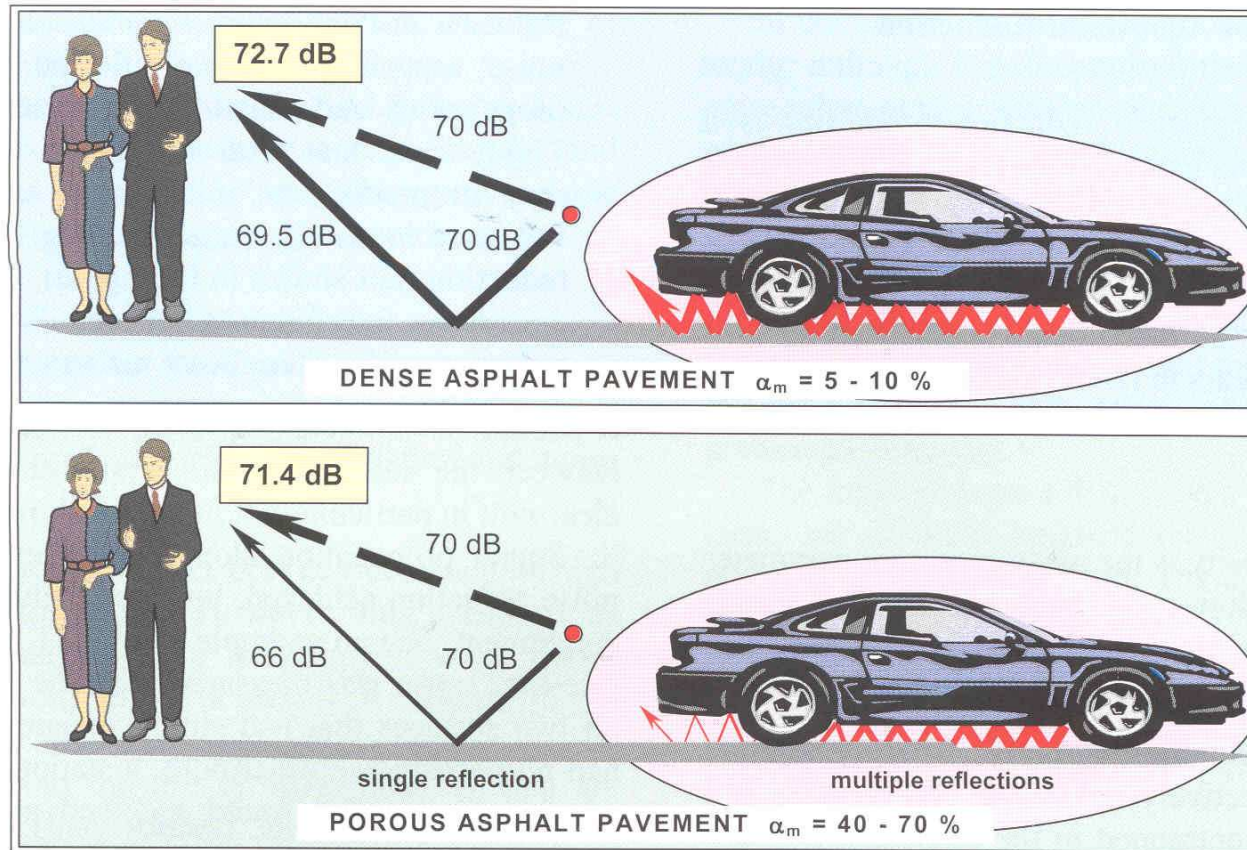


Un anno dopo la deposizione (senza pulizia della struttura)



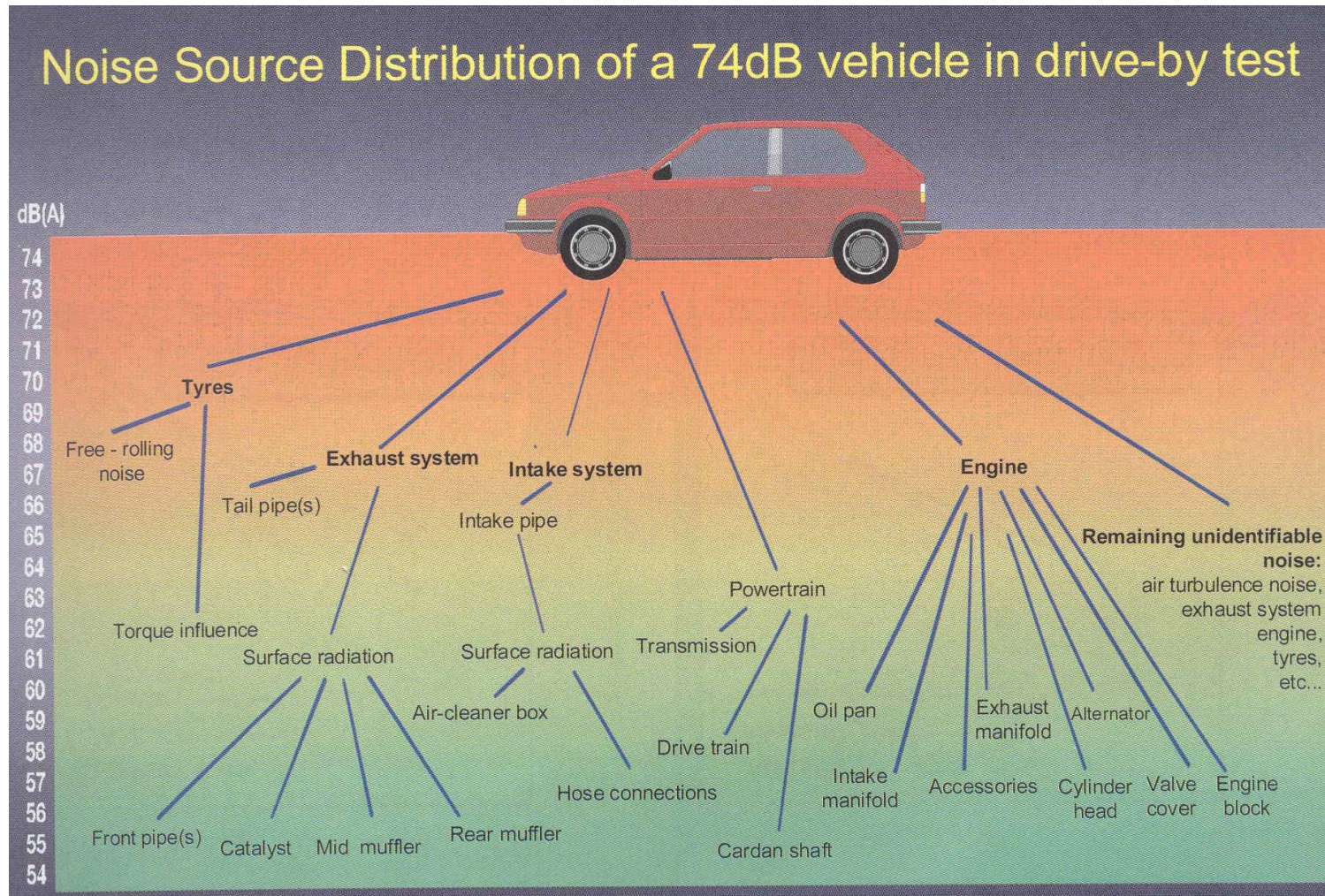
SORGENTI DI RUMORE DI UN VEICOLO A MOTORE

Asfalto denso e asfalto poroso



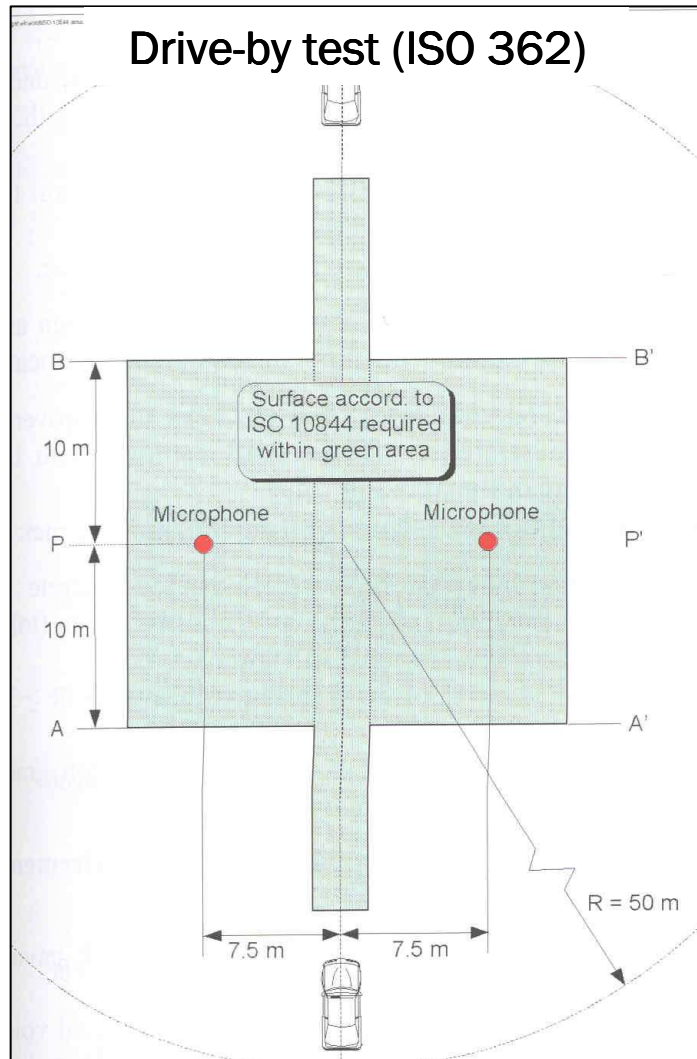
SORGENTI DI RUMORE DI UN VEICOLO A MOTORE

Contributo delle diverse tipologie di sorgente (condizioni di transito *drive-by* secondo la norma *ISO 362*)

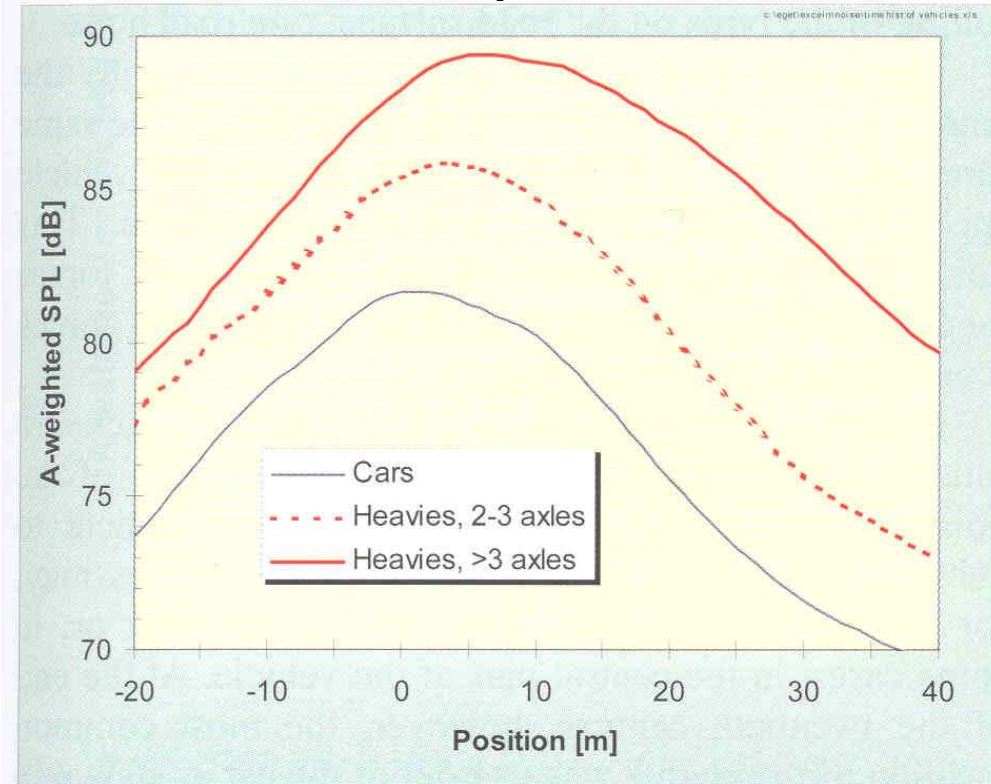


MISURA DELL'EMISSIONE SONORA DEL VEICOLO

Esempio di misura per la determinazione del livello di emissione sonora di un veicolo (norma ISO 362)

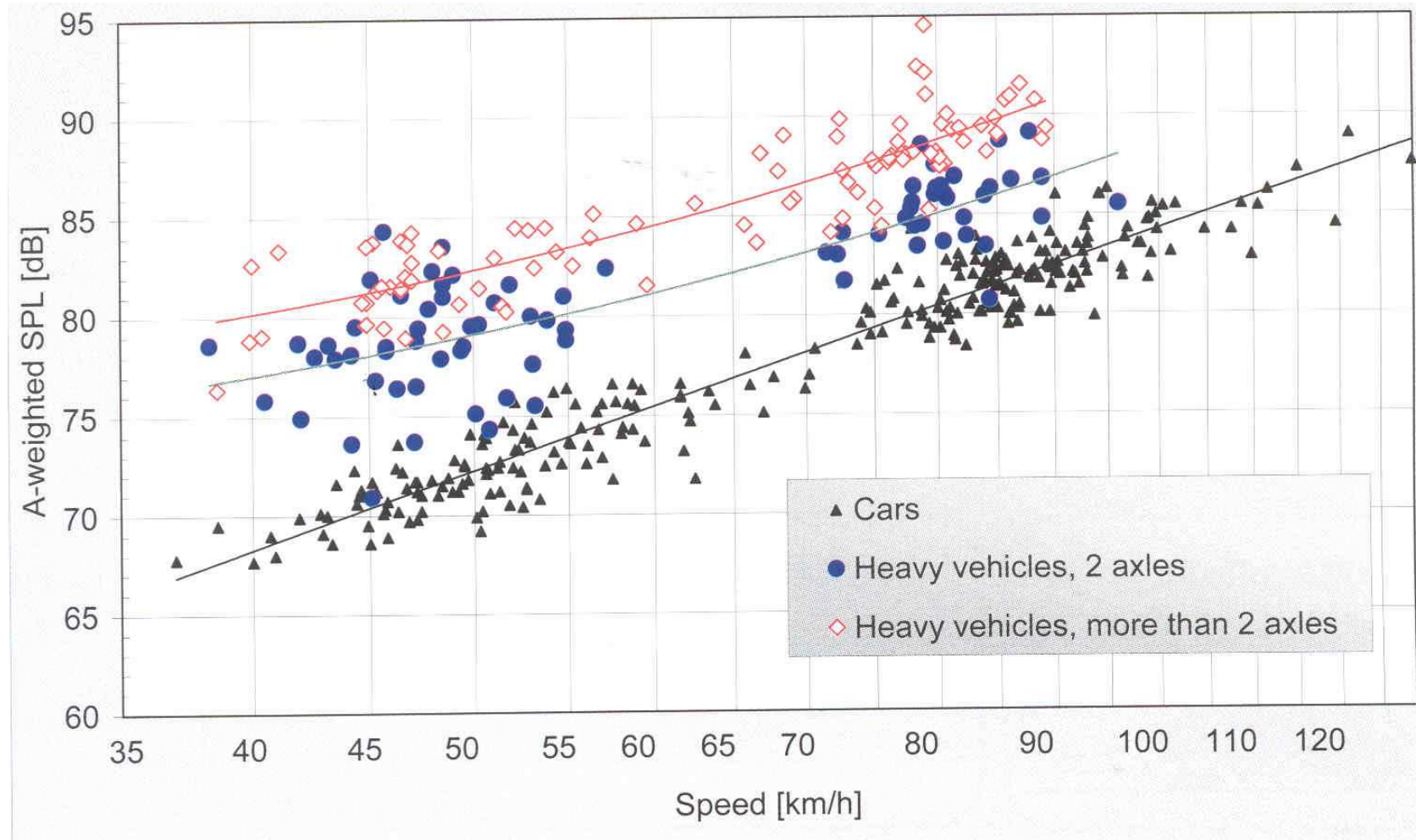


“Time-history” del transito

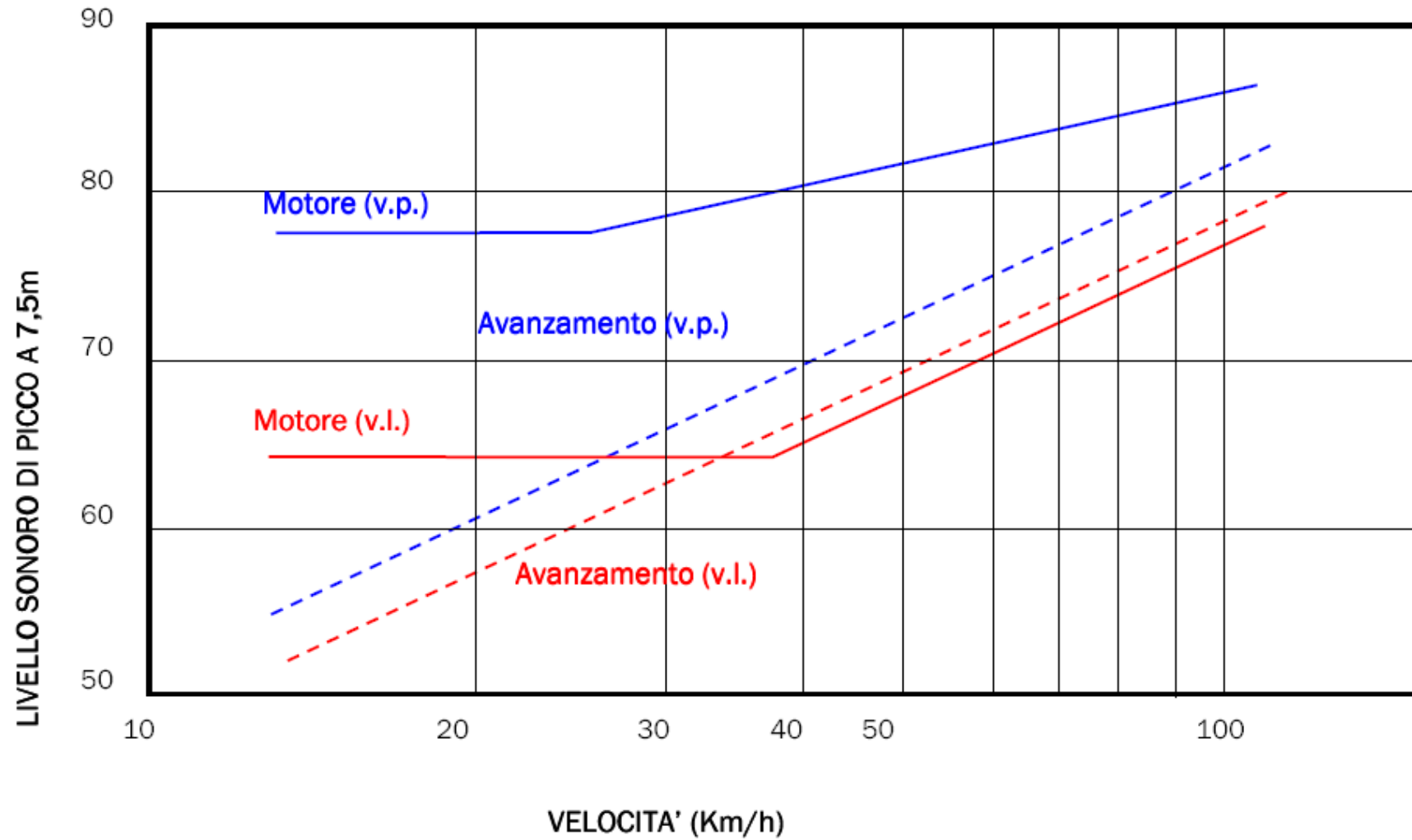


Solitamente il risultato della prova viene espresso come L_{Amax} che rappresenta il massimo valore di SPL registrato durante il transito

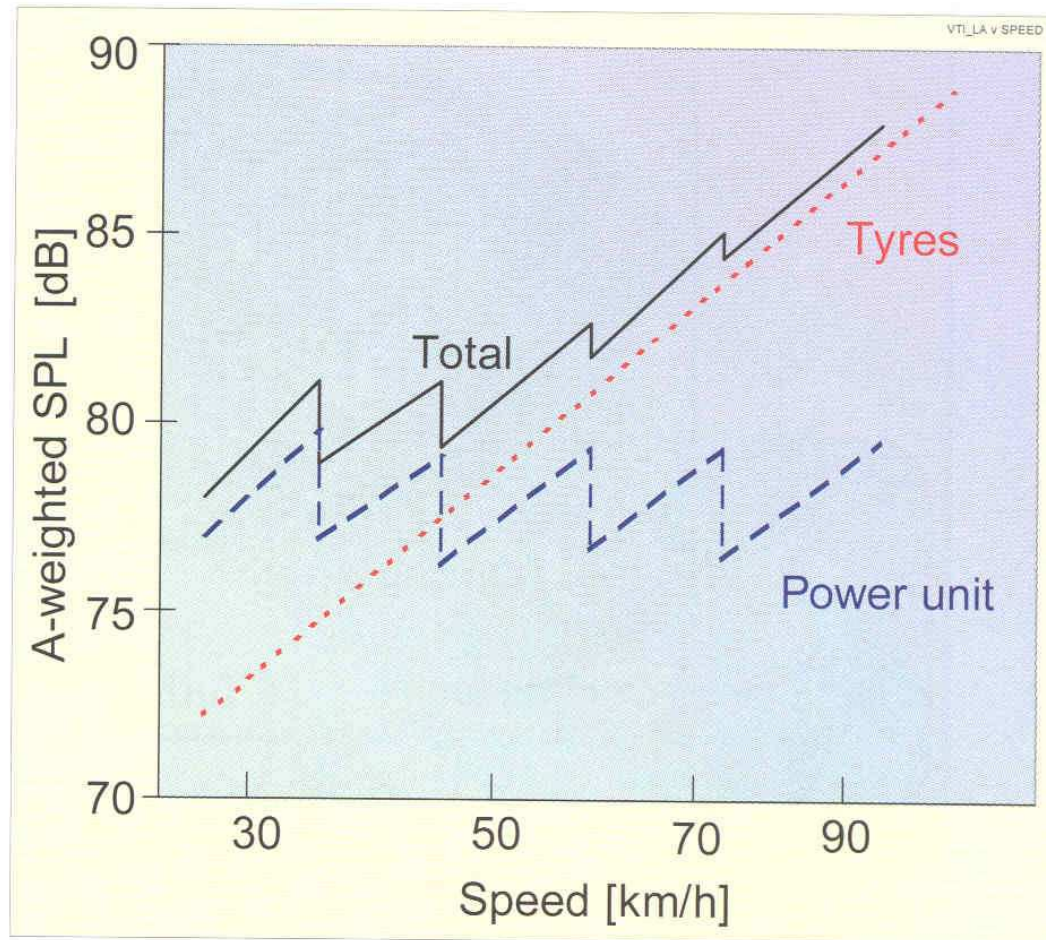
LIVELLI DI EMISSIONE SONORA vs VELOCITÀ



LIVELLI DI EMISSIONE SONORA vs VELOCITÀ

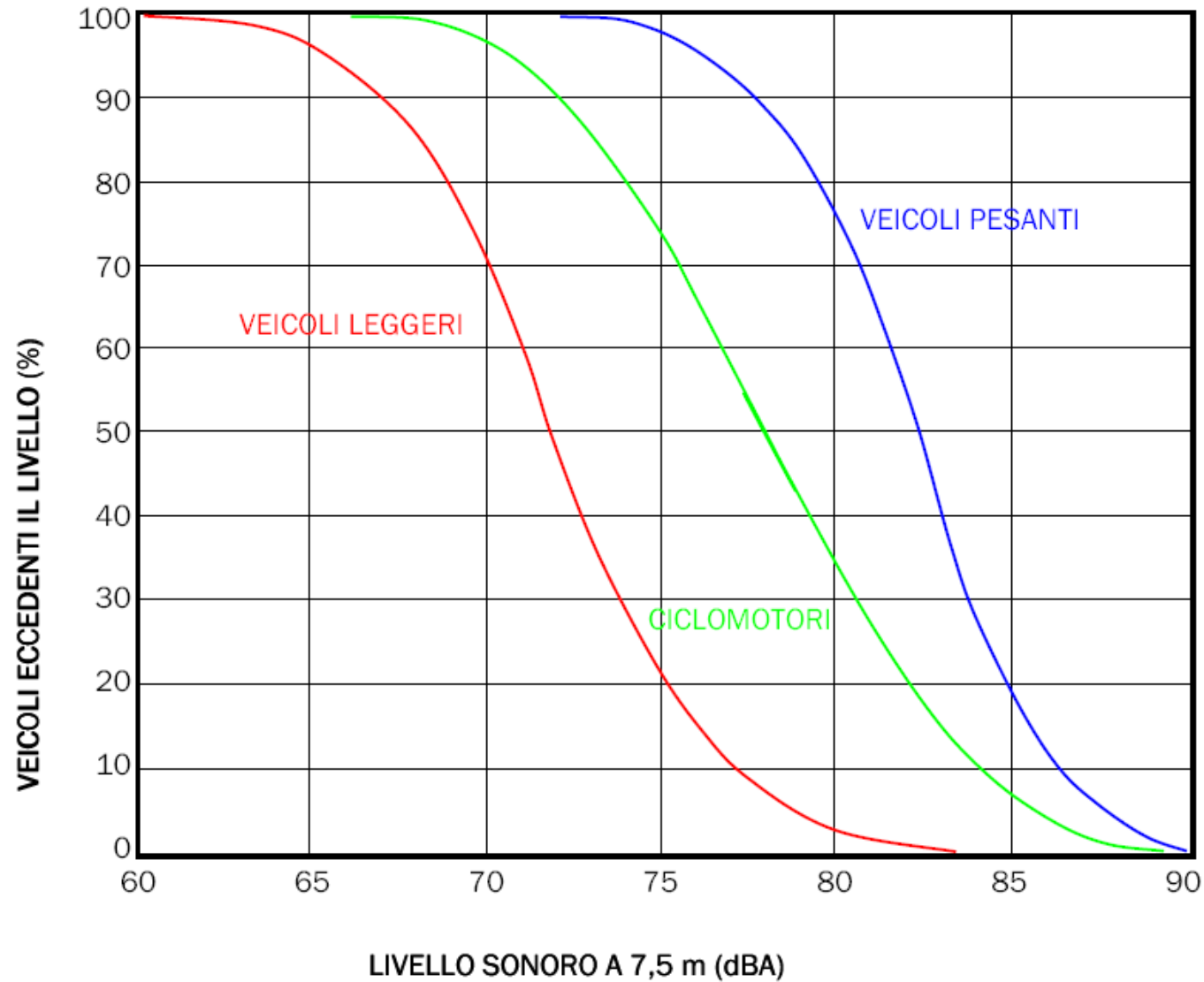


LIVELLI DI EMISSIONE SONORA vs VELOCITÀ



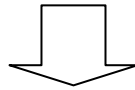
LIVELLI DI EMISSIONE SONORA E CATEGORIE DI VEICOLI

Curve di distribuzione statistica cumulativa

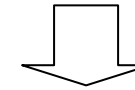
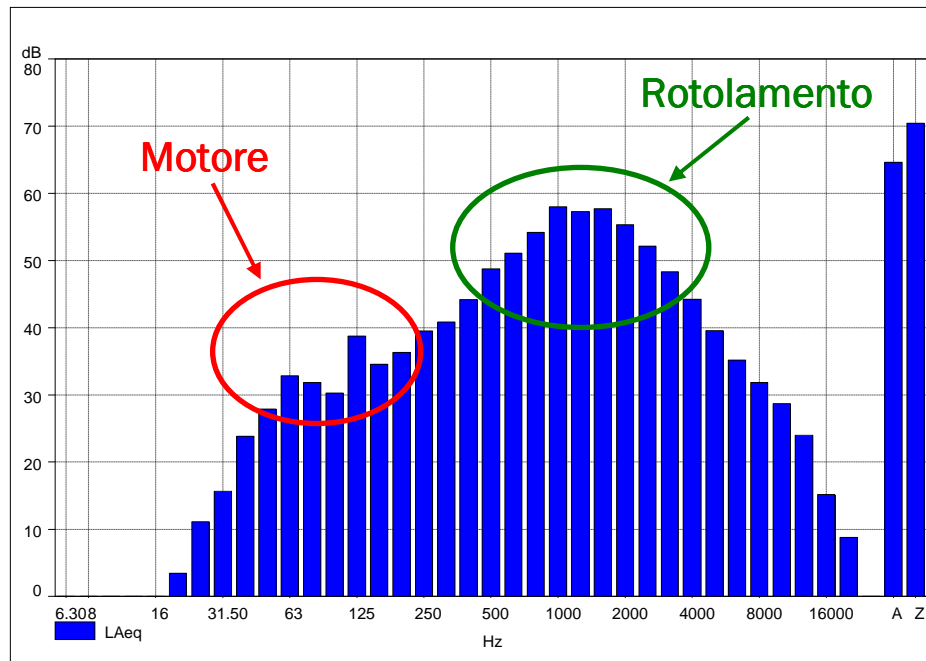


CATEGORIE DI VEICOLI E COMPOSIZIONE SPETTRALE

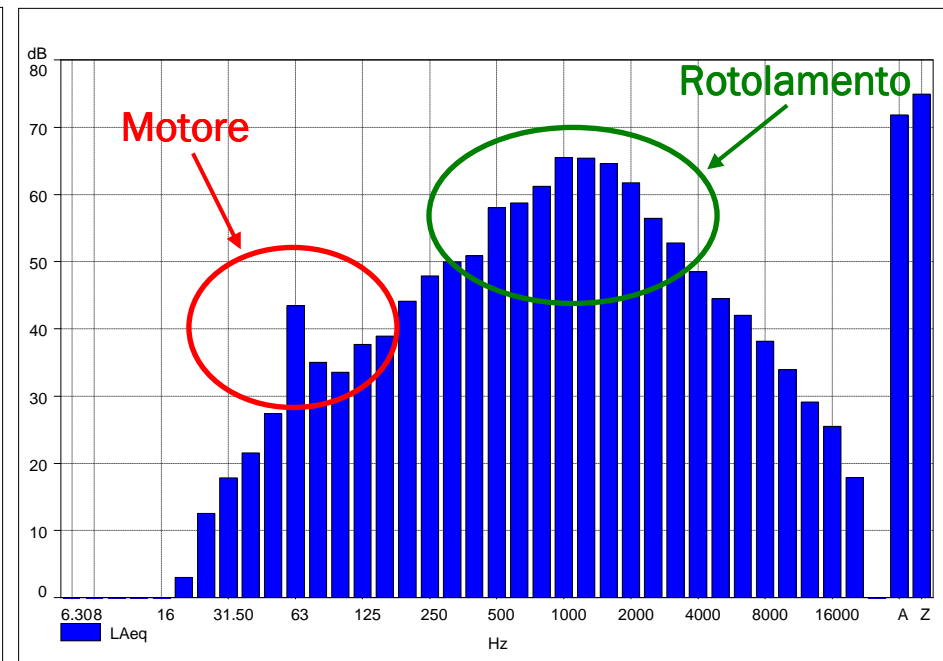
Esempio di composizione spettrale in bande di 1/3 d'ottava



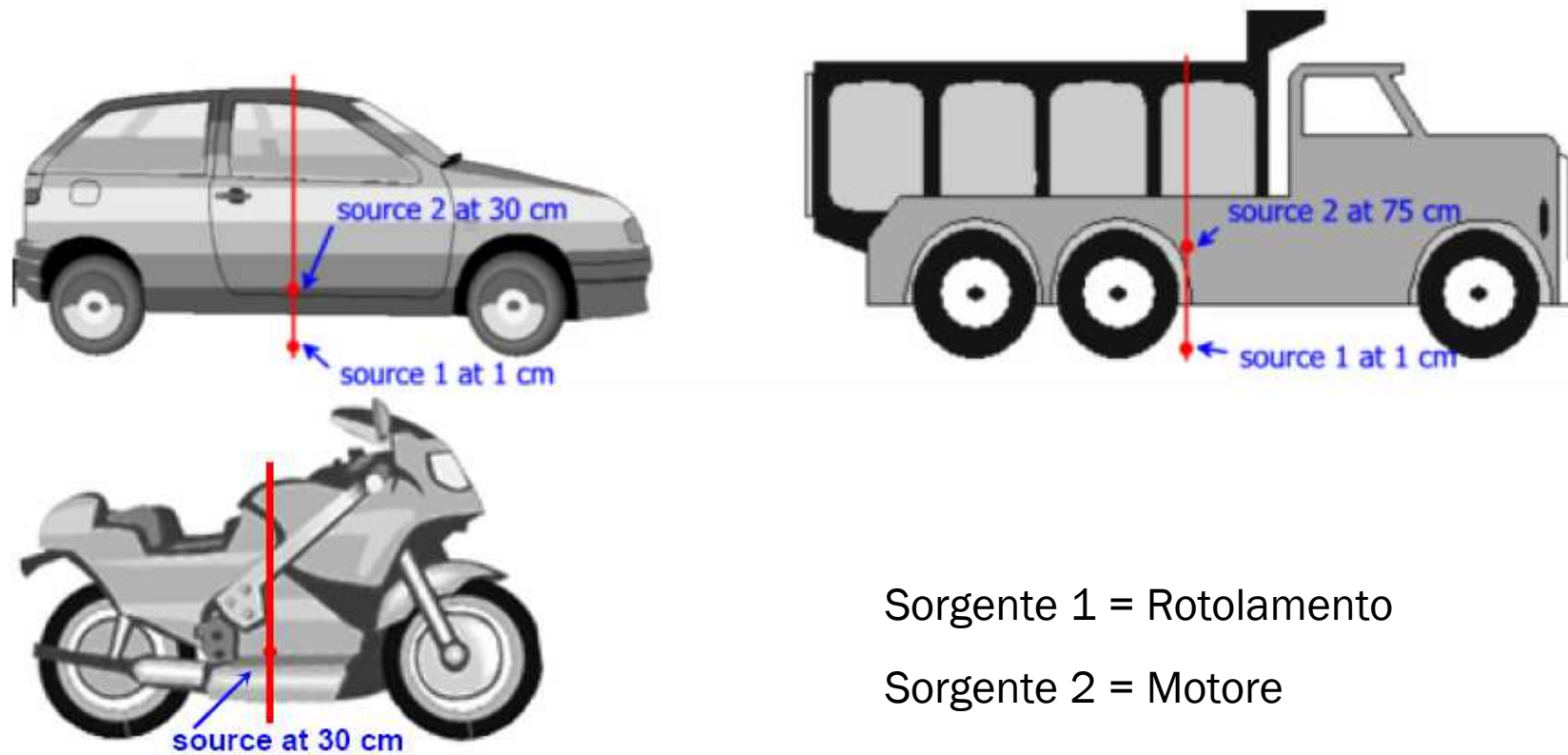
VEICOLO LEGGERO



VEICOLO PESANTE



ALTEZZA MEDIA DELLE SORGENTI PER TIPOLOGIA DI VEICOLO

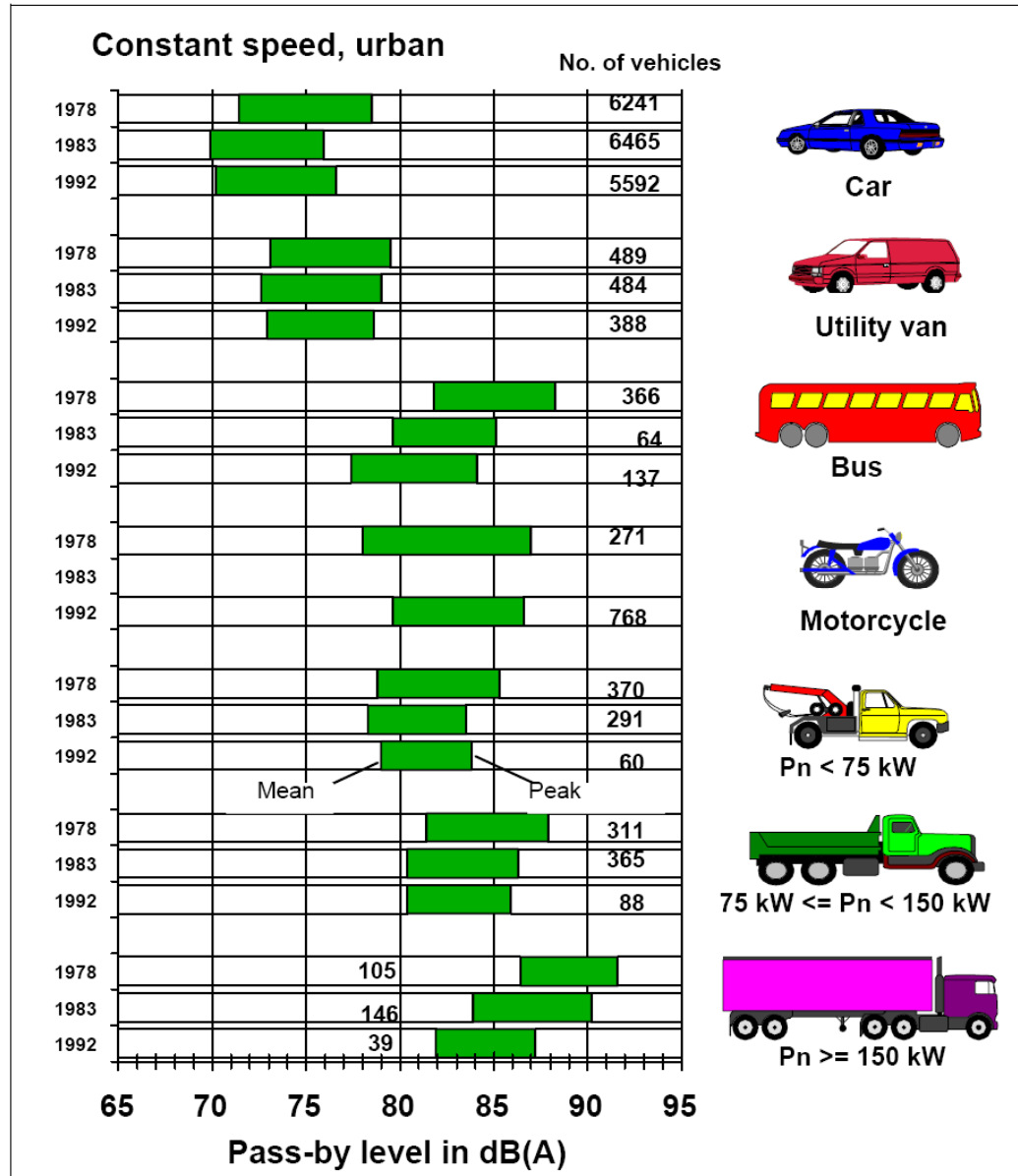


Sorgente 1 = Rotolamento

Sorgente 2 = Motore

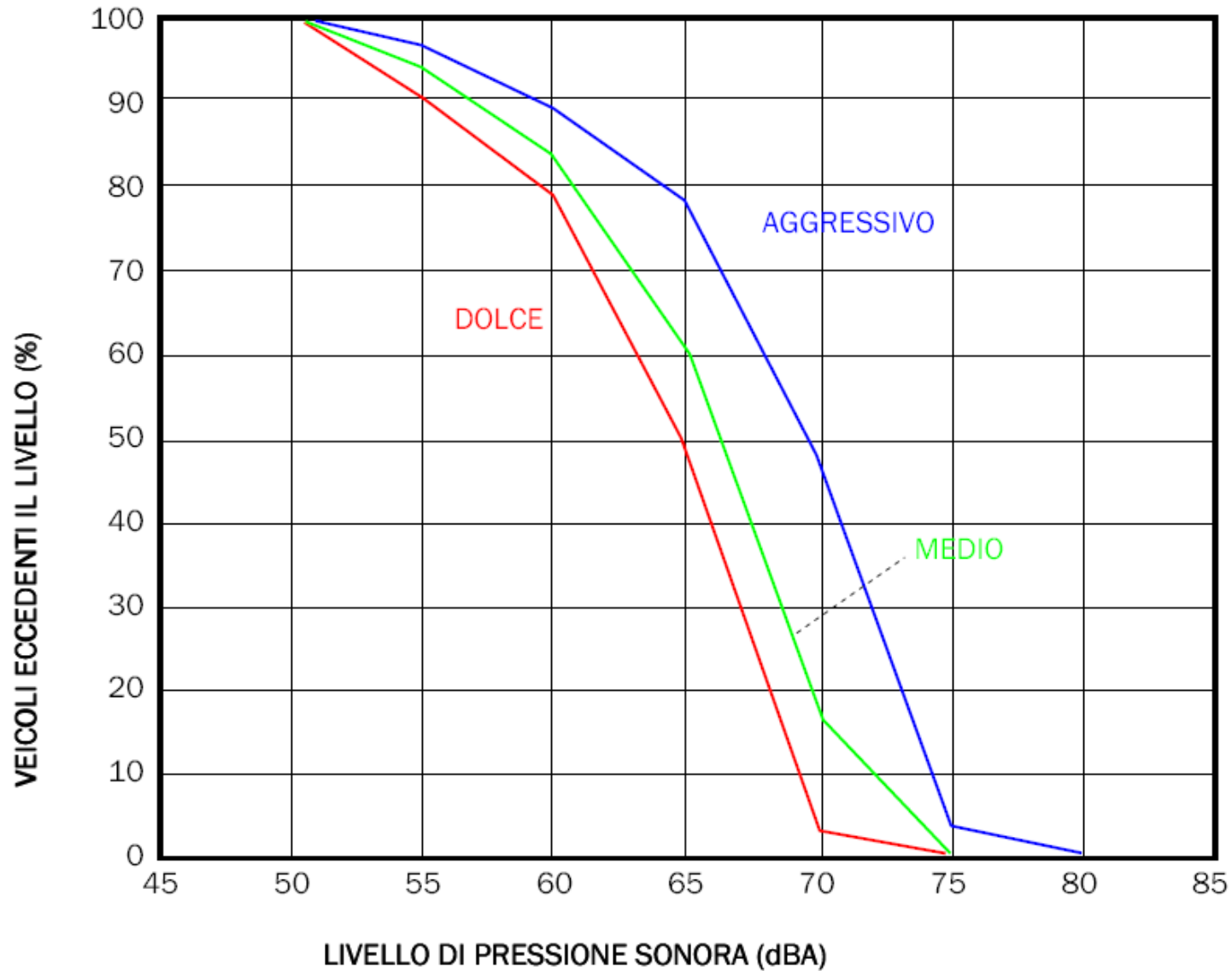
figure 2 – Drawing of noise source positions

LIVELLI DI EMISSIONE SONORA: EVOLUZIONE NEL TEMPO



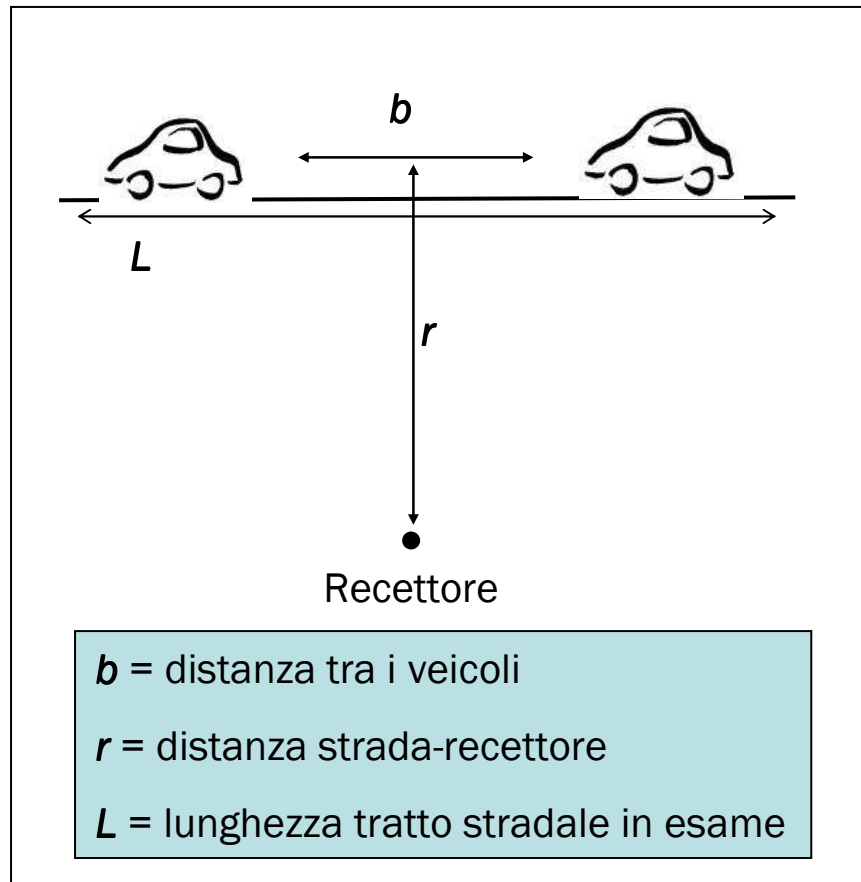
LIVELLI DI EMISSIONE SONORA E STILE DI GUIDA

Curve di distribuzione statistica cumulativa



RUMOROSITÀ DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

In generale il rumore da traffico veicolare viene studiato considerando l'infrastruttura stradale come una **SORGENTE LINEARE**: tante sorgenti puntiformi in movimento possono essere rappresentate da una sorgente lineare **FISSA**.



Approssimazione valida se: $r > \frac{b}{\pi}$

Se: $r < \frac{b}{\pi}$ \Rightarrow PUNTIFORME MOBILE

Se: $r > \frac{L}{\pi}$ \Rightarrow PUNTIFORME FISSA

RUMOROSITÀ DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

I livelli di emissione sonora di un'infrastruttura stradale dipendono da due categorie di fattori: i dati relativi al flusso di traffico e le caratteristiche geometriche e strutturali dell'infrastruttura.

Dati di traffico

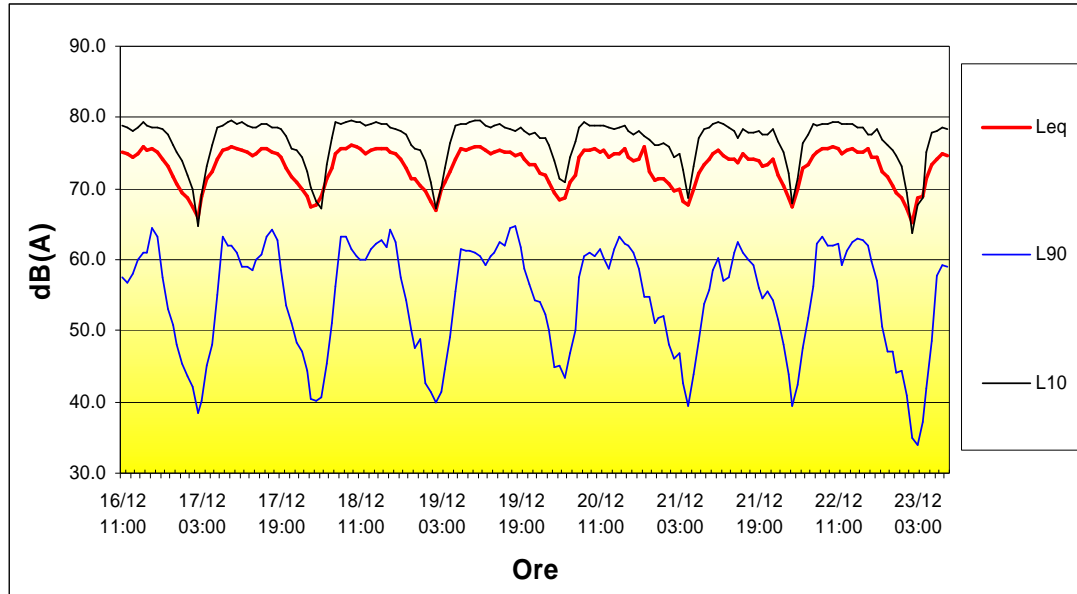
- 1) Entità dei flussi di traffico (n° veicoli/ora)
- 2) Velocità media di percorrenza (km/h)
- 3) Composizione del traffico (% di VL, VP)
- 4) Tipo di flusso (continuo, accelerato, decelerato, interrotto)

Caratteristiche geometriche/strutturali dell'infrastruttura

- 1) Numero di corsie per senso di marcia
- 2) Dimensioni della carreggiata
- 3) Profilo strada (pendenza %)
- 4) Tipologia di manto stradale
- 5) Forma della sezione trasversale (strada in piano campagna, in trincea o in rilevato)

RUMOROSITÀ DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

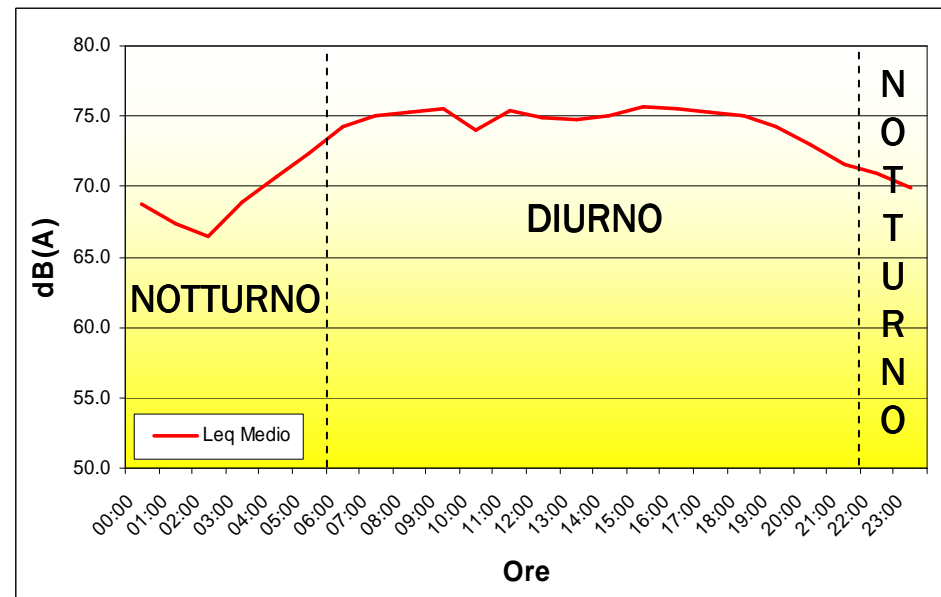
Esempio di rilievo effettuato a Berbenno (So), SS 38



Andamento del livello equivalente nel periodo di misura

Andamento del livello equivalente per la giornata tipo

L_{eq} diurno dB(A)	L_{eq} notturno dB(A)
74,8	69,8



MODELLI PREVISIONALI DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO PRODOTTO DAL TRAFFICO VEICOLARE

Si distinguono in 2 categorie:

- 1) Modelli basati su **DATI ACUSTICI** (acquisiti sperimentalmente)
- 2) Modelli basati sulle **FORMULE di REGRESSIONE** (a partire da dati di ingresso relativi al flusso di traffico e alle caratteristiche geometriche)

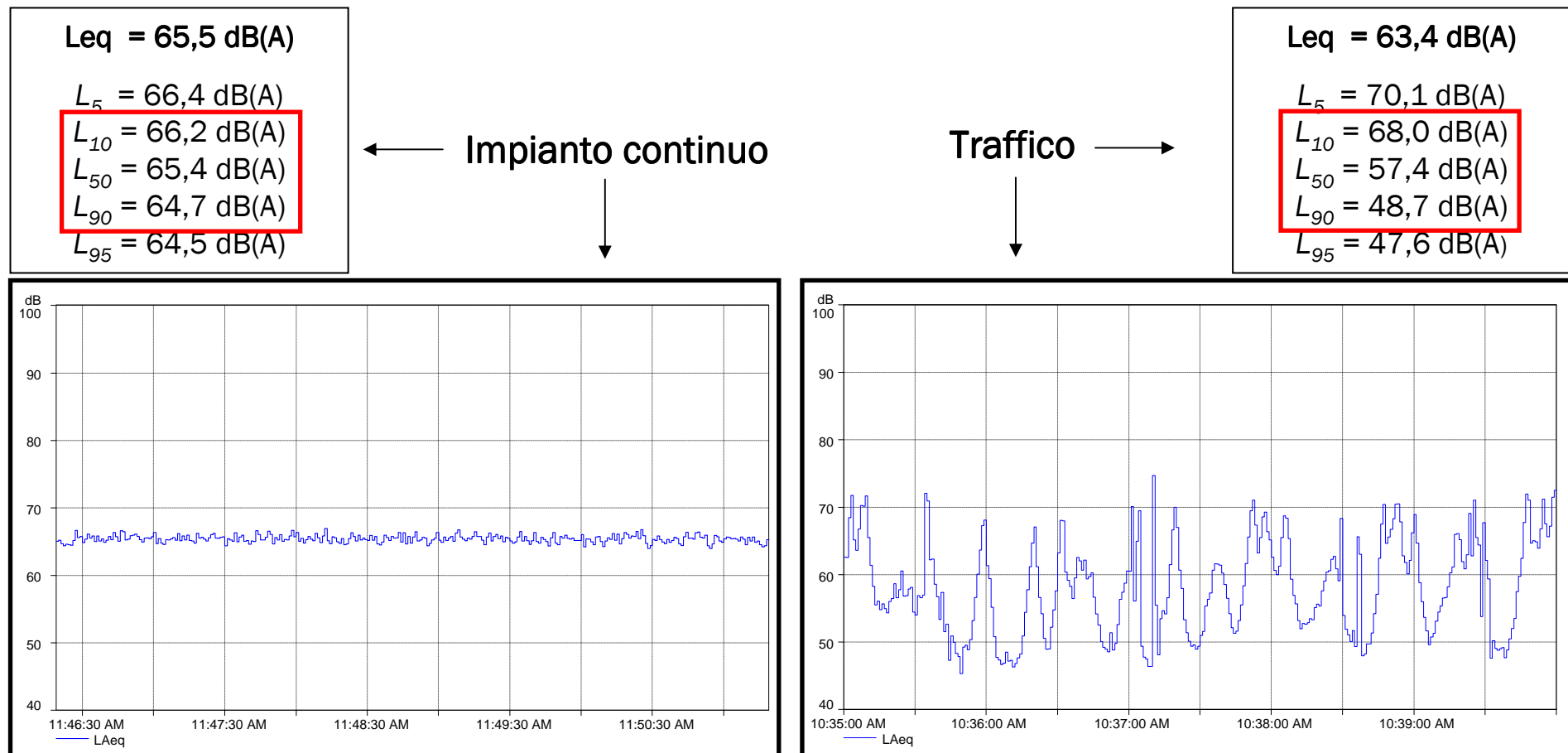
I primi vengono utilizzati per la definizione di alcuni **INDICI DI RUMORE** (*TNI, NPL,...*) utili alla quantificazione del disturbo.

I secondi servono per stimare i livelli di rumore generati da un'infrastruttura stradale per la quale non possono essere svolti rilievi sperimentali diretti (ad es. valutazione di impatto acustico di una strada di futura realizzazione)

MODELLI BASATI SU DATI ACUSTICI

Stima del L_{Aeq} a partire dagli **INDICI STATISTICI CUMULATIVI** rilevati sperimentalmente.

Indici statistici cumulativi (L_n): rappresentano il livello di pressione sonora superato rispettivamente per l' $n\%$ del tempo di rilevamento.



MODELLI BASATI SU DATI ACUSTICI

Stima del L_{Aeq} a partire dagli **INDICI STATISTICI CUMULATIVI** rilevati sperimentalmente:

$$L_{Aeq} = L_{50} + 0,0179 (L_{10} - L_{90}) \text{ [dB(A)]} \quad (\text{Griffiths e Langdon})$$

$$L_{Aeq} = 0,65 L_{50} + 28,8 \text{ [dB(A)]} \quad (\text{CSTB})$$

INDICI DI RUMORE (contengono informazioni sull'andamento del fenomeno rumoroso nel tempo, correlati all'ampiezza delle fluttuazioni):

TNI (Traffic Noise Index)

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

NPL (Noise Pollution Level)

$$NPL = L_{50} + (L_{10} - L_{90}) + 1/[60(L_{10} - L_{90})^2]$$

MODELLI BASATI SULLE FORMULE DI REGRESSIONE

Modello semplificato: dati di ingresso relativi al flusso veicolare orario (**F**) e alla velocità media di percorrenza (**V** [km/h])

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} F + 20 \log_{10} V \text{ [dB(A)]}$$

Valida su un tessuto urbano aperto. Se la % di veicoli pesanti è considerevole è possibile aggiungere un fattore correttivo pari a % **V.P./10**

MODELLI BASATI SULLE FORMULE DI REGRESSIONE

Modello CNR (1980):

$$L_{Aeq} = \alpha + 10 \log_{10} (N_L + \beta N_W) + 10 \log_{10} (d_0/d) + \Delta L_V + \Delta L_F + \Delta L_B + \Delta L_S + \Delta L_G + \Delta L_{VB}$$

Dove:

- L_{Aeq} = livello equivalente (pond. A) prodotto dal flusso di traffico ipotizzato come sorgente lineare concentrata sulla mezzera della strada, calcolato sul piano stradale
- N_L e N_W = rispettivamente numero di veicoli leggeri e pesanti che transitano in 1 ora
- d_0 = distanza di riferimento = 25 m
- d = distanza recettore-strada
- ΔL_V = parametro che tiene conto della velocità media del flusso di traffico

V media (km/h)	ΔL_V (dBA)
30 - 50	0
50 - 60	+1
60 - 70	+2
70 - 80	+3
80 - 100	+4

MODELLI BASATI SULLE FORMULE DI REGRESSIONE

Modello CNR (1980):

$$L_{Aeq} = \alpha + 10 \log_{10} (N_L + \beta N_W) + 10 \log_{10} (d_0/d) + \Delta L_V + \Delta L_F + \Delta L_B + \Delta L_S + \Delta L_G + \Delta L_{VB}$$

Dove:

- ΔL_F e ΔL_B = parametri per le riflessioni della facciata più vicina (+2,5 dB) e lontana (+ 1,5 dB)

- ΔL_S = parametro relativo alla superficie stradale

Tipo asfalto	ΔL_S (dBA)
Liscio	-0,5
Ruvido	0
Cemento	+1,5
Pavè	+4

- ΔL_G = parametro che considera la pendenza della strada: a partire da una pendenza pari al 6% aumenta di 0,6 dB per ogni punto percentuale.

- ΔL_{VB} = parametro che tiene conto di situazioni limite quali l'eventuale presenza di un semaforo (+1,0 dB) o velocità inferiori a 30 km/h (-1,5 dB)

MODELLI BASATI SULLE FORMULE DI REGRESSIONE

Modello CNR (1980):

$$L_{Aeq} = \alpha + 10 \log_{10} (N_L + \beta N_W) + 10 \log_{10}(d_0/d) + \Delta L_V + \Delta L_F + \Delta L_B + \Delta L_S + \Delta L_G + \Delta L_{VB}$$

Dove:

- α e β variano a seconda della nazione e dipendono dalle condizioni di guida, dalle caratteristiche del parco macchine e dalle abitudini di guida.

In Italia $\alpha = 35,1$ dB(A) e $\beta = 8$

Domanda di verifica: cosa rappresenta α ?

MODELLO BASATO SUL SEL (Single Event Level)

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{SEL_i/10} N_i$$

I livelli di rumorosità per singolo evento (SEL) sono ricavati sperimentalmente per cinque classi omogenee di mezzi di trasporto (rilievi svolti su strade urbane chiuse e su strade aperte)

$n = 5$ (numero delle categorie)

Strade chiuse: $L_{strada}/h_{edifici} 0,2-0,5$

$N_i =$ numero di veicoli della categoria i

Strade aperte: $L_{strada}/h_{edifici} > 2$

Tipo di strada	Veicoli leggeri	V. comm. leggeri	Veicoli pesanti	Moto	Ciclomotori
Strade chiuse	76,5	80,0	86,0	84,5	78,5
Strade aperte	76,0	79,5	84,5	82,0	77,5