

# Cause del rumore da traffico stradale

Francesco Ventura

Sappiamo che individuare e quantificare i rumori del traffico stradale non è molto semplice in quanto di origini diverse e quasi sempre imputabili a comportamenti «abusivi» del conducente quali:

- impiego di autoveicoli e motocicli irregolari;
- sbattimento porte;
- avviamento dei motori;
- cambio di marcia;
- guida «sportiva»;
- partenze;
- frenate;
- segnalazioni acustiche.

Prescindendo, per ora, da comportamenti abusivi e fermando invece la nostra attenzione sulla parte «veicolo» cerchiamo di analizzare le cause di rumore prodotto dalle singole parti del veicolo.

La CEE ha ricavato le varie incidenze dei rumori prodotti da una macchina in:

- rumori prodotti dal motore	30%
- rumori prodotti dallo scappamento	45%
- rumori dell'aspirazione	10%
- rumori di ventilazione	10%
- rumore dovuto all'attrito	5%

Questa incidenza si modifica nel caso di automezzi pesanti per i quali è risultato leggermente più elevato il rumore prodotto dal motore (40%) e quello proprio del sistema di raffreddamento (20%).

Venendo in dettaglio, il rumore prodotto nell'ambito del motore si può attribuire alle seguenti sorgenti:

## 1 - Rumore dovuto alle vibrazioni meccaniche

Sono a tutti noti i principi di funzionamento di un motore a scoppio e di un motore diesel. In tali tipi di motore, le pressioni provocate dalla esplosione di una miscela o dalla

F. Ventura, Membro della sottocommissione «Acustica» della U.N.I. per il dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade della Facoltà di Ingegneria, Roma.

Il degrado ambientale dovuto al traffico veicolare è solo in parte causato da come si progetta l'infrastruttura stradale ma, anche, da come si pianifica il territorio e soprattutto da come si progettano i veicoli.

Individuare e quantificare i rumori del traffico stradale non è semplice, in quanto di origini diverse e spesso imputabili a comportamenti abusivi del conducente.

Prescindendo da questi, si è fermata l'attenzione sulla «vettura» come sorgente complessa di rumore e sulle singole parti del veicolo.

combustione del gasolio in aria preriscaldata, provocano la traslazione di uno stantuffo che attraverso un meccanismo di biella e manovella, imprime infine un movimento di rotazione all'albero motore.

Tale moto rotatorio non è uniforme, in quanto viene provocato da una serie di scoppi e di combustioni che si verificano in ciascun cilindro una volta ogni due rotazioni complete dell'albero motore in un motore a quattro tempi, ed una volta ogni rotazione completa dell'albero, in un motore a due tempi.

Si può tuttavia affermare che in un motore funzionante ad un regime fisso di giri e con carico esterno costante, la legge di variazione delle pressioni all'interno di ciascun cilindro segue un andamento periodico.

Partendo da tali considerazioni è facile formarsi un'idea del meccanismo che origina, trasmette ed eventualmente esalta le vibrazioni nel sistema motore, carrozzeria, trasmissione.

## 2 - Rumore dovuto alle deformazioni strutturali del motore

Un altro importante rumore prodotto da un autoveicolo è quello che trova origine nelle distorsioni strutturali del motore, a loro volta conseguenza della natura esplosiva delle pressioni dei gas all'interno dei cilindri.

Ogni volta che si verifica un'esplosione, il cilindro subisce delle deformazioni che, trasmesse alle superfici esterne, irradiano rumore.

Questo tipo di rumore è particolarmente diffuso dalla tendenza moderna di costruire motori sempre più leggeri, ad alto rapporto di compressione e caratterizzati da valori sempre più elevati dei massimi di pressione allo scoppio.

Il rumore trasmesso attraverso la superficie esterna del motore può essere convenientemente attenuato sia adottando l'impiego di rivestimenti fonoassorbenti collocati nel vano del motore, sia mediante l'isolamento acustico dell'abitacolo del conducente.

## 3 - Rumore dovuto al sistema di scarico

I gas al momento dell'apertura della valvola di scarico hanno una pressione notevolmente superiore a quella esterna; qualora il loro rilascio avvenisse liberamente si verificherebbe una loro rapidissima espansione con un rumore simile ad uno scoppio. A parità di altri parametri quest'ultimo effetto è più rilevante nei motori a due tempi in quanto in essi l'apertura della luce di scarico avviene con un anticipo maggiore e, quindi, quando i gas combusti hanno una pressione maggiore rispetto ad un analogo motore a quattro tempi.

Un dispositivo silenziatore è costituito da una serie di cavità risonanti collegate in serie o in parallelo alla colonna dei gas in movimento.

La realizzazione del silenziatore non pone termine ai problemi di rumorosità oggetto del presente paragrafo, in quanto una sua errata ubicazione nel sistema di scarico può dar luogo a fenomeni non desiderati.

Un dispositivo silenziatore, per fornire il massimo delle sue prestazioni, deve avere tutte le connessioni a perfetta tenuta e deve risultare collegato alla carrozzeria a mezzo di giunzioni elastiche che consentano ampie possibilità di deformazioni. Le prestazioni di un silenziatore tendono a degradarsi con il tempo per tre ordini di cause fondamentali:

1 - la degradazione dei materiali fonoassorbenti provocata dai gas che, lambendone le superfici, ne flocculano le fibre, trasportandone i frammenti nei condotti o nell'atmosfera;

2 - l'accumularsi di depositi carboniosi che provocano l'intasamento del dispositivo;

3 - i fenomeni corrosivi dovuti alle condensazioni che si verificano nelle zone del dispositivo più raffreddate.

#### 4 - Rumori dovuti al sistema di aspirazione

Il rumore è provocato dall'espansione dell'aria conseguente alla depressione dovuta alla apertura della valvola di aspirazione, dal suo attrito con le pareti dei condotti e dalla sua turbolenza; l'entità delle variazioni di pressione è notevolmente inferiore a quella delle analoghe del condotto di scarico; altrettanto avviene per l'entità del rumore.

Anche per l'attenuazione di questi rumori, pertanto, si fa ricorso a silenziatori basati sul principio dei filtri composti da risuonatori a cavità.

#### 5 - Rumore dovuto alla rotazione del ventilatore

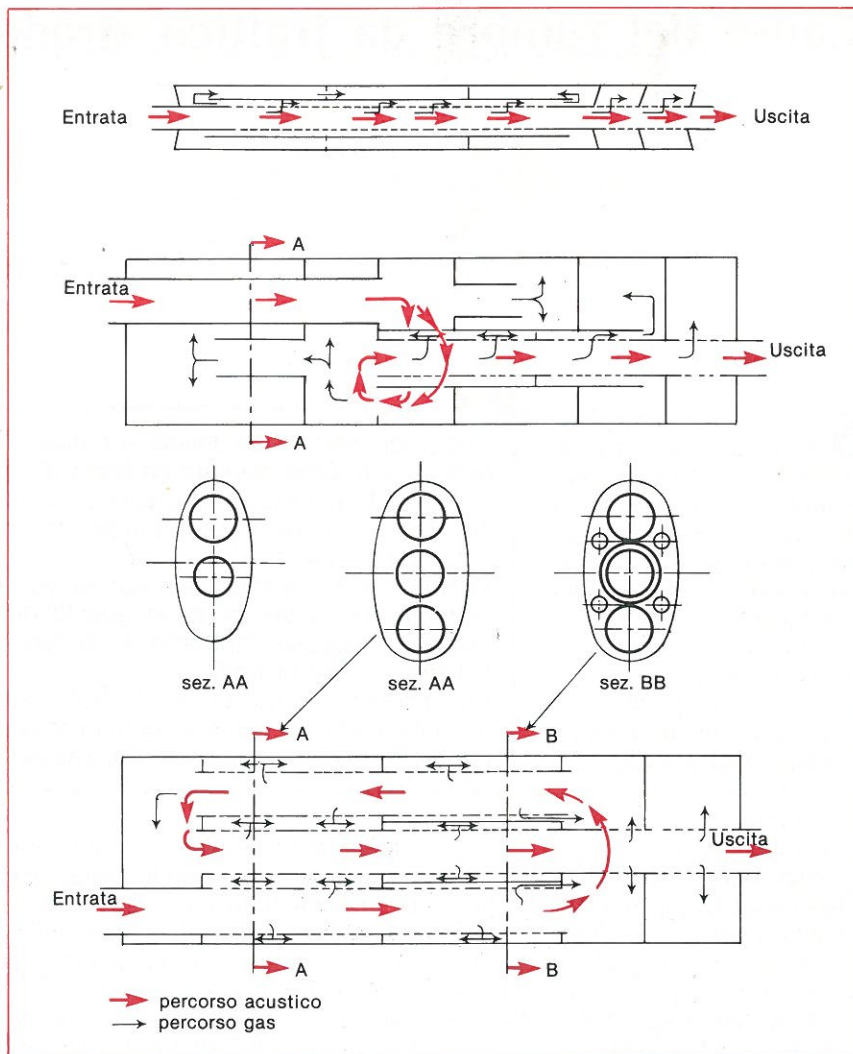
Ai regimi elevati di rotazione del motore, il rumore generato dalla ventola di raffreddamento può assumere livelli fastidiosi.

L'entità di tale livello dipende da vari parametri, fra cui i più importanti sono:

- il numero, il passo e la forma delle pale;
- la velocità periferica all'estremità delle pale;
- la distanza fra ventola e radiatore o fra ventola ed altri ostacoli.

Il rumore in questione, potendo indurre fenomeni di risonanza all'interno del veicolo, risulta particolarmente fastidioso per i passeggeri; tuttavia esso, considerati i parametri che ne determinano le caratteristiche, può essere facilmente e convenientemente ridotto.

Un primo accorgimento idoneo a



1. Schemi di sezioni di silenziatori di scarico di uso più diffuso. Nella figura sono indicati con freccia a tratto grosso i percorsi dei gas e con freccia a tratto sottile i percorsi acustici.

diminuire il livello sonoro del rumore generato dalla ventola, consiste nel ridurre la velocità periferica delle pale riducendo il numero di giri effettuati dalla ventola.

#### 6 - Rumore dovuto agli ingranaggi

Gli ingranaggi di un autoveicolo che più frequentemente originano rumori sono quelli della distribuzione, del cambio e del differenziale. La generazione dei rumori è strettamente legata ai fenomeni elastici che si originano nei denti delle ruote allorché, imboccandosi, si deformano sotto l'azione delle forze di contatto ed allorché, successivamente, ad imbocco cessato, riassumono l'assetto normale.

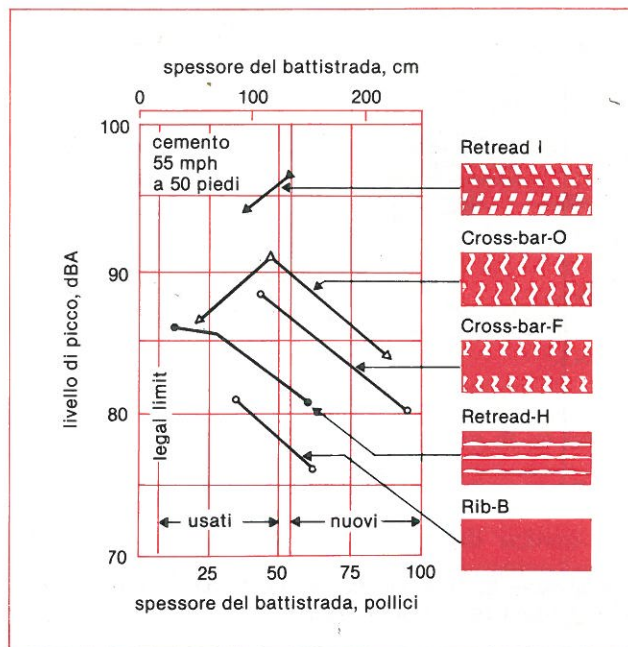
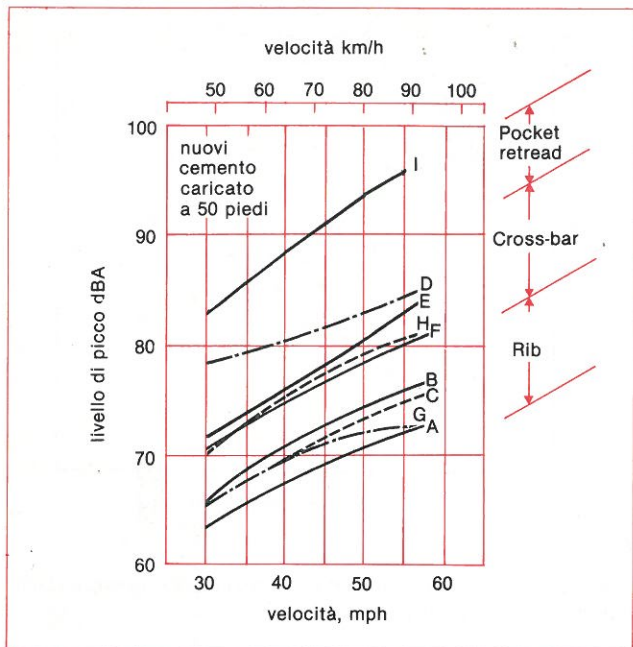
In ingranaggi usurati i fenomeni sopradescritti vengono esaltati dalla circostanza che il contatto fra i denti in mutuo imbocco non avviene più in maniera graduale e continua ma attraverso una successione di urti.

L'introduzione di ingranaggi e catene di distribuzione in materia plastica e l'adozione, anche nelle vetture economiche, di cambi con coppie di ingranaggi sempre in presa e marce sincronizzate, costituiscono provvedimenti di applicazione ormai consolidata.

#### 7 - Rumore dovuto ai freni

Il rumore dovuto al contatto fra guarnizioni di attrito dei freni e dischi o ganasce costituisce un tipo di rumore che si genera durante la circolazione soltanto nella fase di intervento dei dispositivi di frenatura.

Tale tipo di rumore, pur essendo occasionale, può tuttavia acquistare una certa rilevanza nella circolazione urbana, allorché le particolari condizioni di traffico costringono ad una serie ripetuta di arresti e di avvii, o per particolari veicoli, quali gli autobus urbani, costretti dalle



2. Livelli di rumore dei pneumatici in funzione della velocità.

3. Influenza del battistrada sui livelli sonori.

esigenze di impiego a frequenti fermate.

Per l'attenuazione di tale tipo di rumore, si ritiene sufficiente operare assidue ed accurate revisioni e fare ricorso a materiali di attrito di buona qualità e stabili alle temperature.

8 - Rumore dovuto al contatto pneumatico strada

Nel Canada sono state effettuate, sull'argomento, interessanti ricerche, le cui conclusioni hanno condotto a riconoscere che il rumore dovuto al rotolamento dei pneumatici sulla strada cresce con la velocità del veicolo e che lo stesso rumore, per la velocità dell'ordine di 50 km/h, rappresenta quello predominante fra i vari trasmessi all'ambiente esterno.

Negli Stati Uniti analoghe esperienze, svolte su autocarri, hanno portato alle stesse conclusioni.

Nel corso di tali sperimentazioni è stato anche accertato che:

- a parità di condizioni, il rumore, oltre ad aumentare con la velocità, cresce anche con l'aumentare dei carichi sui pneumatici;
- l'asfalto liscio, a parità di condizioni, determina livelli di rumore inferiori a quelli che si hanno per rotolamento sull'asfalto rugoso;
- i fenomeni sopra accennati si esaltano con l'usura dei pneumatici.

Il meccanismo con il quale si genera il rumore al contatto pneumatico strada è abbastanza semplice: le cavità dell'asfalto, o le cavità del

battistrada, al contatto dovuto al rotolamento, funzionano come ventose nelle quali resta imprigionata e compressa dell'aria.

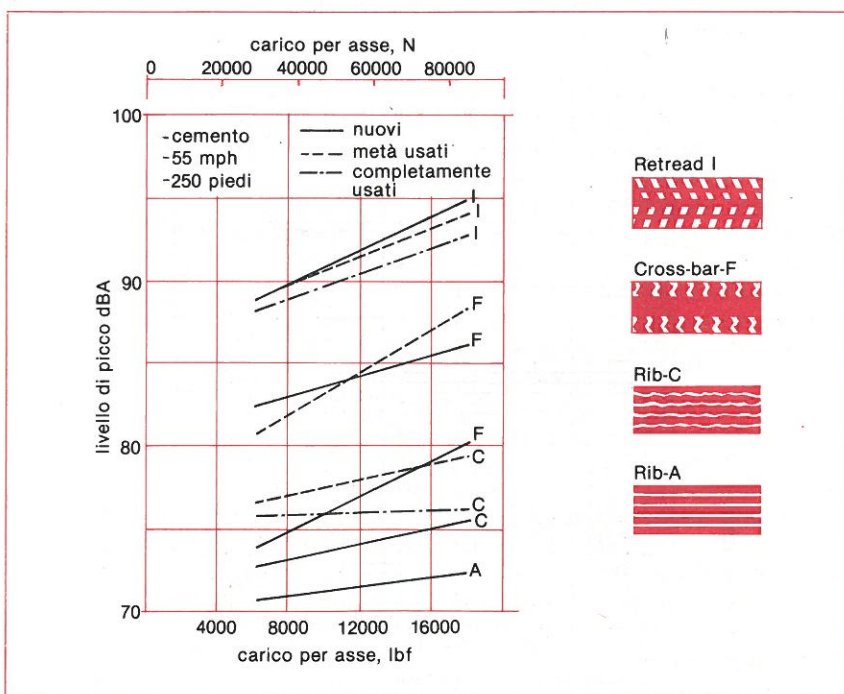
La stessa aria, al distacco del pneumatico dalla strada, si espande rapidamente provocando dei crepitii che, considerato il gran numero delle cavità esistenti sull'asfalto e sul battistrada, e considerata la velocità periferica delle ruote, si succedono così rapidamente da generare un rumore praticamente continuo.

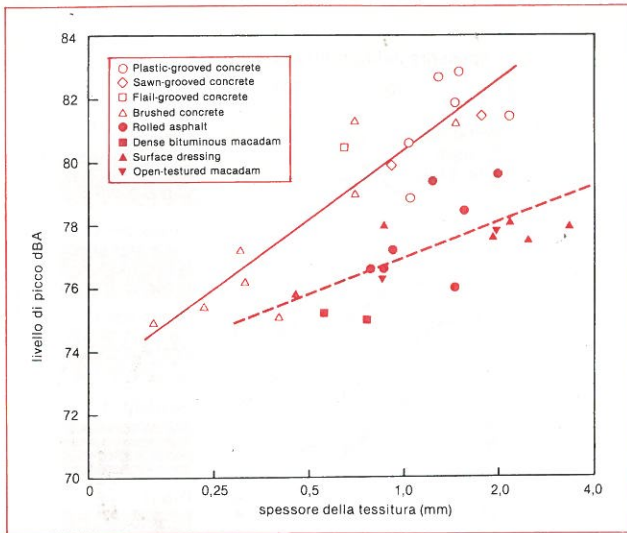
Vediamo ora l'effetto della velocità del veicolo (sia autoveicoli che camion) sui diversi tipi di pneumatici. Per le macchine, i pneumatici da neve sono i più rumorosi, seguiti alle alte velocità dai radiali.

Per i veicoli pesanti la figura 2 mostra il livello di rumore dei pneumatici in funzione della velocità, mentre la figura 3 mostra l'influenza del battistrada sui livelli sonori.

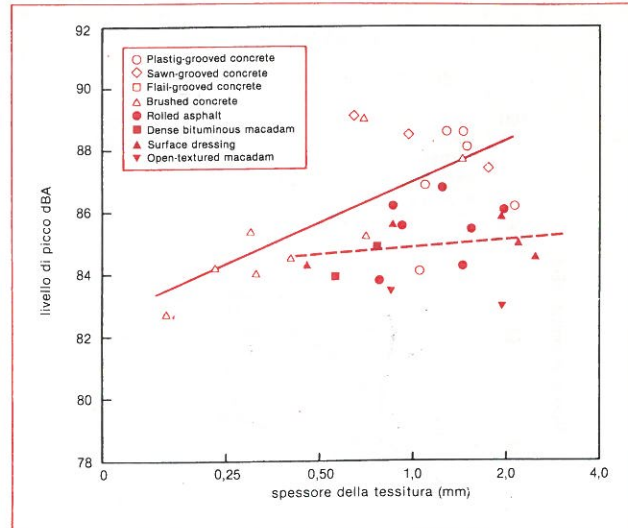
Sempre per i veicoli pesanti si veda l'influenza del carico per asse sul rumore dovuto ai pneumatici dove

4. Effetto sul carico per asse sul rumore dei pneumatici per i veicoli pesanti.





5. Relazione fra il livello di rumore di picco e lo spessore della tessitura per i veicoli leggeri.



6. Relazione fra i livelli di rumore di picco e lo spessore della tessitura per i veicoli pesanti.

quest'ultimi sono divisi in nuovi, metà usati e completamente usati (figura 4).

Per vedere l'influenza della natura della carreggiata sul rumore prodotto dal contatto pneumatico-strada si fa riferimento a grafici ricavati da studi americani (Department of the Environment) sia per i veicoli leggeri che pesanti: si vede come vari il livello sonoro per i diversi tipi di pavimentazione e tessitura.

Non si manifesta una grande dispersione di risultati fra i veicoli pesanti e autoveicoli, ma, sicuramente, le

pavimentazioni in cemento, e in particolare quelle con le scanalature, sono le più rumorose per tutte e due le categorie di veicoli.

#### Vettura come sorgente complessa di rumore

Eseguendo le prove su strada, le sole condizioni di marcia che offrono una sufficiente garanzia di ripetibilità sono:

- 1) velocità costante;
- 2) piena apertura della farfalla;

3) decelerazione con motore spento e cambio in folle.

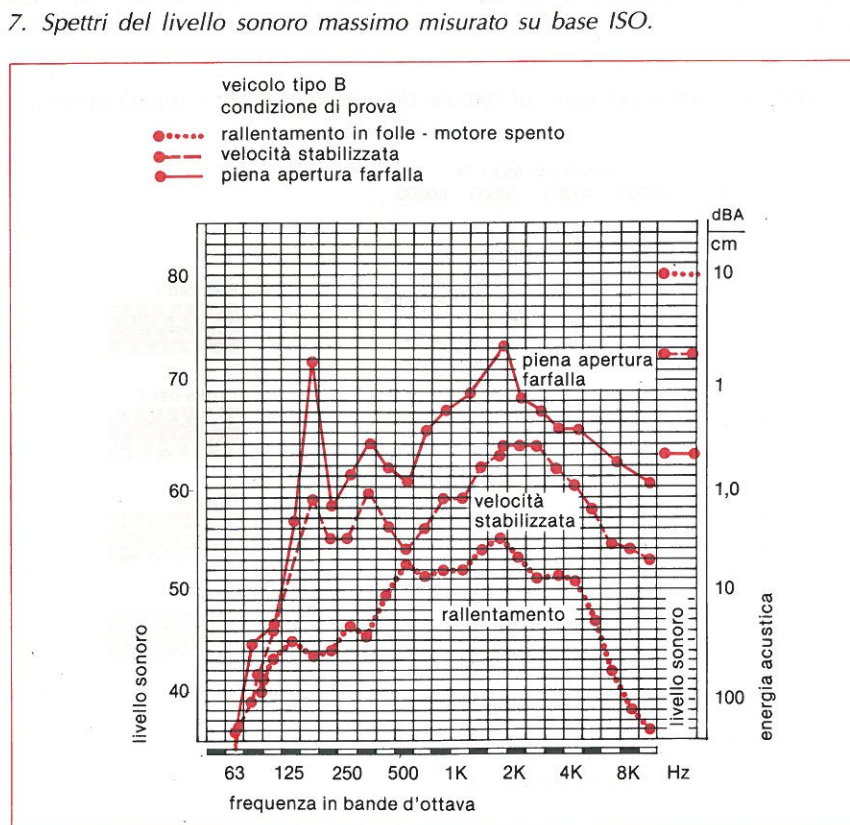
L'esperienza fatta su diverse vetture ha dimostrato che la marcia in accelerazione con farfalla solo parzialmente aperta è una condizione difficilmente riproducibile e pertanto non viene effettuata anche se essa permetterebbe di esplorare completamente tutto il campo di funzionamento del motore.

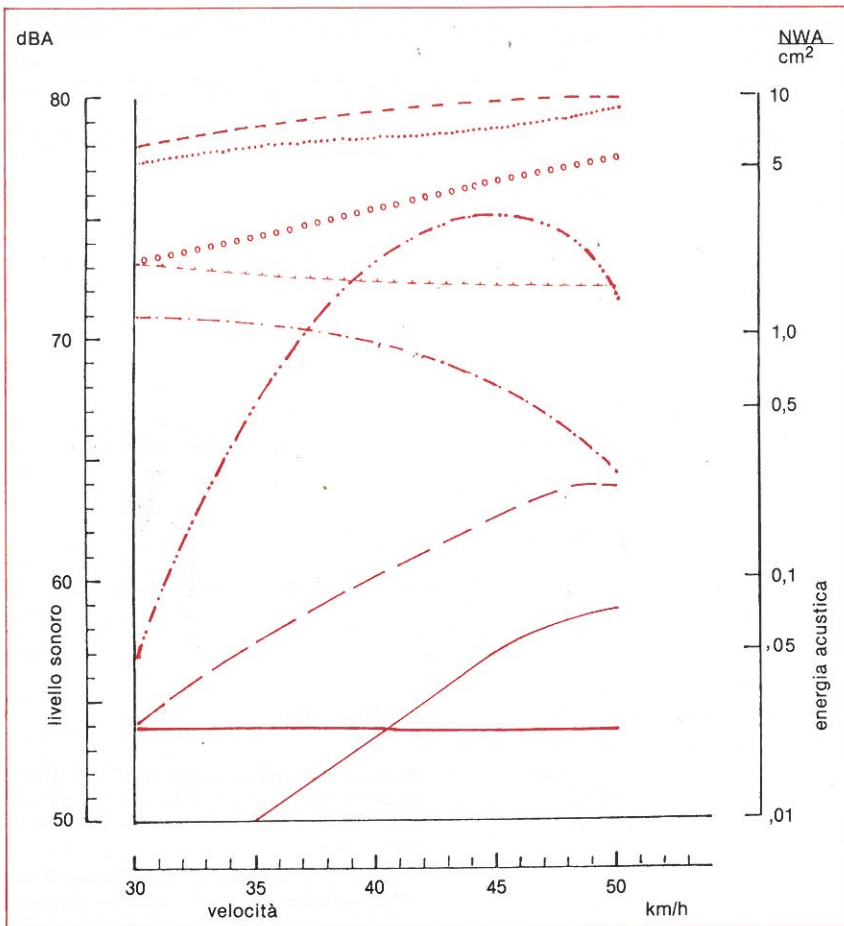
Mantenendo lo stesso rapporto del cambio durante il complesso di prove, c'è corrispondenza biunivoca fra velocità vettura e regime di rotazione del motore. È interessante osservare che il rumore emesso è crescente con il regime di rotazione del motore e con la potenza utilizzata, il gradiente varia da vettura a vettura e per la vettura in esame il rumore emesso aumenta di  $\approx 2 \div 4$  dB (A) per ogni aumento di 1000 giri/min e di  $\approx 15$  dB (A) passando dalla condizione di rilascio a quella di massima accelerazione.

Con l'analisi delle registrazioni si possono poi tracciare gli spettri del livello di rumore massimo registrato nelle stesse condizioni tipiche di utilizzazione della vettura, come riportato in figura 10.

È evidente come lo spettro dipenda dalle condizioni di prova; infatti ciascuna sorgente emette a frequenza ben definite e l'intensità dell'emissione dipende dall'eccitazione e quindi dalle condizioni di utilizzo del motore (regime di rotazione e potenza erogata).

Per quanto si riferisce alle sorgenti più importanti di rumore - che sono generalmente individuabili nelle vibrazioni emesse dal motore, e nel flusso dell'aria di alimentazione del

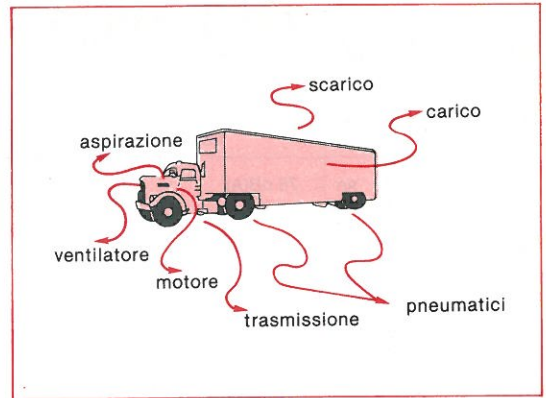
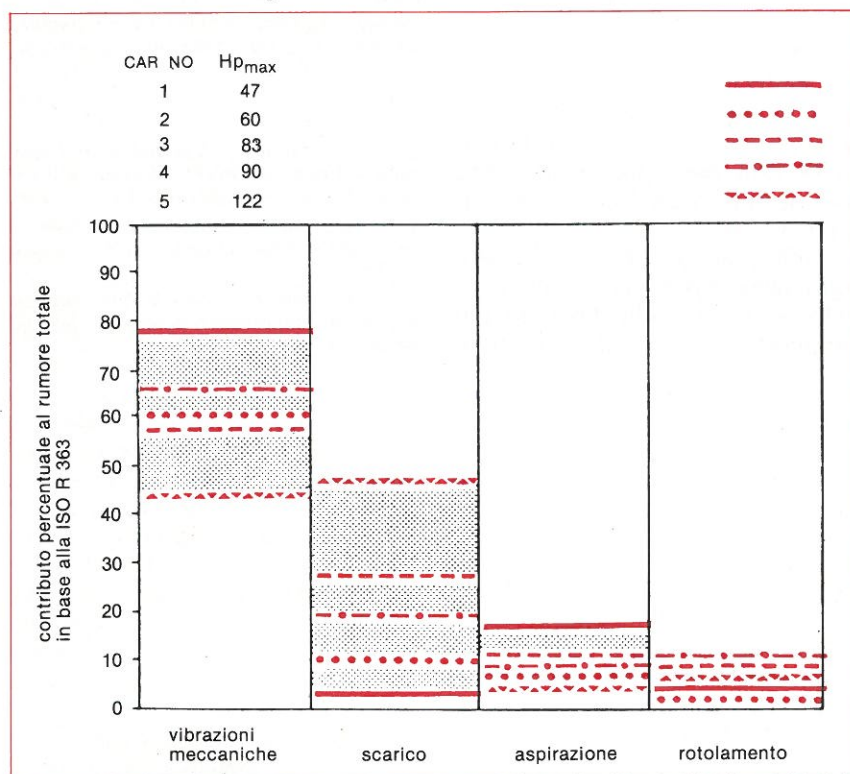




8. Livello sonoro massimo su base ISO. Condizione di prova: 2 marcia piena apertura farfalla.

Sorgenti di rumore: ..... tot. misurato; ————— tot. calcol.; - - - - - aspirazione; — · — · — scarico; — · — · — vibrazioni sistema di scarico; ○ ○ ○ ○ vibrazioni motore; — · — · — vibrazioni della trasmissione; ————— rumore di rotolamento; ————— rumore di fondo.

9. Valutazioni delle sorgenti di rumore.



10. Sorgenti di rumore di un veicolo pesante.

motore e dei gas di scarico – si hanno due campi caratteristici. Le basse frequenze sono soprattutto dovute al rumore di scarico e di aspirazione.

Le alte frequenze sono invece attribuibili alle vibrazioni del motore e delle parti meccaniche collegate al motore stesso.

Eseguendo rilievi di livello sonoro a velocità costante ed in piena accelerazione si ottengono curve del tipo di quelle visibili nella figura 11 relativa ad una prova a piena apertura della farfalla effettuata in 2ª marcia.

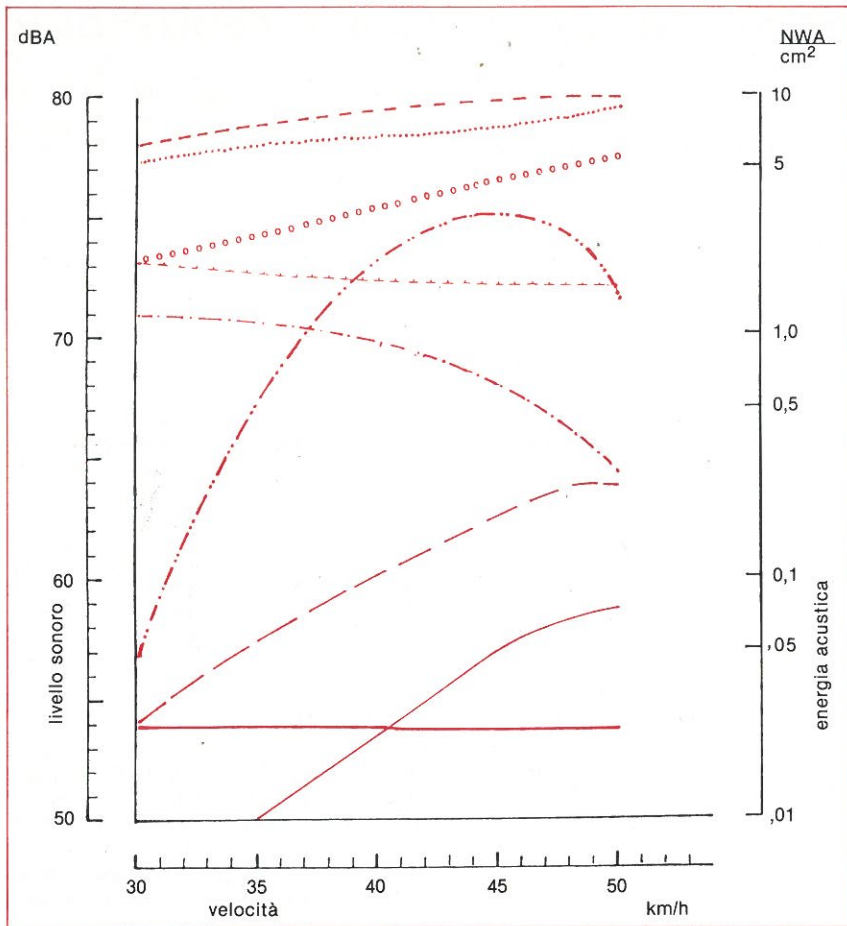
L'emissione delle varie sorgenti segue leggi differenti in funzione della velocità; e ciò significa che, a seconda dei regimi e delle potenze considerate, l'importanza relativa delle varie sorgenti varia ampiamente. Per una definita condizione di prova si possono identificare le percentuali di energia emessa dalle singole sorgenti.

Tali percentuali sono riportate nella tabella.

I risultati possono essere raccolti nel diagramma di figura 13 che riporta l'energia sonora emessa durante la prova eseguita secondo la norma ISO da ≈ 20 vetture europee di potenza comprese fra 22 e 110 kW. Si constata facilmente che la sorgente principale di rumore è il motore, sia per le vibrazioni proprie, sia per le vibrazioni degli organi ad esso collegati.

Senza entrare nel merito delle possibilità di riduzione è importante fare notare che la preponderanza della sorgente «motore» rispetto alle altre rende particolarmente difficile l'ottenimento di riduzioni importanti del livello di rumore emesso.

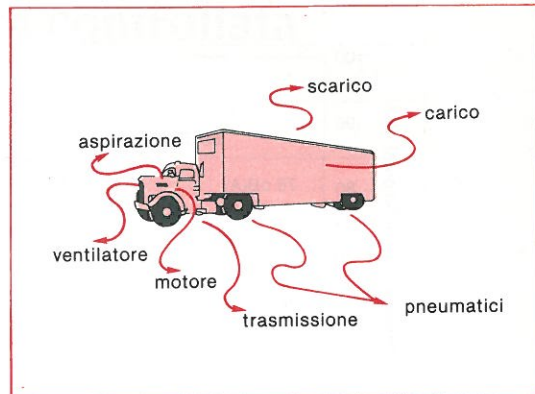
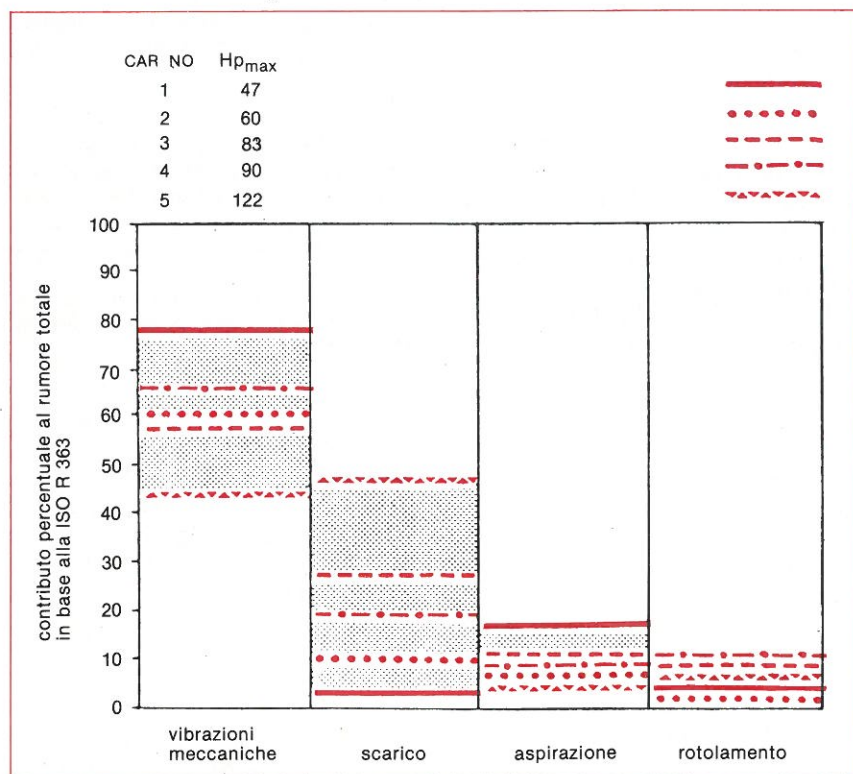
Questo perché sono sufficienti ampiezze di vibrazione piccolissime per generare livelli di rumore elevati.



8. Livello sonoro massimo su base ISO. Condizione di prova: 2 marcia piena apertura farfalla.

Sorgenti di rumore: ..... tot. misurato; ----- tot. calcol.; -.-.-.- aspirazione; - - - - - scarico; - - - - - vibrazioni sistema di scarico; ○○○○ vibrazioni motore; - - - - - vibrazioni della trasmissione; \_\_\_\_\_ rumore di rotolamento; \_\_\_\_\_ rumore di fondo.

9. Valutazioni delle sorgenti di rumore.



10. Sorgenti di rumore di un veicolo pesante.

motore e dei gas di scarico – si hanno due campi caratteristici. Le basse frequenze sono soprattutto dovute al rumore di scarico e di aspirazione.

Le alte frequenze sono invece attribuibili alle vibrazioni del motore e delle parti meccaniche collegate al motore stesso.

Eseguendo rilievi di livello sonoro a velocità costante ed in piena accelerazione si ottengono curve del tipo di quelle visibili nella figura 11 relativa ad una prova a piena apertura della farfalla effettuata in 2ª marcia.

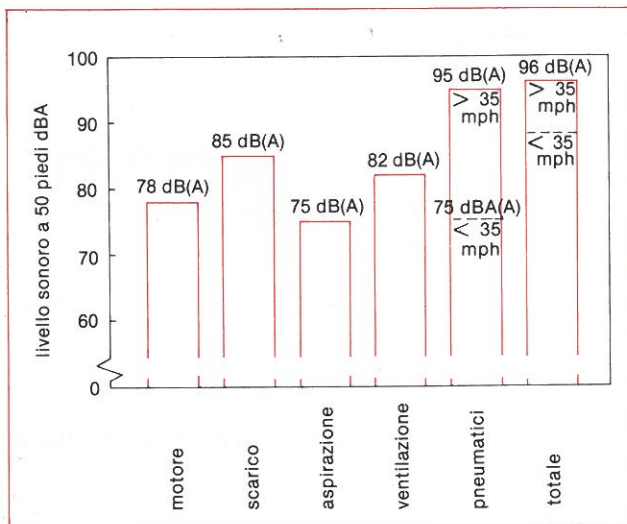
L'emissione delle varie sorgenti segue leggi differenti in funzione della velocità; e ciò significa che, a seconda dei regimi e delle potenze considerate, l'importanza relativa delle varie sorgenti varia ampiamente. Per una definita condizione di prova si possono identificare le percentuali di energia emessa dalle singole sorgenti.

Tali percentuali sono riportate nella tabella.

I risultati possono essere raccolti nel diagramma di figura 13 che riporta l'energia sonora emessa durante la prova eseguita secondo la norma ISO da ≈ 20 vetture europee di potenza comprese fra 22 e 110 kW. Si constata facilmente che la sorgente principale di rumore è il motore, sia per le vibrazioni proprie, sia per le vibrazioni degli organi ad esso collegati.

Senza entrare nel merito delle possibilità di riduzione è importante fare notare che la preponderanza della sorgente «motore» rispetto alle altre rende particolarmente difficile l'ottenimento di riduzioni importanti del livello di rumore emesso.

Questo perché sono sufficienti ampiezze di vibrazione piccolissime per generare livelli di rumore elevati.

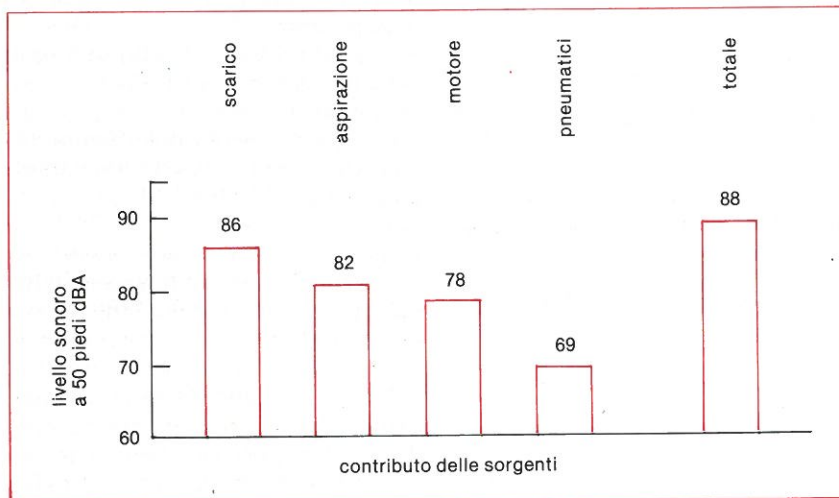


11. Percentuali di rumore di ogni singolo organo.

12. Percentuali di energia sonora emessa dalle singole sorgenti durante la prova ISO R362.

VEICOLO TIPO B						
SORGENTE	dBA	nWA cm <sup>2</sup>	% Tot. Calc.	dBA	nWA cm <sup>2</sup>	% Tot. Calc.
RUMORE DI FONDO	54,0	0,023	0,2			
VIBRAZIONE DELLA TRASMISSIONE	57,4	0,052	0,5			
RUMORE DI ROTOLAMENTO	63,2	0,197	1,8	71,2	1,254	11,6
EMISSIONE TUBAZ. DI SCARICO	64,6	0,271	2,5			
EMISSIONE SILENZIATORE	66,3	0,400	3,7			
SCARICO	65,2	0,311	2,9			
ASPIRAZIONE	73,0	1,875	17,4	76,2	3,880	36,0
VIBRAZ. SISTEMA DI SCARICO	73,3	2,005	18,6			
VIBRAZIONI MOTORE	77,8	5,660	52,4	77,8	5,660	52,4
TOTALE CALCOL.	80,6	10,794	100,0	80,6	10,794	100,0
TOTALE MISURATO	79,9	9,195				

13. Analisi del rumore prodotto dalle singole parti di un motociclo.



Per quel che riguarda i veicoli pesanti, la figura 10 sintetizza le varie sorgenti che provocano rumore e mostra i livelli sonori misurati a 15 metri di ciascuna di queste fonti.

Un livello sonoro di 85 dBA è attribuito al sistema di scarico, mentre il secondo organo che fa più rumore,

dopo lo scarico, è il ventilatore. È da tener presente che si raggiungono 96 dBA per i pneumatici solo, però, se la velocità raggiunta è di 60 km/h o oltre.

Si è analizzato anche il rumore prodotto dalle singole parti di un motociclo: si è visto che l'organo più rumoroso è sicuramente lo scarico.

## Bibliografia

Barducci I.: *Acustica Applicata*. E.S.A. 1981.  
Cosa M. Nicoli M.: *Valutazione e controllo del rumore e delle vibrazioni - USL.RM 1. ESA. 1984.*

Franklin R.E., Harland D.G., Nelson P.M.: *Road surfaces and traffic noise* - Department of the environment - TRRL 896, 1979.

Campolongo G.: *Sirene di veicoli di pronto intervento: efficienza e disturbo* - La Riv. della strada, n. 423 ottobre 1976.

Ministero LL.PP.: *Roads and the urban environment* - Quaderno n. 23, O.C.S.E. 1975.

Canale S., Ventura F.: *Traffico e degrado ambientale* - Autostrade - novembre 1984.

Paccani S.: *L'inquinamento da autoveicoli*. E.S.A.

Ministero trasporti ed Aviaz. Civ.: *Il rumore: disturbo e sicurezza nella circolazione Centro prove autoveicoli e dispositivi Roma*.

Porro R.: *La vettura come sorgente complessa di rumore* - A.T.A., aprile 1977.

Galotto C., Porro R.: *Automobile and road traffic* - Congresso Intern. «L'uomo e il rumore» Torino 7-10 giugno 1975.

Bruit de contact pneumatique chaussée - XVII Congrès Mondial de la Route - Sydney 1983.

Close W., Wesler J.: *Vehicle noise sources and noise - suppression potential* - Special Report T.R.B. n. 152.