

Comune di Terrassa Padovana		
Piano di Classificazione Acustica del Territorio – L. 447/1995	Rev. 0	Data: 29/10/03

### **Allegato 3 – Il rumore e i suoi effetti (da ISPESL modificato)**

Comunemente si intende per rumore un suono che provoca una sensazione sgradevole, fastidiosa o intollerabile.

Il suono è una perturbazione meccanica che si propaga in un mezzo elastico (gas, liquido, solido) e che è in grado di eccitare il senso dell'udito.

Un corpo che vibra provoca nell'aria oscillazioni della pressione intorno al valore della pressione atmosferica - compressioni e rarefazioni, che si propagano come onde progressive nel mezzo e giungono all'orecchio producendo la sensazione sonora.

Si definisce pressione sonora istantanea  $p(t)$  la differenza indotta dalla perturbazione sonora tra la pressione totale istantanea e il valore della pressione statica all'equilibrio.

Nel caso più semplice le variazioni della pressione sono descritte da una funzione sinusoidale caratterizzata dalle seguenti grandezze:

- frequenza (f): numero di oscillazioni complete nell'unità di tempo (Hz);
- periodo (T): durata di un ciclo completo di oscillazione (s); è l'inverso della frequenza;
- velocità di propagazione (c): velocità con la quale la perturbazione si propaga nel mezzo, in dipendenza dalle caratteristiche del mezzo stesso (m/s); in aria c è pari a circa 340 m/s;
- lunghezza d'onda ( $\lambda$ ): distanza percorsa dall'onda sonora in un periodo (m);
- ampiezza (A): valore massimo dell'oscillazione di pressione ( $N/m^2$ ).

Qualora le onde abbiano frequenza approssimativamente compresa fra 20 e 20.000 Hz ed ampiezza superiore ad una certa entità che dipende dalla frequenza, l'orecchio umano è in grado di percepirle.

La determinazione del contenuto in frequenza di un certo suono è chiamata analisi in frequenza o analisi di spettro.

#### **Livello di pressione e di potenza sonora**

Se si misurasse la pressione sonora in  $N/m^2$  (Pascal), si dovrebbero considerare valori tipicamente compresi fra  $20 \cdot 10^{-6}$  Pa e 200 Pa. Al fine di comprimere tale intervallo di variabilità ed anche sulla base dell'ipotesi che l'intensità delle sensazioni uditive sia in prima approssimazione proporzionale al logaritmo dello stimolo e non al suo valore assoluto, è stata introdotta la scala logaritmica o scala dei livelli. Il livello, espresso in dB, è pari a dieci volte il logaritmo decimale del rapporto tra una data grandezza ed una grandezza di riferimento, omogenee fra di loro. In particolare si ha:

$$\text{Livello di pressione sonora} = L_p = 10 \log (p^2/p_0^2) = 20 \log (p/p_0)$$

dove  $p$  è il valore r.m.s. della pressione sonora in esame e  $p_0$  (pressione sonora di riferimento) è il valore di soglia di udibilità a 1.000 Hz ( $20 \cdot 10^{-6}$  Pa =  $20 \mu$  Pa).

Analogamente si ha:

$$\text{Livello di potenza sonora} = L_w = 10 \log (W/W_0)$$

dove  $W$  è il valore r.m.s. della potenza sonora in esame e  $W_0$  (potenza sonora di riferimento) =  $10^{-12}$  watt.

La scala dei decibel non è lineare, per cui non si possono sommare i livelli sonori in modo aritmetico ma occorre ricorrere ai logaritmi; ad es.: 80 dB + 80 dB = 83 dB.

Comune di Terrassa Padovana		
Piano di Classificazione Acustica del Territorio – L. 447/1995	Rev. 0	Data: 29/10/03

Livello sonoro continuo equivalente

Per caratterizzare un rumore variabile in certo intervallo di tempo T, si introduce il:

$$\text{Livello sonoro continuo equivalente} = L_{eq,T} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left[ \frac{p(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\}$$

che è il livello, espresso in dB, di un ipotetico rumore costante che, se sostituito al rumore reale per lo stesso intervallo di tempo T, comporterebbe la stessa quantità totale di energia sonora.

Per la valutazione del rumore a livello internazionale sono comunemente utilizzate due curve di ponderazione (filtri che operano un'opportuna correzione dei livelli sonori alle diverse frequenze) del rumore. La curva A è utilizzata per valutare gli effetti del rumore sull'uomo. Il livello sonoro in dB(A), che si ottiene utilizzando questa curva di ponderazione A, è la grandezza psicoacustica di base, comunemente utilizzata per descrivere i fenomeni sonori in relazione alla loro capacità di produrre un danno uditivo. La ponderazione A, operata dagli strumenti di misura del rumore, approssima la risposta dell'orecchio e penalizza, attenuandole, le basse frequenze, mentre esalta, in misura molto lieve, le frequenze fra 1.000 e 5.000 Hz. La curva di ponderazione C, invece, è stata adottata nella direttiva "Macchine" 89/392/CEE, recepita dal D.P.R. n. 459/1996, per descrivere il livello di picco  $L_{pico}$  prodotto dalle macchine e, pare, sarà adottata anche nella nuova direttiva europea sul rumore, attualmente in corso di discussione a Bruxelles, che sostituirà la direttiva 86/188/CEE da cui ha tratto origine il D.Lgs. n. 277/1991.

Per quantificare l'esposizione di un lavoratore al rumore si utilizza il:

$$\text{Livello di esposizione quotidiana personale} = L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ (dB(A))}$$

$$\text{dove: } L_{Aeq,Te} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \left[ \frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\}$$

$T_e$  = durata quotidiana dell'esposizione personale di un lavoratore al rumore, ivi compresa la quota giornaliera di lavoro straordinario;

$T_0$  = 8 ore;

$p_A$  = pressione acustica istantanea ponderata A, in Pa;

$p_0$  = 20  $\mu$  Pa.

E' altresì utilizzato il:

$$\text{Livello di esposizione settimanale} = L_{EP,w} = 10 \log \left[ \frac{1}{5} \sum_k 10^{0,1(L_{EP,d,k})} \right] \text{ (dB(A))}$$

con:

k = 1,2, ..., m;

m = numero dei giorni di lavoro della settimana considerata.

Si sottolinea che i  $L_{EP}$  non tengono conto degli effetti di un qualsiasi mezzo individuale di protezione.

Livello di picco

Comune di Terrassa Padovana		
Piano di Classificazione Acustica del Territorio – L. 447/1995	Rev. 0	Data: 29/10/03

Accanto al livello sonoro continuo equivalente viene infine utilizzato un secondo parametro, comunemente noto come livello di picco lineare  $L_{pico}$ . Tale livello è definito come:

$$L_{pico} \text{ (dB)} = 10 \log \left( \frac{p_{peak}^2}{p_0^2} \right)$$

dove la grandezza  $p_{peak}$ , che non è un valore r.m.s., è definita nel D.Lgs. n. 277/1991 come "valore della pressione acustica istantanea non ponderata" ed è molto importante nella valutazione del rumore impulsivo. E' noto infatti che a parità di contenuto energetico medio, un rumore che presenta caratteristiche di impulsività costituisce un fattore di rischio aggiuntivo per la salute di cui bisognerebbe tenere conto nella valutazione del rischio.

Il D.Lgs. n. 277/1991 stabilisce che non possa essere mai superato un livello di picco pari a 140 dB.

#### Principio dell'eguale energia

I criteri definiti dagli standard correnti ai fini della valutazione dell'esposizione a rumore prevedono che rumori di pressione  $p_{A1}$  e  $p_{A2}$  per tempi pari rispettivamente a  $t_1$  e  $t_2$  siano equivalenti in relazione ai possibili danni alla salute quando:

$$p_{A1}^2 \times t_1 = p_{A2}^2 \times t_2$$

Questa relazione, che rappresenta una buona approssimazione dei dati disponibili, esprime in termini matematici il cosiddetto "principio della uguale energia".

In termini di decibel, ad un raddoppio del tempo di esposizione deve corrispondere una diminuzione di 3 dB del livello di pressione sonora per mantenere costante la dose (ovvero il rischio di danno) e, viceversa, ad un aumento di 3 dB del livello di pressione sonora deve corrispondere un dimezzamento del tempo di esposizione.

#### Spettro sonoro, bande di frequenza

La determinazione della distribuzione dell'energia sonora nelle sue varie frequenze componenti è detta analisi in frequenza ed il risultato è detto spettro di frequenza del suono.

### ***Effetti del rumore***

L'ipoacusia, cioè la diminuzione fino alla perdita della capacità uditiva, è il danno da rumore meglio conosciuto e più studiato; tuttavia il rumore agisce con meccanismo complesso anche su altri organi ed apparati (apparato cardiovascolare, endocrino, sistema nervoso centrale ed altri) mediante attivazione o inibizione di sistemi neuroregolatori centrali o periferici.

Il rumore determina, inoltre, un effetto di mascheramento che disturba le comunicazioni verbali e la percezione di segnali acustici di sicurezza (con un aumento di probabilità degli infortuni sul lavoro), favorisce l'insorgenza della fatica mentale, diminuisce l'efficienza del rendimento lavorativo, provoca turbe dell'apprendimento ed interferenze sul sonno e sul riposo.

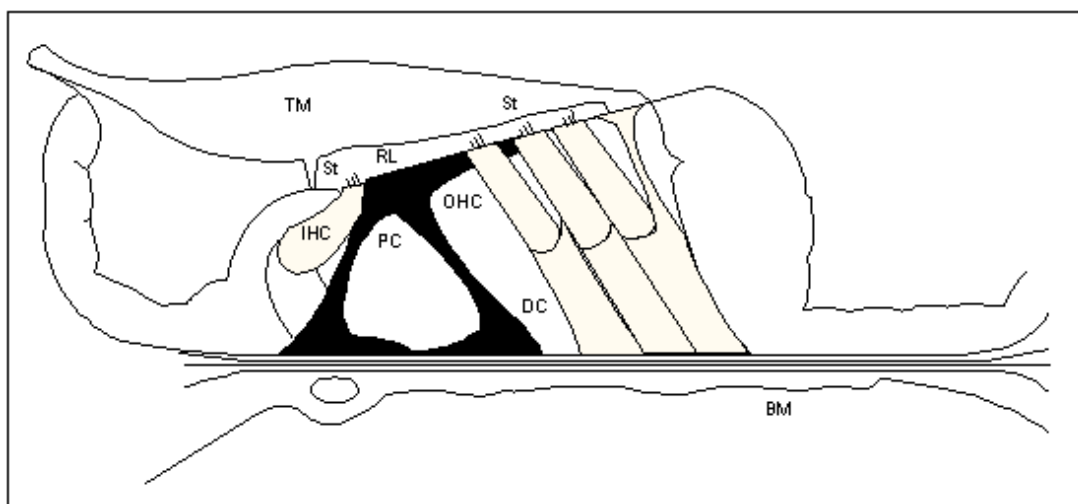
In Italia l'ipoacusia da rumore è la patologia professionale più frequentemente denunciata. Dai dati INAIL la malattia professionale "ipoacusia e sordità da rumori" rappresenta circa la metà dei casi di tutte le malattie professionali denunciate nel ramo industria.

In termini di effettivi uditivi il rumore agisce sull'orecchio essenzialmente tramite l'energia acustica.

L'esposizione a rumori di elevata intensità e per lungo periodo di tempo provoca una serie di alterazioni a carico delle strutture neuro-sensoriali dell'orecchio interno.

L'organo del Corti, nella coclea, è la sede principale in cui si realizzano i danni. Esso contiene due tipi di cellule ciliate: quelle interne e quelle esterne (rispettivamente indicate come IHC e OHC; vedi Figura 1).

Figura 1  
**Orecchio interno-coclea; sezione dell'organo del Corti**



Le cellule denominate IHC sono i veri e propri recettori acustici, mentre le cellule indicate come OHC agiscono come cellule motrici aumentando la sensibilità e la discriminazione del sistema acustico.

Una gran parte dei danni acustici determinati dall'esposizione al rumore è causata da un cattivo funzionamento dei suddetti meccanismi. L'esposizione a rumore determina un danno a livello della sinapsi fra recettore e via nervosa afferente a livello delle IHC ed un danno alle OHC. Il danno alla sinapsi della via afferente può essere reversibile mentre, se nelle OHC si instaura la morte cellulare, il danno diviene irreversibile. Inoltre, a livello delle sinapsi fra IHC e via afferente, i meccanismi riparativi non

Comune di Terrassa Padovana		
Piano di Classificazione Acustica del Territorio – L. 447/1995	Rev. 0	Data: 29/10/03

possono instaurarsi se l'esposizione a rumore è continuativa. Anche esposizioni di carattere impulsivo prolungate nel tempo possono comportare danni irreversibili.

Tali lesioni irreversibili, si manifestano con un innalzamento permanente della soglia uditiva.

Il danno da rumore si manifesta tipicamente come ipoacusia percettiva bilaterale.

Il rumore ad intensità più elevata (non inferiore a 120-130 dB secondo alcuni autori) determina effetti anche sulla porzione vestibolare con vertigini, nausea, disturbi dell'equilibrio di solito reversibili dopo la cessazione dello stimolo sonoro.

La capacità uditiva si valuta mediante l'audiometria tonale (secondo i criteri indicati nell'Allegato VII del D.Lgs. n. 277/1991), comprendendo anche la frequenza di 8.000 Hz. Questa tecnica permette di misurare in decibel la perdita dell'udito. L'orecchio con udito normale ha come livello sonoro di soglia il valore zero che indica l'intensità minima di suono percepibile. La perdita uditiva, o ipoacusia, espressa in decibel esprime la differenza tra il livello sonoro minimo che l'orecchio riesce a percepire e lo zero, considerato convenzionalmente standard. La soglia uditiva, e quindi anche la perdita uditiva, si valuta di solito alle frequenze di 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000, 8.000 Hz.

In un soggetto con udito normale la curva che risulta dalla audiometria non si discosta eccessivamente dallo zero (comunque meno 25 dB).

Ormai si tende generalmente ad accettare che il rumore provochi anche effetti extrauditivi, come evidenziato da numerosi studi. Ciò nonostante non si è ancora provveduto ad un chiaro inquadramento eziopatogenetico e nosologico.

Le difficoltà provengono essenzialmente dall'esistenza di dati contrastanti, dalla non specificità degli effetti e dal fatto che non è stato possibile individuare una definita correlazione tra effetti e diverse caratteristiche fisiche del rumore.

L'apparato cardiovascolare sembra essere il più influenzato direttamente ed indirettamente dal rumore. Dall'analisi della letteratura emerge che il rumore, con intensità in genere superiore ad 85 dB(A), determina aumento della frequenza cardiaca, della pressione arteriosa, delle resistenze vascolari periferiche, della concentrazione ematica ed urinaria di noradrenalina e, spesso, di adrenalina. Diversi autori hanno studiato il rapporto tra danno uditivo ed ipertensione arteriosa, ma i risultati sono ancora insufficienti e contraddittori per formulare un giudizio attendibile. In relazione agli altri parametri studiati, pur essendo gli studi meno numerosi, sembra accertata la comparsa di turbe coronariche per esposizione a rumore in particolare in soggetti con preesistente coronaropatia.

Sono state riportate anche alterazioni dei meccanismi immunologici.