

# Misurazioni fonometriche del rumore prodotto dal traffico stradale e dai veicoli

F.Gerola; L. Mattevi

*Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Provincia autonoma di Trento*

## INTRODUZIONE

Il problema dell'inquinamento da rumore nell'ambiente di vita negli ultimi anni sta interessando aree urbane sempre più vaste e porzioni di popolazione sempre maggiori a causa non solo dello sviluppo industriale, ma anche, e soprattutto, di una costante diffusione dei mezzi di trasporto terrestre e aereo. I suoi effetti lesivi, disturbanti o semplicemente fastidiosi, costituiscono ormai un elemento di grande rilievo nel definire le condizioni dello stato di qualità dell'ambiente in cui viviamo.

Preme evidenziare come il problema dell'inquinamento acustico sia stato spesso affrontato superficialmente, malgrado in Europa circa 130 milioni di individui siano esposti a livelli di rumore considerati inaccettabili, con il risultato che l'85% di costoro ne riceve danni non trascurabili e molteplici. Le principali cause di questo fenomeno sono, come già accennato, da imputare al notevole incremento dei veicoli, che nell'ultimo ventennio si sono circa triplicati. Pertanto, se non verranno adottate idonee prescrizioni per l'abbattimento del rumore prodotto dai veicoli a motore, in futuro dovremmo assistere a un inevitabile ulteriore peggioramento della situazione.

Per far fronte a questa crescente situazione di inquinamento ambientale, in ottemperanza a quanto previsto dalla Legge 26 ottobre 1995, n. 447 recante "Legge quadro sull'inquinamento acustico", sarà emanato uno specifico regolamento che definirà i limiti relativi all'inquinamento acustico prodotto dal traffico veicolare. A tutt'oggi con il D.M. 16 marzo 1998 recante "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" è stata definita la sola metodologia di misura.

Accanto agli strumenti legislativi nazionali, mirati al controllo, alla prevenzione e al contenimento del rumore generato dai flussi veicolari, la Comunità Economica Europea ha emanato una serie di disposizioni normative da attuare in sede di omologazione dei veicoli per l'immissione su mercato. Tali disposizioni sono finalizzate a una progressiva diminuzione dei livelli di rumorosità prodotti dai veicoli a motore.

## GRANDEZZE E UNITÀ DI MISURA

Il fenomeno acustico consiste in una perturbazione della pressione atmosferica di carattere oscillatorio che si propaga attraverso un mezzo elastico (gas, liquido o solido). Tali perturbazioni possono venir generate da vibrazioni meccaniche e/o turbolenze aerodinamiche. Le oscillazioni sono caratterizzate oltre che dalla loro ampiezza anche dalla loro rapidità o frequenza. Solo un campo definito di ampiezze e frequenze può diventare ciò che sperimentiamo come suono. Possiamo pertanto dire che una sorgente sonora è qualcosa che attraverso le vibrazioni meccaniche o la turbolenza dell'aria genera dell'energia acustica nel campo di frequenze e ampiezze udibili.

Una pressione sonora troppo elevata può causare danni all'udito, a livelli più moderati può essere sperimentata come suono o come rumore.

Per poter quantificare il tipo di risposta umana all'energia sonora in termini di sonorità, di disturbo e di rischio occorre misurare il livello della pressione sonora; questa è di per sé relativamente facile da misurare: le variazioni di pressione sul timpano, che vengono percepite

come suono, sono le stesse variazioni che agiscono sul diaframma del microfono di un fonometro (strumento impiegato per le misure dei livelli sonori) permettendone la misura.

L'orecchio umano è un organo sensibile a variazioni di pressione sonora comprese fra i 0,00002 Pascal (20 µPa) e 100 Pascal in una gamma di frequenze che va da 20Hz fino a 20.000Hz. La sensazione uditiva in un soggetto normoudente non è legata a una variazione lineare della pressione sonora, bensì da una relazione di tipo logaritmico; per tale motivo le grandezze acustiche vengono espresse in **decibel (dB)**. *Il deciBel non è un'unità di misura, ma un'unità di relazione logaritmica.* Più precisamente, il livello della pressione sonora, espresso in decibel (dB), è uguale a 10 volte il logaritmo in base dieci del rapporto al quadrato tra il valore della pressione misurato e il valore di riferimento (1). Il valore di riferimento, pari a 20 µPa, corrisponde al valore della pressione sonora minimo, percepibile da un individuo normoudente alla frequenza di 1000 Hz, ovvero 0 dB.

$$L_p = 10 \log \left( \frac{p}{p_o} \right)^2 \text{ dB re } 20 \mu Pa$$

(1) Livello di pressione sonora in dB

Tuttavia come abbiamo già accennato non è sufficiente considerare il livello della pressione sonora, in quanto il nostro apparato uditivo presenta una diversa sensibilità ai suoni caratterizzati da una diversa composizione in frequenza: ossia ha una sensibilità maggiore alle alte frequenze e una minore alle basse frequenze. Nella tecnica fonometrica si usa perciò un filtro che simula tale risposta. Tale filtro viene indicato come curva di ponderazione "A".

La curva di ponderazione "A" è stata ottenuta a seguito di alcune indagini condotte su differenti gruppi di popolazione, distinti per età e sesso, che hanno portato all'individuazione delle "proprietà medie" dell'orecchio; in particolare, la curva "A" approssima l'inverso della isofonica a 40 phon (il phon è l'unità di misura del livello di intensità soggettiva del suono). Nella Fig.1 viene riportata la famiglia di curve isofoniche normalizzate dalla ISO 226.

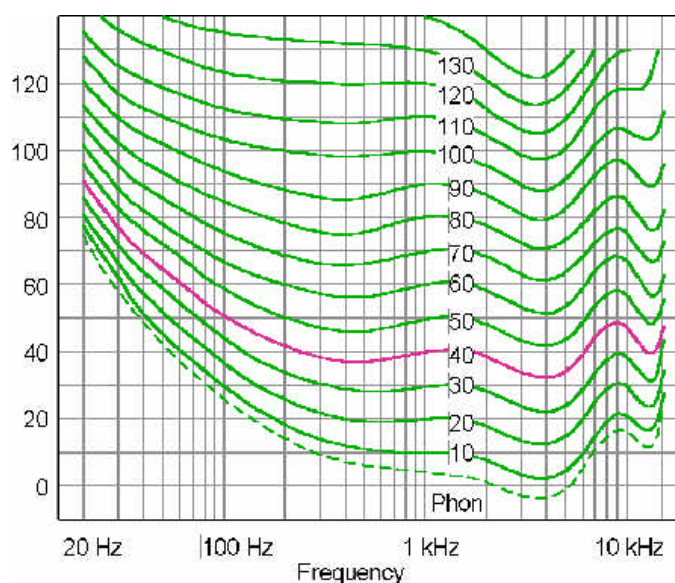


Fig. 1 - Curve isofoniche normalizzate dalla ISO 226

Per simulare la velocità di risposta del nostro udito viene usato un processo di media temporale indicato come costante di tempo "Fast". Misure eseguite con la curva di ponderazione "A" e costante di tempo "Fast" ( $L_{AF}$ ) consentono di riprodurre con buona approssimazione l'esperienza sonora dei ricettori (coloro che sperimentano i suoni o i rumori).

Per poter ricavare l'energia sonora complessivamente assorbita e quindi poter determinare il potenziale nocivo o disturbante di un ambiente sonoro, occorre considerare nella misura sia il livello sonoro che la durata della esposizione. Viene perciò usato l'algoritmo del **livello continuo equivalente** di rumore ponderato secondo la curva "A" ( $L_{Aeq,T}$ ), definito dalle seguente relazione (2):

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right]$$

(2) Livello continuo equivalente

dove ( $t_2 - t_1$ ) è l'intervallo di tempo di misura,  $p_A(t)$  è la pressione sonora istantanea ponderata secondo la curva "A" e  $p_0$  è la pressione sonora di riferimento pari a 20  $\mu$ Pascal.

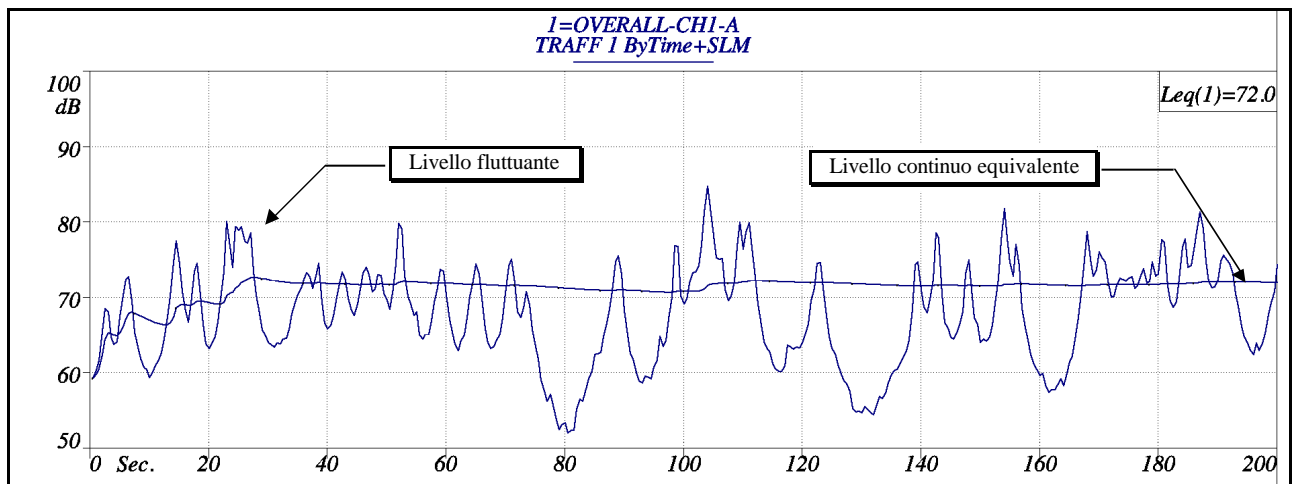


Fig. 2 - Livello continuo equivalente

## EVOLUZIONE DEI LIVELLI SONORI PRODOTTI DA ALCUNE SORGENTI URBANE

Nei diagrammi delle figure di seguito riportate viene dimostrata l'evoluzione dei livelli sonori ( $L_{AF}$ ), ovvero di misure eseguite con la curva di ponderazione "A" e la risposta temporale "Fast". Tali diagrammi si riferiscono al transito di alcuni tipi di veicoli che comunemente vediamo circolare sulle strade delle nostre città. La misura così ottenuta consente di ricostruire con una buona fedeltà l'esperienza uditiva.

Nel leggere tali diagrammi dobbiamo tenere conto del fatto che 1.0 dB(A)F corrisponde alla minima fluttuazione dei livelli sonori avvertibile come fluttuazione della sonorità, e che un incremento di 10 dB(A)F corrisponde a un raddoppio della sensazione sonora; rispettivamente un decremento di 10 dB(A)F corrisponde ad un dimezzamento della sensazione sonora.

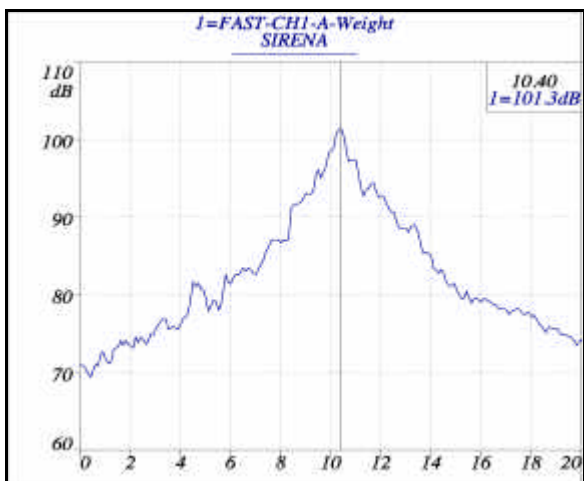


Fig. 3 - Profilo sono del passaggio di una sirena

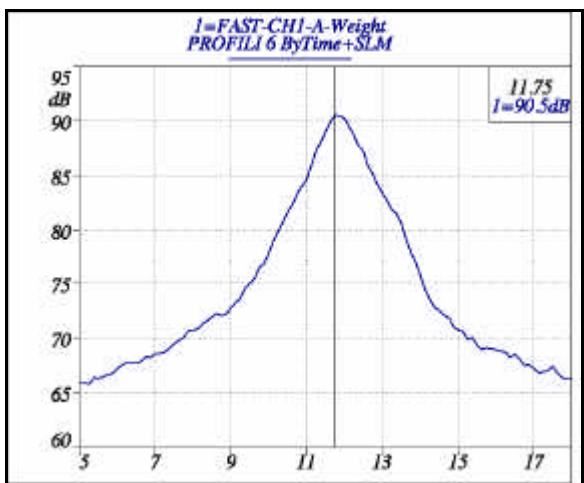


Fig. 4 - Profilo sonoro del passaggio di un autobus

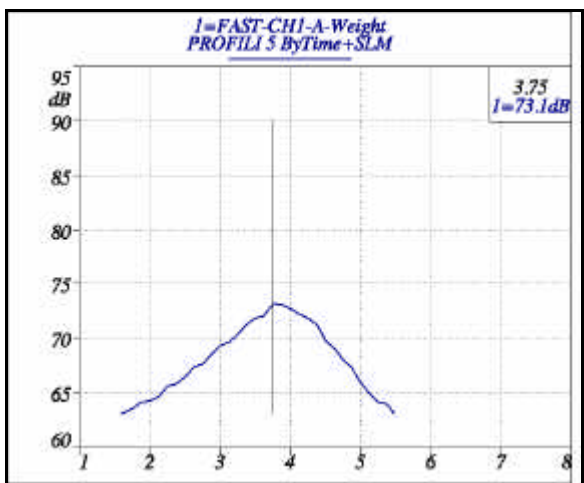


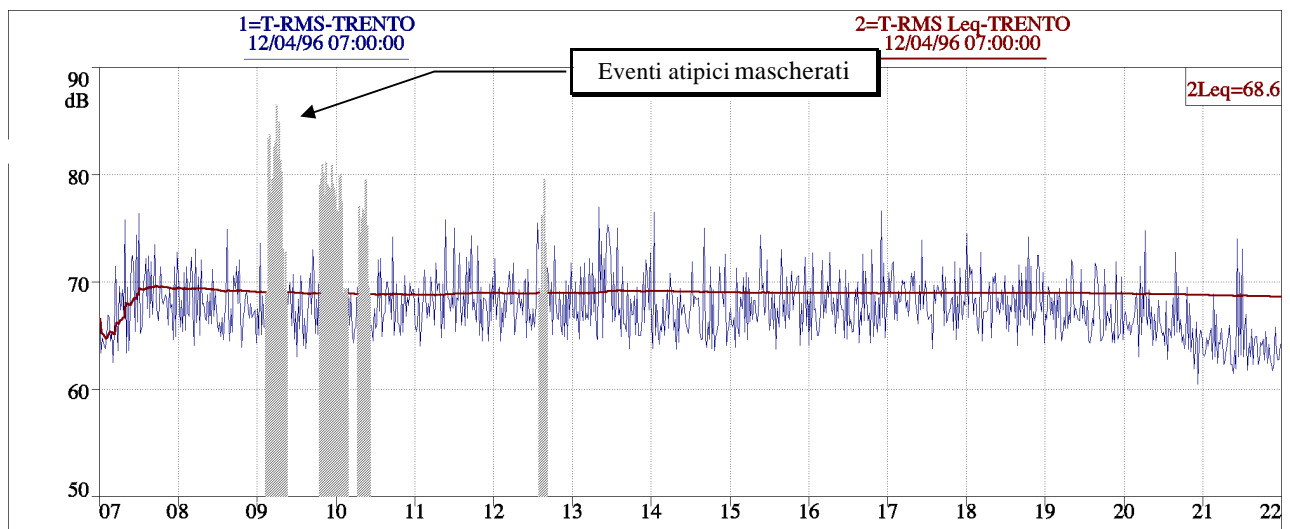
Fig. 5 - Profilo sonoro del transito di un'automobile



Considerando, quindi, che i livelli indicati nei diagrammi corrispondono a un effettivo sviluppo della nostra esperienza sonora nella misura indicata nelle righe precedenti, ne consegue

che le misure eseguite con l'uso del dB(A) "Fast" consentono di riconoscere, con una buona approssimazione, dall'evoluzione temporale della misura, la natura della sorgente. Tale affermazione trova il suo limite nelle sorgenti a carattere temporale stazionario-continuo (es. impianto di aspirazione) e stazionario-fluttuante (es. il parlato dell'audio televisivo, impianto di condizionamento). Trova invece il massimo della accuratezza nella dimostrazione di sorgenti mobili ad alto contenuto di energia sonora.

Quest'ultimo aspetto risulta particolarmente importante, soprattutto quando dobbiamo depurare dal  $L_{Aeq,T}$  il contributo di singole sorgenti sonore non pertinenti con il fenomeno analizzato; ad esempio, nel caso specifico del rumore da TAU (traffico autoveicolare urbano), è possibile eliminare il contributo di sorvoli aerei, sirene, lavori stradali, manutenzione impianti pubblici ed altro (vedi Fig. 6).



**Fig. 6** - Eliminazione nel periodo diurno del contributo di eventi non pertinenti con il rumore da TAU. Il valore del  $L_{Aeq,7-22}$  prima della depurazione era di 70.6 dB(A), dopo la depurazione è risultato pari a 68.6 dB(A)

## LA MISURA DEI LIVELLI SONORI EQUIVALENTI

Per una sorgente a carattere temporale stazionario-continuo il risultato della misura in  $L_{AF}$  darà lo stesso risultato della misura in  $L_{Aeq,T}$ , diversamente per una sorgente a carattere stazionario-fluttuante o stazionario-periodico il risultato della misura in  $L_{AF}$  presenterà una serie di valori diversi, rendendo difficile il confronto fra sorgenti diverse; motivo per cui per ottenere un unico valore si ricorre alla misura in  $L_{Aeq,T}$ .

Affinché il valore di  $L_{Aeq,T}$  sia utilizzabile per confronti fra vari tipi di sorgenti o, su una stessa sorgente, serva per dimostrare la variazione di sonorità (es. dopo intervento di bonifica), diventa importante la scelta del tempo di misura (T).

Le misure di monitoraggio del rumore da TAU hanno lo scopo di fornire dei valori di riferimento per controllare nel tempo la bontà del complesso delle azioni di bonifica rivolte a questo tipo di sorgente.

Per comprendere l'entità delle variazioni di  $L_{Aeq,T}$  da TAU che realisticamente ci possiamo aspettare dobbiamo considerare i seguenti fattori:

1. eventuali variazioni importanti dei flussi di TAU (es. giornata lavorativa e festiva) portano delle variazioni di  $L_{Aeq,07-22}$  (livello sonoro equivalente misurato dalle ore 07.00 alle ore 22.00) dell'ordine dei 2.0 - 3.0 dB(A);



2. il progressivo abbassamento del limite massimo di rumorosità ammesso per gli autoveicoli dalle norme di omologazione CEE produrrà un abbattimento del rumore prodotto dal parco veicoli effettivamente circolante di circa 2.0 dB(A)/decennio;
3. l'unico provvedimento capace di produrre variazioni di  $L_{Aeq}$  diurno, dell'ordine dei 3.0 - 9.0 dB(A) consiste, in alcuni casi, nella eliminazione dei mezzi pesanti e dei mezzi pubblici obsoleti.

Di fronte a variazioni di questo ordine di grandezza, nell'impostare la tecnica di monitoraggio bisogna rispondere alla domanda: in quale misura possiamo prendere come riferimento i risultati delle misure di monitoraggio? La risposta a tale domanda sta nella scelta dei tempi di misura. Ad esempio un approccio di misura basato su di un tempo limitato (15-60 minuti) che fornisca un giorno 70 dB(A) e il giorno successivo, a condizioni di traffico complessivamente invariate, 65 dB(A) non può essere considerato un metodo affidabile in quanto, come abbiamo già premesso, l'affidabilità del risultato dipende, in prima analisi, dal tempo di misura.

Chiamiamo indipendenza statistica la capacità di un metodo di misura di fornire risultati proiettabili nel tempo, ovvero ripetibili in tempi diversi, a condizioni generali invariate.

Prima di definire cosa sia una misura statisticamente indipendente dobbiamo considerare l'entità dell'errore di precisione, ovvero di quella variazione dei risultati delle misure dovuta, non tanto alla variabilità delle sorgenti, quanto alla instabilità intrinseca dello strumento di misura stesso. Per un misuratore di livello sonoro classe 1 (I.E.C. 651 e 804) tale errore di precisione è pari a  $\pm 0.3$  dB. Misure statisticamente dipendenti, a causa di una scelta inopportuna del tempo di misura, dimostreranno variazioni maggiori di  $\pm 0.3$  dB.

A tal proposito, dalle Tab. 1 e 2, si può osservare come misure di 15 minuti o di un'ora, eseguite nel medesimo arco temporale ma in giornate diverse, siano di fatto inaffidabili, specie se riferite al periodo notturno, a causa dell'ampia oscillazione fra i valori minimi e massimi.

Misure eseguite con un tempo di misura uguale al periodo diurno (7.00 - 22.00) hanno evidenziato uno scarto di 0,4 dB(A) (prossimo all'errore di precisione), mentre quelle eseguite con un tempo di misura uguale al periodo notturno (22.00-7.00) dimostrano uno scarto pari a 1,7 dB(A). Si può quindi osservare che, per il carattere del rumore da TAU notturno, le otto ore del periodo notturno non sono un tempo di misura sufficiente a fornire un dato statisticamente indipendente. È interessante a tal scopo confrontare i valori medi settimanali dei  $L_{Aeq}$  notturni dai quali si osserva uno scarto di 0,4 dB(A) (vedi Tab. 3).

Giorni	$L_{Aeq,10.00-10.15}$	$L_{Aeq,10.00-11.00}$	$L_{Aeq,07.00-22.00}$
Lunedì	71,0	69,9	69,2
Martedì	69,5	68,9	69,1
Mercoledì	71,7	69,9	69,1
Giovedì	70,9	69,3	69,2
Venerdì	70,5	69,7	69,5
<b>Lmax-Lmin</b>	<b>2,2</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>

**Tab. 1 - Livelli diurni**

Giorni	$L_{Aeq,03.00-03.15}$	$L_{Aeq,03.00-04.00}$	$L_{Aeq,22.00-07.00}$
Lunedì	54,6	56,8	62
Martedì	46	50	62
Mercoledì	51,1	51,5	61
Giovedì	54,9	56,2	62
Venerdì	47,3	50,2	62,7
<b>Lmax-Lmin</b>	<b>8,9</b>	<b>6,8</b>	<b>1,7</b>

**Tab. 2** - Livelli notturni

Settimana	$L_{Aeq,7.00-22.00}$	$L_{Aeq,22.00-7.00}$
1 <sup>a</sup>	69,2	62
2 <sup>a</sup>	69,3	62,2
3 <sup>a</sup>	69,3	62,4
4 <sup>a</sup>	69,5	62,2
<b>Lmax-Lmin</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>

**Tab. 3** - Livelli diurni e notturni settimanali

Va inoltre considerato che, come da riferimenti della letteratura del settore, la dipendenza statistica delle misure aumenta al diminuire dei livelli sonori. Questa instabilità dei risultati delle misure è dovuta al transito occasionale di sorgenti ad alto contenuto di energia sonora del tipo moto di grossa cilindrata, sirene di ambulanze, polizia, carabinieri e pompieri.

Per migliorare la qualità statistica dei risultati sarà necessario riconoscere ed eliminare questi eventi, dal risultato della misura, in sede di post-elaborazione.

Al riguardo merita qui essere ricordato lo studio sull'influenza del tempo di misura da TAU e sull'indipendenza statistica delle misure, condotto nell'anno 1992-1993 da G.Brambilla e L.Cipelletti.

## LE SORGENTI DI RUMORE NELLE CITTÀ

Negli ultimi decenni il disturbo causato dal rumore nelle aree urbane è gradualmente aumentato. Sinteticamente si può dire che tale fenomeno si è manifestato in due fasi; nella prima fase è stato rilevato un incremento dei livelli di rumorosità, nella seconda si è, invece, assistito a una estensione delle aree "inquinata" a fronte di una sempre maggiore espansione edilizia.

Il rumore urbano è, in realtà, il risultato del contributo di molteplici sorgenti che possono essere così distinte:

1. traffico veicolare;
2. traffico aereo;
3. traffico ferroviario;
4. attività artigianali;
5. attività industriali;
6. attività commerciali;
7. attività temporanee (cantieri, concerti, ecc.);
8. attività ricreative.

Come già sottolineato, il tipo di rumore che coinvolge la maggior parte della popolazione europea è il rumore da traffico autoveicolare urbano. Il rumore da TAU è causato da *veicoli pesanti* (camion, autotreni, autobus e in generale veicoli con peso complessivo superiore a 35 quintali), *veicoli leggeri* (automobili, furgoni e in generale veicoli con peso complessivo inferiore a 35 quintali) e *motocicli*.

La rumorosità prodotta dai veicoli ha origine da diverse componenti, in particolare: *motore*, *resistenza dell'aria*, *rotolamento dei pneumatici*, *motorizzazioni accessorie* (impianto di condizionamento, ventola del radiatore, ecc.), nonché l'*azionamento dei freni*.

Il *motore* è sede di compressioni, scoppi e decompressioni che producono una quantità di rumore in funzione diretta del numero di giri.

Il *rotolamento dei pneumatici* sull'asfalto è fonte di rumore a seguito dell'intrappolamento e successivo rilascio di aria dalle cavità, nonché di vibrazioni sulla carrozzeria.

Il rumore derivante dalla *resistenza dell'aria* si rileva in genere solo a velocità superiore a 200 Km/h, quindi in un campo estraneo al normale flusso del traffico stradale urbano.

Infine *l'azione dei freni* che si manifesta attraverso lo sfregamento fra ferodo e disco; se la pressione fra i due elementi è elevata si può provocare il trascinarsi del pneumatico sull'asfalto; l'azione combinata dei due fenomeni è causa di elevati livelli di rumorosità.

Il rumore prodotto dal motore degli autoveicoli risulta, alle basse velocità, superiore a quello prodotto dal rotolamento dei pneumatici sull'asfalto. Mano a mano poi che la velocità cresce la rumorosità di rotolamento si fa più intensa fino a prevalere su quella prodotta dal motore. Diversamente, per quanto riguarda i mezzi pesanti, la componente motore predomina sempre sulla componente pneumatici.

Va inoltre considerato quel particolare aspetto del rumore urbano costituito dal suono delle sirene che informano dell'attività di vari servizi di pubblica utilità (ambulanze, polizia, carabinieri e pompieri). Il suono della sirena non può essere considerato rumore, in quanto è un segnale di attenzione che garantisce la sicurezza degli utenti della strada, legato a eventi che devono avvenire ad alta velocità all'interno del TAU. I livelli sonori generati dal transito di una sirena sono sempre dell'ordine dei 100/106 dB(A)<sub>Fmax</sub> e hanno quindi il potere di alterare significativamente e in maniera casuale il valore di  $L_{Aeq,T}$ . Per questo motivo andrebbero sempre eliminati, in fase di post-elaborazione, dal risultato di  $L_{Aeq,T}$ . Abbiamo detto andrebbero, perché nella nostra esperienza, orientativamente, sono ininfluenti per  $L_{Aeq,T}$  dell'ordine dei 70 dB(A) o più e diventano influenti per valori inferiori.

In generale, se si cura l'eliminazione dalla misura l'influenza di eventi casuali ad alto contenuto energetico, si osserva una stretta relazione tra il valore di livello equivalente rilevato ed il numero di veicoli (pesanti e leggeri) transitanti lungo un tratto stradale.

## **METODOLOGIA DI MISURA**

### *Tecnica di rilevamento del rumore prodotto dai singoli veicoli*

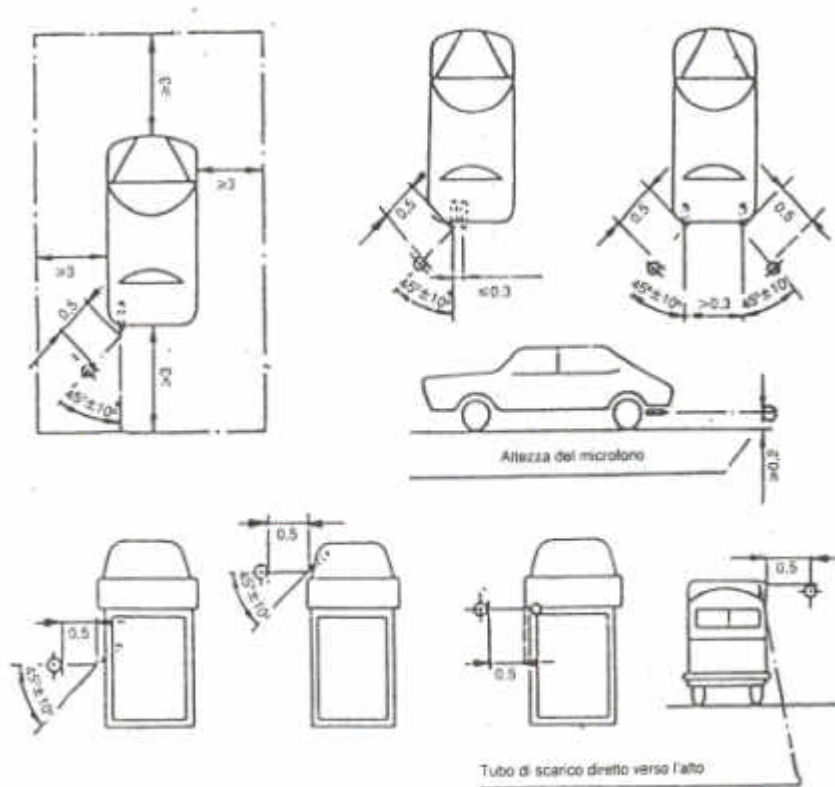
Le normative comunitarie oltre ad indicare i criteri e le metodologie per l'omologazione dei veicoli prevedono anche delle verifiche semplificate per il controllo periodico e occasionale della rumorosità da essi prodotta. In particolare le modalità per il rilevamento della rumorosità a veicolo fermo sono stabilite dalla direttiva CEE 92/97 del Consiglio del 10 novembre 1992 e sono di seguito riportate.

- Come terreno di prova può essere usata qualsiasi zona libera da forti disturbi acustici. Particolarmente idonee sono le zone piane, rivestite di cemento, asfalto o altro materiale duro che siano altamente riflettenti; sono da evitare le piste in terra battuta. Il terreno di prova deve avere la forma di un rettangolo i cui lati siano lontani almeno 3 metri dai punti più esterni del veicolo. All'interno di detto rettangolo non devono trovarsi grossi ostacoli,



per esempio una persona diversa dall'osservatore o dal conducente. Il veicolo è disposto all'interno del suddetto rettangolo in modo tale che il microfono disti almeno 1 metro da eventuali cordoni di pietra.

- Il microfono deve essere collocato all'altezza dell'orifizio di uscita del tubo di scarico, ma comunque a non meno di 0,2 metri dalla superficie della pista. Deve essere orientato verso l'apertura di scarico del gas ad una distanza di 0,5 metri da detto orifizio. L'asse di sensibilità massima del microfono deve essere parallelo alla superficie della pista e formare un angolo di  $45 \pm 10^\circ$  rispetto al piano verticale in cui si trova la direzione di uscita dei gas di scarico. Rispetto a detto piano verticale il microfono deve essere collocato dal lato in cui si ottiene la massima distanza tra il microfono e il profilo del veicolo. Per i veicoli muniti di scarico verticale il microfono deve essere disposto all'altezza dell'orifizio di scarico, essere orientato verso l'alto e con asse verticale. Esso deve essere disposto alla distanza di 0,5 metri dalla parete laterale del veicolo più vicina all'orifizio di scarico (vedi Fig. 6).
- Deve essere impiegato un fonometro di precisione conforme con le norme della pubblicazione n. 179 "Fonometri di precisione", seconda edizione, della Commissione elettrotecnica internazionale (CEI). Le misurazioni devono essere eseguite con la risposta "veloce" (costante di tempo FAST) nonché con la curva di ponderazione "A".
- Il regime del motore è determinato con un contagiri esterno al veicolo, con tolleranza di  $\pm 3\%$ . Inoltre il motore del veicolo deve essere portato alla temperatura di normale funzionamento. Se il veicolo è munito di ventilatori a comando automatico, non si deve intervenire su questo dispositivo durante la misurazione del livello sonoro. Il motore deve funzionare costantemente a  $3/4$  del regime (S) al quale esso sviluppa la sua potenza massima. Appena stabilizzato il regime, l'acceleratore deve essere rilasciato. Il livello sonoro deve essere misurato per un breve periodo a regime stabilizzato e per tutta la durata della decelerazione, prendendo come risultato valido l'indicazione del livello sonoro massimo (LAFmax) arrotondato al decibel più vicino. Devono essere eseguite almeno tre misurazioni, si devono considerare solo quelle che differiscono fra di loro al massimo di 2 dB(A). Il valore preso in considerazione è il valore più elevato fra i tre misurati.
- Le indicazioni dello strumento di misura dovute al rumore di fondo e al vento devono essere inferiori di almeno 10 dB(A) al livello sonoro da misurare.



**Fig. 6** -Terreno di prova e posizioni del microfono per la misurazione a veicolo fermo (distanze in metri)

Il risultato della misura secondo quanto stabilito dall'articolo 233, lettera e) del D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 recante "Regolamento del codice della strada" non deve superare il valore di controllo stabilito in sede di approvazione o di omologazione.

### *Tecnica di rilevamento del rumore prodotto dal traffico stradale*

Le modalità di misura, la posizione del microfono e i parametri di acquisizione sono legati alla natura e allo scopo dell'indagine, ovvero *verificare le variazioni di rumorosità del TAU o verificare i livelli sonori in prossimità di comunità disturbate.*

Nel primo caso la posizione del microfono, per tratti omogenei di strada, risulta ininfluenza, in quanto variazioni di rumorosità in un punto si riflettono, in eguale misura, anche su tutti gli altri punti della stessa strada; differenze di 1 dB(A) in un punto corrisponderanno a differenze di 1 dB(A) in qualsiasi altro punto. In particolare la distanza del microfono dalla sede stradale e l'altezza da suolo dovrà essere mantenuta costante per garantire il confronto dei dati rilevati. Normalmente le misure sono eseguite a bordo strada ad un'altezza di circa 1,5 metri dal suolo, ma è preferibile sia di 4 metri per svincolarsi dall'influenza delle eventuali riflessioni sonore indotte dal fondo stradale.

Nel secondo caso il microfono dovrà, invece, essere posizionato in un luogo rappresentativo dell'energia sonora cui sono esposti i disturbati. Pertanto, secondo le indicazioni fornite dal D.M. 16 marzo 1998, il microfono deve essere posto ad una distanza di 1 metro dalle facciate degli edifici esposti ai livelli di rumore più elevati e la quota da terra del punto di misura deve essere pari a 4 metri. In assenza di edifici, il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata dai ricettori sensibili. La misura del rumore deve essere eseguita per un tempo di misura non inferiore alla settimana. In tale periodo deve essere rilevato il livello continuo equivalente ponderato "A" per ogni ora su tutto l'arco delle ventiquattro ore: dai singoli dati di livello equivalente ponderato "A" ottenuti si calcolano:

1. per ogni giorno della settimana i livelli equivalenti diurni e notturni;
2. i valori medi settimanali diurni e notturni.

## LA STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO

Viene definito monitoraggio un metodo di misura che, basandosi su tempi di rilevamento molto lunghi, consente di avere una visione complessiva dell'energia sonora presente nel luogo indagato (come richiesto dal D.M. 16 marzo 1998). Il monitoraggio deve essere eseguito con apposita strumentazione, che può essere così classificata:

- **STAZIONE MOBILE:** è costituita da apparecchiature dotate di una quantità di memoria sufficiente a memorizzare i dati del monitoraggio acustico per più giorni, operando periodicamente lo scarico degli stessi manualmente o mediante l'ausilio di telefoni cellulari o trasmettitori radio. Tali stazioni prevedono l'utilizzo di microfoni per esterni semplificati e di un sistema di alimentazione autonomo (batterie) che consente il funzionamento senza il collegamento alla rete elettrica. Gli strumenti vengono normalmente collocati all'interno di mezzi mobili, appositamente allestiti, o in idonee valigie, per essere impiegati in monitoraggi di breve e media durata (una o più settimane);
- **STAZIONE SEMIPERMANENTE:** le apparecchiature impiegate hanno caratteristiche analoghe a quelle della stazione mobile, con la sola variante di prevederne un'installazione non stabile in siti preventivamente attrezzati allo scopo (allacciamento rete elettrica e telefonica). Vengono utilizzate in monitoraggi di media e lunga durata (alcuni mesi);
- **STAZIONE PERMANENTE:** è costituita da una cabina per esterni e da apposite apparecchiature collegate permanentemente con la centrale tramite linee telefoniche o trasmettitori radio. Questa stazione necessita dell'allacciamento alla rete elettrica per la climatizzazione dell'ambiente ove sono collocati gli strumenti di misura, nonché di apposite strutture di installazione (palo per il sostegno del microfono, fondazione o basamento in cemento). E' evidentemente impiegata per monitoraggi a lungo termine.

## ANALISI DEI DATI DEL MONITORAGGIO SUL LUNGO PERIODO

In assenza dei limiti massimi di immissione per le infrastrutture stradali, di seguito vengono riportate alcune considerazioni di carattere generale relative all'acquisizione dei livelli di rumorosità orari rilevati nel corso di un intero anno di monitoraggio. In particolare, analizzando le variazioni dei livelli giornalieri su base mensile è possibile evidenziare le differenze di rumorosità tra i giorni di sabato e di domenica con i giorni lavorativi.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i livelli  $L_d$  e  $L_n$  mensili ricavati come livelli medi giornalieri distinti in *giorni lavorativi*, *giorni prefestivi* e *giorni festivi*.

Esaminando i dati rilevati si osserva che il valore diurno del sabato è, mediamente, 1,1 dB(A) inferiore a quello registrato nei giorni lavorativi, mentre quello della domenica è, mediamente, inferiore di 3,2 dB(A).

Per quanto riguarda invece il periodo notturno, il valore di rumorosità del sabato e della domenica risultano rispettivamente superiore di 0,4 dB(A) e inferiore di 1,1 dB(A) rispetto a quelli registrati nei giorni lavorativi.

Mese	Ld <sub>7,22</sub> dB(A)			differenze		Ln <sub>22,7</sub> dB(A)			differenze	
	lavorativi	sabato	domenica	lav.-sab.	lav. - dom.	lavorativi	sabato	domenica	lav.-sab.	lav. - dom.
gennaio	69,4	68,8	66,7	0,6	2,7	62,2	63,8	61,1	-1,6	1,1
febbraio	69,3	68,8	66,4	0,5	2,9	62,3	63,5	60,8	-1,2	1,5
marzo	69,3	68,9	66,6	0,4	2,7	62,1	63,3	60,7	-1,2	1,4
aprile	68,9	68,1	66,8	0,8	2,1	64	64,2	59,8	-0,2	4,2
maggio	69,3	68,7	67,3	0,6	2	64,1	64,1	61,5	0	2,6
giugno	69,1	68,5	66,2	0,6	2,9	62,4	62,5	61,1	-0,1	1,3
luglio	68,6	67,9	65,5	0,7	3,1	62,1	62,1	60,2	0	1,9
agosto	68,3	67,4	66,1	0,9	2,2	61,8	61,7	60,6	0,1	1,2
settembre	69,1	68,8	68,3	0,3	0,8	63,1	64,2	63,3	-1,1	-0,2
ottobre	69	68,4	66,4	0,6	2,6	63,2	64,8	61,2	-1,6	2
novembre	69,7	68,8	66,4	0,9	3,3	62,4	63,1	61,1	-0,7	1,3
dicembre	69,1	68,9	66,7	0,2	2,4	62,5	62,8	61,2	-0,3	1,3
<b>Media</b>	69,1	68,5	66,6	0,6	2,5	62,7	63,3	61,1	-0,7	1,6
<b>Deviazione Standard</b>				0,2	0,7				0,7	1,0

**Tab. 4 - Confronto fra i livelli di rumorosità mensili lavorativi, prefestivi e festivi.**

I livelli diurni registrati nelle domeniche hanno dimostrato dei valori normalmente più bassi di quelli misurati negli altri giorni della settimana. La differenza compresa fra 2,5 e 3,2 dB è imputabile alle particolari abitudini della popolazione; basti pensare che la domenica molta gente non lavora ed i negozi sono chiusi. Insomma, la domenica è un giorno dedicato al riposo ad allo svago e pertanto i veicoli circolanti in città sono pochi.

Da ciò si osserva che solo attraverso forti riduzioni del flusso veicolare si possono conseguire dei miglioramenti apprezzabili dei livelli di rumorosità. A fronte di queste considerazioni risulta peraltro impensabile adottare, nei restanti giorni della settimana, riduzioni dei flussi veicolari paragonabili a quelli della domenica, in quanto ciò comporterebbe la quasi totale chiusura della città al traffico privato e pubblico.

Da questo confronto si osserva che la politica di contenimento dell'inquinamento da rumore da TAU non è perseguibile attraverso la sola riduzione dei flussi veicolari, deve essere bensì il frutto della combinazione di più fattori, alcuni dei quali a decorrenza decennale, che attraverso riduzioni di qualche dB(A) per fattore, contribuiranno globalmente in maniera significativa alla riduzione dei livelli di rumorosità diurni e notturni.

## CONCLUSIONI

Le procedure di controllo della rumorosità prodotta dai veicoli (a veicolo fermo) sono soggette ad evidenti difficoltà, legate all'esigenza di fornire delle misure fonometriche attendibili nell'ambito dei controlli stradali; si reputa pertanto opportuno favorire l'applicazione di tale verifica nel corso delle revisioni periodiche dei veicoli o nel momento in cui la misura su strada evidenzia delle situazioni anomale.

Relativamente ai monitoraggi nella misura del rumore da TAU, questi forniscono ai cittadini importanti informazioni sullo stato di salute dell'ambiente e danno nel contempo un parametro di valutazione circa l'efficacia degli interventi adottati dalle amministrazioni locali sulla viabilità cittadina (es. Piani Urbani del Traffico). L'attuale quadro normativo dal punto di vista metrologico fornisce un preciso indirizzo che consente l'acquisizione di dati confrontabili fra loro. Si evidenzia, peraltro, che solo nel momento in cui sarà emanato uno specifico decreto, con il quale saranno definiti i limiti massimi ammissibili, i cittadini potranno disporre di una forma di tutela adeguata.

## BIBLIOGRAFIA

- D.L. 30 aprile 1992, n. 285 "Il nuovo codice della strada"
- D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 "Regolamento del codice della strada"
- Direttiva CEE 92/97 del Consiglio del 10 novembre 1992
- Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
- D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"
- F. Gerola, L. Mattevi, *Controllo della rumorosità da traffico veicolare*, pubblicato dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
- F. Gerola, L. Mattevi, *Raccolta normativa in materia di inquinamento acustico* (ipertesto su CD-ROM), prodotto dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente