

# IL RUMORE NEI LUOGHI DI LAVORO

## SOMMARIO

	Pag.
1. PREMESSA .....	2
2. CONCETTI GENERALI SUL RUMORE .....	2
2.1. IL DECIBEL .....	2
2.2. LA FREQUENZA.....	2
2.3. LA DURATA.....	4
3. EFFETTI DEL RUMORE SULL'ORGANISMO .....	5
3.1. L'ORECCHIO UMANO .....	5
3.2. GLI EFFETTI UDITIVI.....	5
3.3. EFFETTI EXTRAUDITIVI.....	7
4. L'INDAGINE SUI RUMORE.....	8
4.1. GLI STRUMENTI .....	8
4.2. LA METODOLOGIA .....	8
4.3. L'INDAGINE AUDIOMETRICA .....	9
5. LE MISURE DI PROTEZIONE E PREVENZIONE.....	9
5.1. INTERVENTI TECNICI ED ORGANIZZATIVI.....	9
5.2. MEZZI PROTETTIVI PERSONALI.....	11
6. NORME DI LEGGE E RACCOMANDAZIONI.....	12

## **1. PREMESSA**

Il rumore può essere definito come un suono indesiderabile, a livello fisiologico e psicologico, che interferisce con le diverse attività individuali o di gruppo. Sono attualmente sempre maggiori le situazioni che espongono l'uomo agli effetti nocivi del rumore, sia nella sua vita privata sia nell'attività lavorativa. Si può asserire che in tutte le aziende si trovano posti di lavoro con presenza di rumore più o meno intenso. Non c'è quindi dubbio che la sordità professionale da rumore costituisce una malattia in continuo aumento.

In questo capitolo si forniscono alcune nozioni di base, che possono essere utili ai preposti, lasciando ad altri testi l'approfondimento dei singoli aspetti che possono interessare gli esperti del settore chiamati ad intervenire per il risanamento degli ambienti di lavoro.

## **2. CONCETTI GENERALI SUL RUMORE**

Il suono è originato da onde di pressione provocate da un oggetto in vibrazione. Tali onde viaggiano attraverso un mezzo elastico (aria, acqua, ecc.) come onde successive di compressione e d'espansione.

Il suono è fondamentalmente caratterizzato da tre grandezze:

- intensità (o pressione sonora)
- frequenza
- durata

Quanto più è elevata la sensazione di rumore, tanto maggiore è l'intensità; nello stesso tempo i rumori d'alta frequenza sono più nocivi all'udito di quelli di bassa frequenza e quanto più prolungata è l'esposizione al rumore più pronunciato è l'effetto sull'apparato uditivo.

### **2.1. IL DECIBEL**

L'udito dell'uomo è sensibile a pressioni sonore variabili da 20  $\mu\text{Pa}$  fino a 100.000.000  $\mu\text{Pa}$  (1 $\mu\text{Pa}$  = 1 $\mu\text{N/mq}$ )

Per evitare di dover lavorare con troppe cifre, nel valutare l'intensità del rumore si usa una scala logaritmica espressa in decibel; tale scala arbitraria fa riferimento alla soglia d'udibilità (20  $\mu\text{Pa}$ ) come punto di partenza (pressione di riferimento).

A questa pressione corrisponde 0 dB. Perciò, ogni volta che si moltiplica la pressione sonora in Pa per dieci, non si fa altro che aggiungere 20 dB.

Ad esempio 200  $\mu\text{Pa}$  corrispondono a 20 dB, 2000  $\mu\text{Pa}$  a 40 dB e così via. A titolo orientativo notiamo come una pressione di 1N/mq corrisponde ad un livello di pressione sonora (LPS) di 94 dB e 1 atmosfera a 194,1 dB di LPS. Va detto che la scala di misura del livello sonoro è tale per cui ad ogni aumento di 3 dB si raddoppia il livello d'intensità sonora.

Nella fig. 1 sono indicati i livelli di pressione sonora, espressi sia in dB sia in  $\mu\text{Pa}$ , d'alcune situazioni tipiche. Per effettuare la somma o la differenza di due suoni espressi in decibel bisogna perciò tenere conto della definizione logaritmica di cui sopra: pertanto se consideriamo una macchina la cui intensità sonora sia di 80 dB se a questa affianchiamo un'altra macchina di 86 dB d'intensità, il livello risultante complessivo non sarà di 166 dB bensì di 87 dB. Nelle fig. 2 e 3 sono riportate le curve che consentono rispettivamente di ottenere la somma di due suoni espressi in dB e di ricavare il valore del rumore proveniente da una sorgente, depurandolo dal rumore di fondo.

### **2.2. LA FREQUENZA**

Per frequenza s'intende il numero delle variazioni di pressione del suono per unità di tempo. Si usa esprimere questa frequenza in Hz (o in cicli/sec). I suoni abituali nell'industria hanno differenti frequenze a seconda del lavoro e del tipo di sorgente. Ogni suono può essere caratterizzato da più frequenze ciascuna delle quali contribuisce al livello di pressione sonora complessivo.

La gamma di frequenze percepibili dall'apparato uditivo dell'uomo è compreso tra 20 Hz e 20.000 Hz circa.

L'orecchio umano non è ugualmente sensibile a tutte le frequenze, ma è più sensibile nel campo compreso fra 2 KHz e 5 KHz, ed è molto meno sensibile alle frequenze estremamente elevate o estremamente basse. I rumori o suoni acuti hanno alte frequenze comprese tra 2000 e 4000 Hertz (Hz), mentre quelli gravi hanno basse frequenze inferiori a 250 Hz.

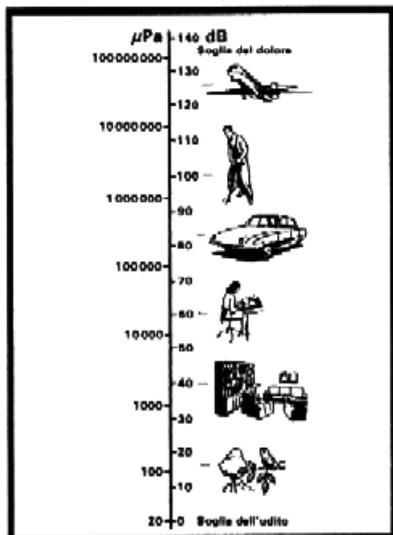


Fig. 1 - Livelli di pressione sonora (dB) e pressione sonora ( $\mu\text{Pa}$ ) in alcune situazioni tipiche

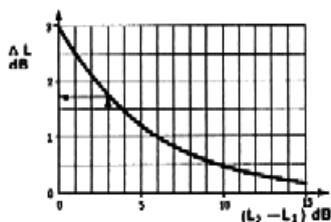


Fig. 2 - Somma di livelli di pressione sonora in dB.

Esempio:

1 Macchina 1 = 85 dB

Macchina 2 = 82 dB

2 Differenza = 3 dB

3 Correzione (dal grafico) = 1,7 dB

4 Rumore totale = 85 + 1,7 = 86,7 dB

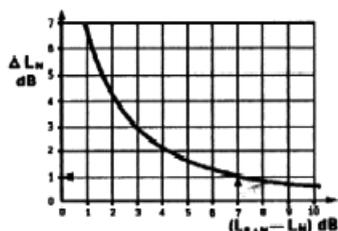


Fig. 3 - Differenza tra livello totale di rumorosità ed il rumore di fondo (differenza di livelli di pressione sonora in dB).

1 Rumore totale = 60 dB

2 Rumore di fondo = 53 dB

3 Differenza = 7 dB

4 Correzione (dal grafico) = 1 dB

5 Rumore della macchina = 60 - 1 = 59 dB

Questo fenomeno è molto più pronunciato ai livelli bassi di pressione sonora che non agli alti livelli. Ad esempio un segnale a 50 Hz deve avere un livello di 15 dB più elevato per dar luogo alla stessa sensazione di un segnale di 70 dB a 100 Hz (v.fig.4).

In funzione di questi risultati sperimentali sono state determinate delle curve di ponderazione tali da simulare il più fedelmente possibile la risposta al rumore dell'orecchio umano, normalmente impiegate nei misuratori di livello sonoro (fonometri).

Sono state così determinate tre curve normalizzate in campo internazionale denominate A, B e C che danno, in funzione della frequenza, l'andamento "pesato" dell'intensità sonora espressa in dB. In effetti, oggi è utilizzata solamente la curva A in quanto le altre curve non danno una buona correlazione con le prove soggettive. Per le misure del rumore degli aerei è stato recentemente normalizzato il circuito D con caratteristiche particolari come da figura 5.

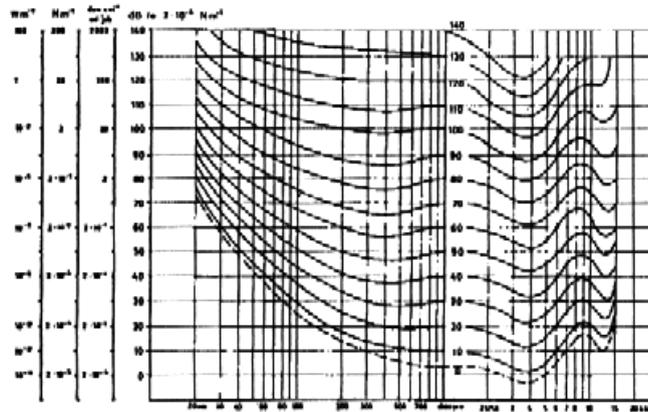


Fig. 4 - Curve di eguale sensazione sonora (secondo ISO/R 226/91). Valori medi relativi a persone con udito normale, di età compresa tra i 18 e i 25 anni, per suoni puri nel campo sonoro libero (secondo Robinson e Dadson).

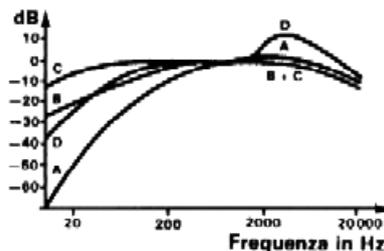


Fig. 5 - Curve di ponderazione A, B, C

Per questi motivi nelle rivelazioni di rumore è comodo utilizzare strumenti tarati sulla curva di ponderazione A in modo da poter ottenere dati di uscita che corrispondano effettivamente alle risposte dell'apparato uditivo. In questo caso la misura è espressa in dB(A) (decibel A). Per misure più dettagliate, a proposito di un segnale complesso, si può suddividere il campo di frequenza in bande aventi un'ampiezza di un'ottava, di terzi d'ottava o a bande strette. Così facendo sono eliminati dalla misura tutti i suoni esterni alla banda di frequenza interessata ed il rumore può essere scomposto nelle sue componenti alle diverse frequenze.

### 2.3. LA DURATA

Per quanto riguarda la durata il rumore può essere distinto in continuo, intermittente, impulsivo. Il rumore continuo è, ad esempio, quello uniforme prodotto da una pompa. Se il rumore si produce in determinati periodi se ne terrà conto nel calcolo dell'esposizione. Altre macchine possono produrre anche rumori impulsivi (p. es. urti di masse metalliche, colpi di martello, scarichi rapidi d'aria compressa, ecc.).

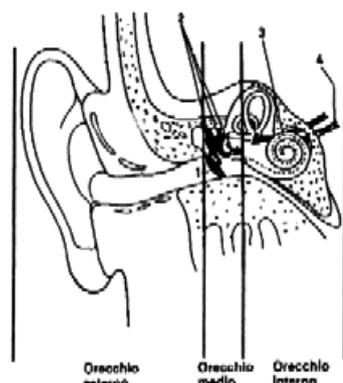
Si definisce impulsivo un innalzamento rapido, di breve durata, del livello sonoro che si ripete ad

intervalli maggiori di un secondo. Tale tipo di rumore presenta un altro problema nella valutazione della rumorosità, poiché quanto più breve è la durata del suono, tanto meno l'orecchio è sensibile nel percepirlo; tuttavia il rischio di danno non è necessariamente ridotto, anzi può essere molto più dannoso. Per questo motivo i misuratori di livello sonoro comprendono un circuito per la misurazione dei valori di picco indipendentemente dalla durata del segnale stesso.

### 3. EFFETTI DEL RUMORE SULL'ORGANISMO

#### 3.1. L'ORECCHIO UMANO

I suoni e i rumori, ossia le onde sonore, attraversano il condotto uditivo esterno e vanno a colpire la membrana del timpano facendola vibrare. I movimenti vibratorii, trasmessi meccanicamente dalla catena degli ossicini e dalla finestra ovale al liquido speciale (l'endolinfa) dell'orecchio interno, si propagano lungo le spirali della coclea (o chiocciola) dell'orecchio interno e stimolano le cellule sensorie dell'organo di Corti e le terminazioni del nervo uditivo. Questo è il modo in cui si svolge fisiologicamente la ricezione, ossia il fenomeno di percezione nell'organo sensoriale periferico. Possiamo paragonare quest'organo di ricezione a un microfono sulla cui membrana esistono determinate aree che reagiscono a certe frequenze. Dall'organo ricevitore l'eccitazione è trasmessa per via nervosa ai centri uditivi inferiori, dove si ha la percezione, vale a dire le percezioni semplici che generano i riflessi acustici (sensazione sonora). In seguito, per mezzo della percezione, è possibile percepire coscientemente e apprezzare le impressioni sensoriali acustiche. Al riguardo, l'apparato uditivo è in grado di riconoscere suoni singoli anche se misti ad altri o di distinguere qualitativamente combinazioni di suoni, rumori, voci e simili (v. fig. 6).



*Fig. 6- Sezione schematica dell'apparato uditivo.*

- 1 membrana del timpano
- 2 ossicini
- 3 coclea o chiocciola
- 4 nervo acustico

Il campo uditivo dell'orecchio sano di una persona giovane comprende le frequenze sonore da 20 fino a 20.000 Hz. Come indicato in figura 4 la sensibilità dell'orecchio non è uguale su tutta questa scala acustica. Il suono puro di 4.000 Hz è quello che è percepito con il minimo di pressione sonora. I toni di poco superiori e specie quelli più bassi devono avere una pressione sonora molto più forte, per essere percepiti nella medesima maniera. La linea tratteggiata in figura 4 rappresenta la soglia uditiva di un orecchio sano. Per un tono di circa 1.000 Hz è necessaria una pressione sonora di circa  $2 \times 10^{-5} \text{ Nm}^2$ , perché l'orecchio cominci a sentire.

Aumentando la pressione sonora fino a circa  $20 \text{ Nm}^2$  si giunge alla "soglia del dolore", che è il limite massimo di sollecitazione dell'apparato uditivo, oltre al quale si riceve una vera e propria sensazione di disagio fisico. La pressione sonora alla soglia del dolore è pressappoco un milione di volte più intensa di quella alla soglia uditiva.

#### 3.2. GLI EFFETTI Uditivi

I rumori producono effetti dannosi sia sul sistema uditivo sia su altri organi ed apparati (effetti

extrauditivi). Per quanto riguarda gli effetti uditivi essi sono in relazione diretta col livello sonoro e la durata di esposizione per cui, superati certi limiti, esiste un rischio statisticamente determinabile di danno all'apparato uditivo.

La tabella seguente (da 180 RI 1999 e UNI 9432) pur con le incertezze dovute allo scarso numero di dati disponibili indica gli effetti sull'apparato uditivo dell'esposizione a dosi crescenti di rumore (dati riferiti a settimana di 40 ore lavorative):

### Rischio di ipoacusia dopo un'esposizione di:

Livello di rumorosità	5 anni	10 anni	20 anni	30 anni
80 dBA	0	0	0	0
85 dBA	1%	3%	6%	8%
90 dBA	4%	10%	16%	18%
95 dBA	7%	17%	28%	31%
100 dBA	12%	29%	42%	44%

Il processo uditivo causa nelle cellule sensoriali un consumo di energia che deve essere compensato. Questa compensazione avviene per mezzo di determinati processi metabolici che si attuano più rapidamente presso le persone giovani che non presso quelle anziane. In condizioni normali, esiste un equilibrio fra consumo e recupero d'energia; in altre parole, il rendimento delle cellule acustiche, e con ciò l'acutezza uditiva, rimangono costanti.

La facoltà di recupero dell'apparato uditivo è tuttavia limitata. Quando l'orecchio è esposto a un rumore intenso, esso si ristabilisce completamente solo dopo un periodo più o meno lungo, in taluni casi dopo più ore. Entro tale periodo l'acutezza uditiva rimane ridotta e il deficit acustico è misurabile con esame audiometrico. In questo caso la perdita dell'udito è reversibile, vale a dire solo passeggera (spostamento temporaneo della soglia uditiva). Se i danni acustici si ripetono, ne risulta allora un deficit acustico permanente (spostamento permanente della soglia uditiva). Tale deficit può subentrare, alla presenza di un rumore intenso o presso persone ipersensibili al rumore, già dopo pochi mesi; in altri casi, invece, solo nel corso di molti anni. Quando il rumore è particolarmente violento, può bastare già un unico avvenimento, per esempio una detonazione o un rumore breve ma prossimo alla soglia del dolore, per provocare **danno permanente all'udito**. Siccome il deficit permanente determina una degenerazione irreparabile delle relative cellule acustiche, esso non è più reversibile, rendendo preclusa qualsiasi possibilità di cura. I danni derivanti da trauma acustico si manifestano prima di tutto e in modo palese nel campo della massima acuità uditiva, ossia nel campo delle frequenze di 4000 Hz: ne è tipico il tracciato delle curve (caduta  $c^5$ ) sull'audiogramma della figura 7.

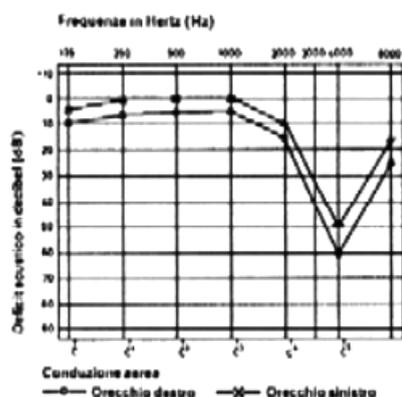


Fig.. 7- Audiogramma per toni puri

Quando la perdita uditiva interessa solo le frequenze alte, non si sentono più bene i suoni come le sibilanti della voce parlata o lo squillo del telefono. In generale la perdita uditiva è avvertita soggettivamente solo quando ha raggiunto una determinata gravità non unicamente nelle alte frequenze, ma anche in quelle medie e basse. E' una volta raggiunto un tale stadio che il deficit acustico si fa sentire, a seconda del caso, anche nella vita quotidiana. Alcuni soggetti hanno difficoltà a percepire singoli suoni alla presenza di un determinato rumore di fondo e perciò non intendono più a sufficienza la persona con cui parlano, i danni auditivi da rumore sono accompagnati frequentemente da spiacevoli sensazioni soggettive (ronzii, scampanellii o fischi nelle orecchie). Comunque la diminuzione della funzione auditiva è generalmente assai lenta e graduale. Finché non è compromessa la capacità di comprendere il "normale parlato" il soggetto non si rende conto che sta perdendo l'udito. Da qui l'importanza di un controllo audiometrico periodico per le persone esposte al rumore ambientale che segnali per tempo l'insorgenza di un'ipoacusia di origine professionale.

Non tutte le sordità dipendono però dal rumore. Esistono altre cause come: processi degenerativi nell'orecchio interno dovuti ad una predisposizione congenita; invecchiamento accentuato (presbiacusia), spesso prematuro del condotto uditivo, infezioni e altri processi patologici (p. es. otite media, otosclerosi), uso di determinati medicinali (p. es. streptomina) e traumi cranici.

Infine va detto che a volte l'ipoacusia si accompagna alla percezione di ronzii o fischi acuti (acufeni), o a sensazione di orecchio pieno, lieve mal di testa senso di fatica o di intontimento.

### **3.3. EFFETTI EXTRAUDITIVI**

Oltre i 70 dBA il rumore aziona o inibisce i sistemi neuroregolatori modificandone le funzioni e inducendo svariati disturbi.

Gli effetti extrauditivi del rumore sono oggetto di studi i quali tendono ad evidenziare effetti dannosi sull'organismo, p. es. sul sistema cardiocircolatorio (ipertensione arteriosa), sul sistema digerente (acidità di stomaco), sul sistema nervoso centrale (fatica nervosa) ed anche alterazioni sulla frequenza della respirazione. Inoltre diminuiscono i naturali livelli di vigilanza mentale. Infine i rumori interferiscono con i segnali acustici di pericolo presenti in fabbrica.

La definizione dei rischi extrauditivi in termini quantitativi risulta estremamente difficile anche perché questi effetti sono legati non solo alle caratteristiche del rumore ma anche alle caratteristiche fisiopsicologiche del soggetto, al tipo di attività svolta e all'ambiente di lavoro nel suo complesso.

Molte ricerche sono state svolte riguardo agli effetti del rumore sull'efficienza lavorativa, giungendo talvolta a conclusioni diverse.

Gli studi più recenti concordano sul fatto che il rumore regolare e continuo non influisce sull'efficienza lavorativa anche per livelli sonori elevati. Al contrario forti suoni improvvisi, specialmente se non immediatamente identificati, riducono l'efficienza lavorativa.

Nei casi di attività di controllo si è verificato che il livello di attenzione diminuisce notevolmente in ambiente molto rumoroso. In linea generale il rumore provoca un allentamento sensibile delle capacità decisionali fino a veri e propri "blocchi" temporanei, particolarmente pericolosi quando occorre fronteggiare situazioni di emergenza.

E' anche importante tenere conto della necessità di comunicare verbalmente per il corretto e sicuro svolgimento del lavoro. Il rumore può essere causa di incomprensioni tra gli operatori e conseguentemente portare ad incidenti.

Rumorosità ambientali elevate possono anche rendere difficile l'accertamento immediato di anomalie di funzionamento, di macchine o impianti, coprendo eventuali segnalazioni acustiche di avvertimento o di allarme.

Negli ambienti rumorosi occorre valutare attentamente i problemi di comunicazione e rendere efficiente il passaggio di informazioni.

## **4. L'INDAGINE SUI RUMORE**

Per valutare l'entità dei rumore in connessione con gli effetti sull'uomo si misura il Livello Sonoro Equivalente Continuo (LeqdB), che è una specie di valore medio della rumorosità che tiene conto della diversa sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze.

### **4.1. GLI STRUMENTI**

Nelle fabbriche si riscontra prevalentemente un rumore intermittente. In conseguenza di ciò occorre accertare i cambiamenti dei livelli di pressione sonora e degli spettri di frequenza in funzione dei luoghi e del tempo, onde ottenere un rilevamento preciso del rumore.

Le misure del livello di pressione sonora sono effettuate con fonometri i quali, a seconda delle esigenze, possono essere equipaggiati con accessori che consentono di determinare la frequenza del rumore (analizzatori di frequenza a spettro in ottave, terzi d'ottava, a spettro continuo), la variabilità nel tempo (registratori), la distribuzione statistica del livello di pressione sonora (analizzatori statistici di livello), ecc.

Per il rilevamento delle condizioni di rumore sul lavoro, si procede alla misurazione del livello di pressione sonora nei posti e nei locali (zone) di lavoro e specialmente in presenza di forti oscillazioni dei livelli - alla registrazione, in funzione del tempo, nei cosiddetti diagrammi tempo - livelli di pressione sonora. Per mezzo dell'annesso analizzatore di distribuzione statistica, atto a classificare in gruppi le oscillazioni dei livelli, è facile calcolare l'equivalente livello continuo della pressione sonora.

I rilievi fonometrici per i posti con rumore intermittente sono ripetuti e prolungati fino a ottenere risultati che possono essere considerati come valori medi rappresentativi.

Si procede nell'analisi spettrale dei fenomeni sonori quando occorre isolare e valutare specifici rumori di macchine, al fine di prendere misure antirumore selettive per quanto riguarda le frequenze. È difficile valutare la sollecitazione uditiva individuale (equivalente livello continuo della pressione sonora: durata d'esposizione) di persone esposte, per un tempo indeterminato, a differenti condizioni di rumore.

Questa sollecitazione uditiva può essere rilevata in modo attendibile solo con i dosimetri di rumore personali, come avviene per esempio con i dosimetri speciali impiegati da coloro che sono esposti a radiazioni ionizzanti.

### **4.2. LA METODOLOGIA**

L'esecuzione di corrette indagini di rumorosità richiede sia la conoscenza del ciclo di lavorazione e delle modalità reali di operare da parte dei lavoratori del reparto, sia una preparazione tecnica sul metodo di rilevamento.

Tale duplice campo di conoscenze ed esperienze richiede che la programmazione e l'esecuzione dell'indagine siano svolte in collaborazione tra diverse funzioni aziendali e talvolta col contributo di specialisti esterni.

Anche la partecipazione dei lavoratori contribuisce a far sì che anche i risultati dell'indagine siano reali e corrispondenti all'effettiva condizione in cui lavorano gli addetti alle varie mansioni. Solo un metodo che preveda l'intervento del reparto, del servizio di sicurezza, del servizio sanitario e dei lavoratori stessi, può portare ai migliori risultati.

In concreto si dovrà tendere ad ottenere, per ogni gruppo di lavoratori, una precisa definizione del rischio concreto all'esposizione al rumore.

I rilevamenti dovranno essere preceduti da una riunione tra tutte le componenti che partecipano all'indagine in modo che: tutti siano a conoscenza delle modalità secondo le quali saranno eseguite le misure; siano definite le condizioni operative dell'impianto durante il quale misurare la rumorosità, siano

chiariti significato e limiti di impiego dei TLV cui si farà riferimento per definire il rischio.

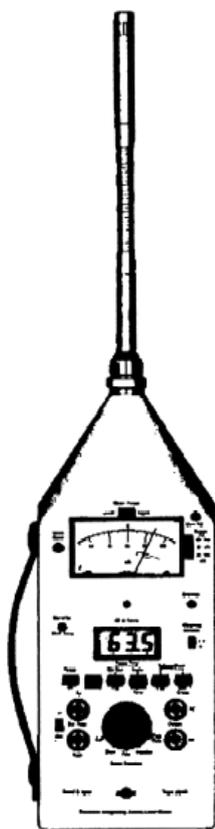


Fig. 8 - Fonometro integratore di precisione.

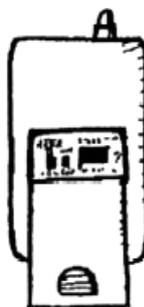


Fig. 9 - Misuratore della dose (dosimetro).

### 4.3. L'INDAGINE AUDIOMETRICA

Per mezzo dell'audiometro a toni puri si può, oggi, controllare l'acutezza uditiva con un esame relativamente breve. Si tratta di un apparecchio generatore di suoni che produce, a determinate frequenze, toni puri la cui intensità può essere variata a volontà dell'esaminatore. Gli apparecchi sono tarati in modo che, in posizione zero, ogni tono d'esame ha un'energia sonora che collima con la soglia uditiva di un orecchio normale e sano. Per controllare la conduzione aerea, i toni sono trasmessi all'orecchio mediante apposite cuffie. Per il controllo della conduzione ossea sono impiegati vibratori elettrodinamici da sistemare aderenti alle ossa craniche (mastoidi).

La persona sottoposta all'esame deve trovarsi in un locale silente o in una cabina fonoisolata. Con un segnale luminoso essa può annunciare all'esaminatore se sente o no i suoni emessi. Quando per udire un tono puro si ha bisogno di una pressione sonora superiore alla soglia uditiva, il valore minimo necessario è segnato in un diagramma quale deficit acustico. L'unione dei punti così ottenuti per le varie frequenze dà le curve audiometriche per la conduzione aerea e ossea. In questo modo, ogni orecchio è esaminato singolarmente. Secondo l'andamento delle curve, il medico può trarre conclusioni circa l'entità, il tipo e le cause del deficit acustico ed anche valide indicazioni sull'entità del rischio presente nell'ambiente di lavoro.

In ogni caso l'esame medico approfondito di un danno acustico esige ancora ulteriori controlli. Nel caso di deficit uditivo l'audiogramma presenta un andamento del tipo rappresentato in figura 7, cioè con dei minimi alle frequenze di 4000 e 8000 Hz. L'audiogramma di una persona con udito normale darebbe a tutte le frequenze valori attorno allo zero (soglia uditiva).

## 5. LE MISURE DI PROTEZIONE E PREVENZIONE

Per prevenire i danni occorre contenere l'esposizione dei lavoratori al rumore ai di sotto degli 85 dB

### 5.1. INTERVENTI TECNICI ED ORGANIZZATIVI

A parte l'impiego dei mezzi protettivi dei quali si dirà in seguito, gli interventi tendenti alla riduzione della esposizione al rumore possono essere di tipo tecnico ed organizzativo. Gli interventi organizzativi diminuiscono l'esposizione complessiva riducendo i tempi di permanenza nelle

posizioni rumorose, attuando una rotazione di mansioni o facendo effettuare lo stesso lavoro in ambiente diverso, spostando - se necessario - gli strumenti di lavoro.

Lo spostamento dei quadri di controllo entro cabine e l'effettuazione delle manutenzioni in locale apposito anziché in loco, ad esempio, rientrano tra gli interventi di questo tipo.

Gli interventi propriamente tecnici invece si propongono di ridurre il livello di pressione sonora nei posti di lavoro e sono essenzialmente di tre tipi:

- interventi attivi (abbassano il livello di pressione sonora riducendo alla sorgente l'emissione rumorosa, p. es. applicazione di ugelli silenziati agli scarichi d'aria compressa);
- interventi passivi (abbassano il livello di pressione sonora isolando acusticamente dall'ambiente la sorgente; p. es. il fonoisolamento di macchine entro adatti box),
- interventi ambientali (consistono in un trattamento fonoassorbente delle pareti che riduce le riflessioni delle onde sonore e conseguentemente il livello di pressione sonora risultante).

A seconda del problema posto, vanno ricercate soluzioni nell'ambito di tali campi. Gli interventi tecnici attivi sono certamente i preferibili, ma spesso non sono tecnicamente attuabili; pertanto le soluzioni vanno cercate in altri campi, non dando comunque mai per inattuabile l'intervento attivo.

D'altra parte va posto il problema di acquistare macchine a basso livello di rumorosità e di inserire, tra gli obiettivi delle manutenzioni ordinarie e straordinarie, il controllo della rumorosità. I risultati ottenibili sono di gran lunga migliori e meno costosi degli interventi sporadici a posteriori.

In tal senso si consiglia una manutenzione costante delle macchine, una riduzione di ritmi e velocità di lavorazione, l'impiego di silenziatori sugli scarichi d'aria di meccanismi pneumatici e sulle pistole ad aria compressa, l'utilizzo di utensili silenziosi con tempestive sostituzioni o affilature, l'uso di avvitatori elettrici o oleopneumatici, la modifica degli stampi delle presse e degli scivoli delle cesoie ecc.

Per quel che riguarda la propagazione del rumore, oltre che disporre le macchine su appoggi antivibranti, si può operare con cabine e cofanature isolanti.

L'adozione delle cabine silenziose per gli operatori è un metodo largamente impiegato nell'industria. Presenta il vantaggio di ridurre l'esposizione al rumore dei lavoratori, ma anche svantaggi non trascurabili in quanto isola in un ambiente spesso angusto il lavoratore.

Le cabine devono essere di adeguate dimensioni e utilizzabili per tempi di lavoro abbastanza lunghi: è frequente il caso di cabine inutilizzate perché gli organi di comando e di controllo dell'impianto si trovano all'esterno. Si dovrà in definitiva, prima di installare cabine per gli operatori, verificare per quanto tempo le cabine sono concretamente utilizzabili.

Le indicazioni che si possono trarre durante l'indagine vanno approfondite caso per caso dagli uffici tecnici competenti con l'ausilio, ove necessario, di ditte specializzate.

Talvolta è utile consultare il produttore delle macchine che su modelli recenti può aver attuato interventi di silenziamento efficaci. È indispensabile, nella fase di studio degli interventi, l'impegno dei preposti che, grazie alla loro esperienza del lavoro, possono fornire validi suggerimenti e valutare preventivamente l'applicabilità pratica delle soluzioni proposte dagli specialisti.

## 5.2. MEZZI PROTETTIVI PERSONALI

A completamento di quanto già esposto nel capitolo: "Mezzi personali di protezione" si riportano qui le caratteristiche dei mezzi individuali più usati per la protezione dal rumore dell'apparato uditivo: "lana piuma" e cuffie anti rumore.

Le battuffole di ovatta hanno scarsa efficacia ed i tamponi in gomma elastica, anche se più efficienti della lanapiuma, pongono problemi igienici. Nonostante abbia il vantaggio di essere monouso, anche l'impiego della lanapiuma richiede un'accurata igiene personale del condotto uditivo.

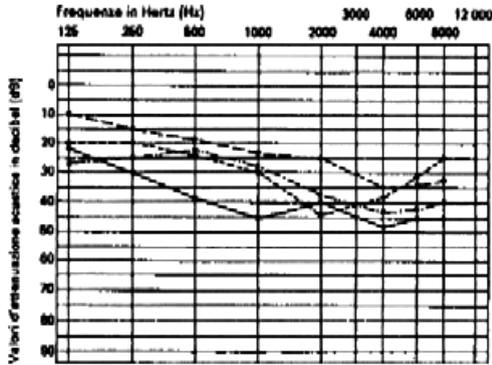


Fig. 10 - Curve di attenuazione acustica di quattro protettori auricolari.

Fig. 11 - Rumore di una sega circolare per profilati di metallo leggero durante il taglio a secco.

La zona tratteggiata rappresenta

l'attenuazione teorica da una cuffia antirumore.

Spettro 1 - Rumore agente sull'orecchio indifeso.

Spettro 2 - Rumore agente sulla membrana timpanica di un orecchio protetto con una cuffia antirumore.

Qualora sia ben inserita nel condotto uditivo esterno la lanapiuma produce un'attenuazione di 15 dB a 250 Hz e di oltre 20 dB a frequenze superiori.

Le cuffie consentono, a seconda del tipo, attenuazioni fino a 45 dB.

Anche le cuffie devono essere indossate correttamente, facendole aderire bene alla cute attorno al padiglione dell'orecchio.

Per questo motivo è opportuno adottare cuffie di misura regolabile direttamente dall'utilizzatore.

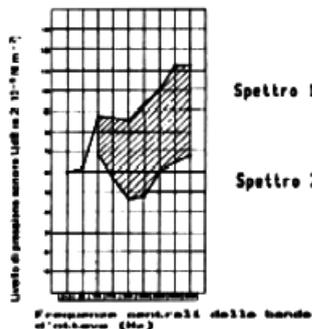
Cuffie e lanapiuma (in particolare le prime) hanno il difetto, in particolare per chi non è abituato, di essere talvolta fastidiose, specie se la sudorazione è sensibile, come avviene con i lavori pesanti ed in ambiente caldo.

D'altra parte producono senso di isolamento e difficoltà di ascolto dei segnali di pericolo e nelle comunicazioni verbali.

Se ne conclude che il loro impiego deve essere limitato ai casi di effettiva necessità e per il tempo strettamente necessario.

Tempi di impiego dell'ordine della mezz'ora, anche se ripetutamente nel corso del turno di lavoro, non dovrebbero creare problemi.

L'impiego del mezzo protettivo, per essere appropriato ed efficace, richiede la sensibilizzazione dei lavoratori, con una chiara indicazione delle aree e delle circostanze in cui deve



essere impiegato.

Il mezzo individuale non deve essere ritenuto una soluzione definitiva, ma un efficace sistema per

non rischiare danni all'organo uditivo mentre si realizzano gli interventi migliorativi (utilizzo di macchine e strumenti più silenziosi ecc.).

L'impiego della cuffia potrà risultare definitivo solo per brevi interventi di controllo o manovre in locali rumorosi o dove si rivelino non fattibili interventi migliorativi veri e propri.

L'impiego dei mezzi protettivi finalizzato e concordato entro i limiti di cui sopra, può essere attuato quale immediata prevenzione dei rischi da rumore.

Eventuali esenzioni o estensioni dell'impiego di tali mezzi per alcuni lavoratori potranno essere suggeriti dagli esiti delle visite audiometriche periodiche.

## 6. NORME DI LEGGE E RACCOMANDAZIONI

Fino al 1991 il legislatore italiano non fissava esplicitamente i limiti di rumorosità negli ambienti di lavoro.

Infatti l'art. 24 del D.P.R. n. 3031/1956 (abrogato dall'art. 59 del Decreto Legislativo n. 277 del 15 agosto 1991) imponeva genericamente: "Nelle lavorazioni che producono scuotimenti, vibrazioni o rumori dannosi ai lavoratori, devono adottarsi i provvedimenti consigliati dalla tecnica per diminuirne l'intensità".

Va però detto che nella pratica tale norma, coordinata con l'art. 2087 C.C., ha permesso l'elaborazione di un'articolata giurisprudenza di merito la quale, in molte occasioni, ha rappresentato un significativo fattore deterrente verso la tolleranza imprenditoriale per le lavorazioni rumorose e dannose.

Lo stesso D.P.R. indica le seguenti attività che espongono a rumore e per le quali è prescritta la visita medica annuale di controllo: lavoro dei calderai, ribaditura dei bulloni, battitura e foratura delle lamiere con punzoni, prove motori a scoppio ed a reazione, produzione di polveri metalliche con macchine e pestelli, fabbricazione di chiodi, lavoro ai telai meccanici di tessitura.

Ma in base alle recenti sentenze della Corte Costituzionale precedentemente citate anche altre lavorazioni non tabellate possono richiedere un adeguato controllo medico. Controllo che dev'essere efficace, dunque preventivo, e perciò: visita medica integrata da esame audiometrico (utilizzabile anche a fini clinici e assicurativi) ogni 3 anni per livelli di esposizione compresi tra 80 e 85 dBA e ogni due anni per livelli superiori a 85 dBA.

Il D.P.R. n. 1124/1965 ed il D.P.R. 482/1975 individuano le attività per le quali è previsto l'indennizzo da parte dell'INAIL in caso di sordità professionale.

Col D.M. del 18 aprile 1973 è stata resa obbligatoria la denuncia all'Ispettorato del Lavoro della ipoacusia da rumore, comunque essa sia contratta dal lavoratore nell'ambito della propria attività lavorativa.

Il DPR 9.6.1975 contiene la tabella delle malattie professionali nell'industria, e al punto 44 vi è l'elenco relativo alle attività che causano ipoacusia da rumore, tuttavia tale elenco non è chiuso, ma si può fornire la prova della causa professionale dell'ipoacusia derivante da altre lavorazioni (Corte Cost. sentenze n. 179/88 del 18.2.1988 e 206/88 del 25.2.1988). La legge n. 833/1978 lascia a successive norme di legge la fissazione e periodica revisione dei limiti massimi di accettabilità e di esposizione al rumore. Fino al 1991 erano utilizzati parametri tecnici extralegislativi di riferimento per la valutazione dell'esposizione professionale al rumore. Tra i parametri più usati sono stati quelli dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), che fissano i seguenti rapporti tra livello sonoro e tempo di esposizione (per 5 giorni alla settimana):

<b>Livello di pressione sonora</b>	<b>Esposizione giornaliera</b>
80 dB (A)	16 ore
85 dB (A)	8 ore
90 dB (A)	4 ore
95 dB (A)	2 ore
100 dB (A)	1 ora
105 dB (A)	1/2 ora
110 dB (A)	1/4 ora
115 dB (A)	1/8 ora

Non sono consentite esposizioni continue o intermittenti a livelli di pressione sonora superiori a 115 dB (A).

Quindi il valore limite per 8 ore lavorative è di 85 dBA.

Per esposizioni di durata variabile a livelli acustici diversi ci si dovrà attenere alla limitazione:

$D < 1$  ove:

$D = C_1/T_1 + C_2/T_2 + \dots + C_n/T_n$

in cui  $C_i$  = tempo di esposizione reale ad un livello  $L_i$

$T_i$  = tempo limite di esposizione ammissibile a livello acustico  $L_i$

Questa tabella non è valida per rumori impulsivi o di impatto (aventi variazioni nel livello sonoro con valori massimi ad intervalli maggiori di un secondo).

Per i rumori impulsivi l'ACGIH raccomanda di non superare i limiti sotto esposti:

(Peak-hold)	Livelli sonori dB	Impulsi giornalieri
	140	100
	130	1000
	120	10000

Va sottolineato che le raccomandazioni ACGIH si riferiscono a livelli di pressione sonora ed a durata di esposizione che rappresentano le condizioni alle quali si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere esposti ripetutamente senza reazioni negative sulle loro facoltà di udire e di capire la parola normale.

Questi valori devono essere usati come guida per il controllo della rumorosità; però, data la diversa sensibilizzazione individuale, non possono essere considerati come una linea netta di confine tra la zona di sicurezza e la zona di pericolosità.

E difatti sono suscettibili di critica, soprattutto alla luce di molte sentenze penali in materia di lesioni colpose per ipoacusie determinate da un'esposizione alla fascia di rumore da 80 ad 85 decibel.

Nel 1991 però, con il Decreto Legislativo 15 agosto 1991 n. 277, sono state recepite nell'ordinamento italiano, in modo per certi versi opinabile, alcune direttive comunitarie tra cui la 86/188/CEE relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro che hanno modificato profondamente la regolazione giuridica del rumore sul luogo di lavoro.

Opinabile perché stabilisce soglie di rumore (85-90 decibel) capaci di imporre obblighi concreti ai datori di lavoro troppo alte, e non prevede una tutela per il danno extrauditivo originato dal rumore, e rappresenta un arretramento rispetto alla tutela esistente.

Le norme del Decreto Legislativo regolano diversi aspetti.

Innanzitutto forniscono le formule per la determinazione delle esposizioni quotidiane e settimanali al rumore (art. 39):

"a) *esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore ( $L_{EP, d}$ )*, l'esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore espressa in dB(A) misurata, calcolata e riferita ad 8 ore giornaliere.

Essa si esprime con la formula:

$$L_{EP, d} = L_{Aeq, T_e} + 10 \log_{10} \frac{T_e}{T_o}$$

dove

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

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

$T_0 = 8h = 28800s$ ;

$P_0 = 20 \mu PA$ ;

$p_A$  = pressione acustica istantanea ponderata A, in Pascal, cui è esposta, nell'aria a pressione atmosferica, una persona che potrebbe o no spostarsi da un punto ad un altro del luogo di lavoro; tale pressione si determina basandosi su misurazioni eseguite all'altezza dell'orecchio della persona durante il lavoro, preferibilmente in sua assenza, mediante una tecnica che minimizzi l'effetto sul campo sonoro.

Se il microfono deve essere situato molto vicino al corpo, occorre procedere ad opportuni adattamenti per consentire la determinazione di un campo di pressione non perturbato equivalente. L'esposizione quotidiana personale non tiene conto degli effetti di un qualsiasi mezzo individuale di protezione;

b) *esposizione settimanale professionale di un lavoratore al rumore ( $L_{EP, w}$ )*, la media settimanale dei valori quotidiani  $L_{EP, d}$ , valutata sui giorni lavorativi della settimana.

Essa è calcolata mediante la formula:

$$L_{EP, w} = 10 \log \left[ \frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{0,1 L_{EP, d_k}} \right]$$

dove ( $L_{EP, d}$ )  $k$  rappresentano i valori di  $L_{EP, d}$  per ognuno degli  $m$  giorni di lavoro della settimana considerata".

L'art. 40 pone a carico del datore di lavoro l'obbligo di procedere alla valutazione del rumore durante il lavoro, al fine di identificare i lavoratori ed i luoghi di lavoro a rischio e di attuare le conseguenti misure preventive e protettive, ivi previste.

Per le imprese già attive la valutazione deve essere fatta entro 180 giorni dal 12 settembre 1991, per le nuove imprese non prima di 90 giorni e non oltre i 180 giorni dall'inizio dell'attività (art. il comma 6). In ogni caso nel periodo intermedio vi è l'obbligo di evitare un incremento anche temporaneo dell'esposizione al rumore dei lavoratori (art. 56).

Quando tale valutazione permette di ritenere "fondatamente" che l'esposizione quotidiana personale ovvero quella media settimanale, se quella quotidiana è variabile nell'arco della settimana, superi gli 80 dBA, la valutazione deve comprendere una misurazione effettuata secondo i seguenti criteri tecnici:

## **ALLEGATO VI - CRITERI PER LA MISURAZIONE DEL RUMORE (ART. 40, COMMA 2)**

### **A-1. Generalità.**

1.1. Le esposizioni personali di cui all'art. 39 sono:

- i) misurate direttamente con fonometri integratori, oppure:
- ii) calcolate partendo da misure della pressione acustica, integrando per il tempo di esposizione.

1.2. Le misurazioni possono essere effettuate nei posti di lavoro occupati dai lavoratori o con strumenti fissati sulla persona. La localizzazione e la durata delle misurazioni debbono essere congrue ai fini della rappresentatività dei valori ottenuti.

## **A-2. Apparecchiatura**

2.1. I fonometri utilizzati devono essere conformi alle prescrizioni della norma IEC 651 gruppo 1; essi devono essere muniti di indicatore di sovraccarico.

Tali strumenti non sono idonei al calcolo del  $L_{Aeq T_e}$  e in presenza di rumore impulsivo.

Ove siano utilizzati fonometri integratori questi dovranno essere conformi alle prescrizioni della norma 804 gruppo 1.

Sono consentiti metodi di misura che prevedano la registrazione, come tappa intermedia dei segnali su supporto magnetico

2.2. Lo strumento utilizzato per misurare direttamente il valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata deve avere una costante di tempo di salita non superiore a 100 microsecondi.

2.3. Tutta la strumentazione deve essere tarata ad intervalli non superiori ad un anno e ricontrollata prima di ogni intervento.

## **A-3. Misurazioni**

3.1. La misurazione della pressione acustica in presenza della persona interessata deve tenere conto delle perturbazioni causate dalla stessa al campo di pressione; si considera non perturbata la misura se potrà essere eseguita a 0,1 metri di distanza dalla testa all'altezza dell'orecchio.

3.2. Le ponderazioni temporali "slow" e "last" sono valide se l'intervallo di misurazione risulta grande rispetto alla costante di tempo della ponderazione prescelta ed il livello della pressione acustica non fluttui molto rapidamente.

3.3. Di ogni misurazione deve essere indicata anche l'incertezza di cui la medesima è affetta (errore casuale).

La valutazione del rischio da rumore deve essere ripetuta, da personale competente (sotto la responsabilità del datore di lavoro) consultando i lavoratori e i loro rappresentanti (art. 40 commi 3 e 7) e utilizzando metodi e strumenti adeguati, periodicamente e ogni qualvolta vi sia un significativo mutamento delle lavorazioni incidente sulle emissioni sonore.

Ditale valutazione deve essere redatto apposito rapporto da tenere a disposizione degli organi di vigilanza.

La riduzione del rumore deve essere perseguita tenendo conto del progresso tecnico e adottando le "misure concretamente attuabili" (art. 41): i nuovi impianti, macchine ed apparecchiature devono rispondere a questa esigenza (art. 46 c. 1). I luoghi dove vi sia un'esposizione costante superiore a 90 dBA o una pressione acustica istantanea superiore a 140 dBA devono essere perimetrati e dotati di idonea segnaletica (art. 41), e vanno comunicate all'organo di vigilanza le misure tecniche ed organizzative adottate per la riduzione dell'esposizione (art. 45).

Gli utensili, macchine ed apparecchiature che espongono l'utilizzatore ad un'esposizione quotidiana pari o superiore ad 85 dBA devono essere corredati di informazioni sul loro funzionamento e sui rischi connessi (art. 46 c. 2). Inoltre il datore di lavoro deve privilegiare, all'atto dell'acquisto di nuovi utensili, macchine, apparecchiature, quelli che producono, nelle normali condizioni di funzionamento, il più basso livello di rumore (art. 46 c. 3).

Per le esposizioni superiori a 80 dBA vi sono solo generici obblighi informativi (art. 42), mentre per quelle superiori a 85 dBA è imposta anche un'adeguata formazione dei lavoratori sull'uso corretto dei mezzi di protezione individuali e di utensili, macchine e apparecchiature.

L'art. 43 (comma 1) impone al datore di lavoro l'obbligo di fornire a tutti i lavoratori la cui esposizione quotidiana personale può verosimilmente superare 85 dBA mezzi individuali di protezione dell'udito adattati e sicuri (sono tali quando mantengono un livello di rischio uguale od inferiore a quello derivante da un'esposizione quotidiana personale di 90 dBA, e i modelli vanno decisi previa consultazione dei lavoratori o loro rappresentanti).

L'uso è obbligatorio per i lavoratori quando l' esposizione quotidiana personale supera 90 dBA (art. 43 comma 4).

Sempre oltre gli 85 dBA di esposizione quotidiana personale al rumore i lavoratori devono essere obbligatoriamente sottoposti a controllo sanitario comprendente (art. 44):

a) una visita medica preventiva, integrata da un esame della funzione uditiva (1. un'otoscopia ed un controllo audiometrico con audiometria liminare totale in conduzione aerea che copra anche la frequenza di 8000 Hz e 2. controllo audiometrico nel rispetto delle disposizioni della norma 1S06189/1983 e condotto con un livello di rumore ambientale tale da permettere di misurare un livello di soglia di udibilità pari a 0 dB corrispondente alla norma ISO 389/1979) per accertare l'assenza di controindicazioni al lavoro specifico ai fini della valutazione dell'idoneità dei lavoratori;

b) visite mediche periodiche, con esame della funzione uditiva, per controllare lo stato di salute dei lavoratori ed esprimere il giudizio di idoneità (la prima non oltre un anno dopo la visita preventiva, quelle successive ad intervalli non superiori a due anni per lavoratori la cui esposizione quotidiana personale non supera 90 dBA e ad un anno nei casi di esposizione quotidiana personale superiore a 90 dBA, su prescrizione del medico competente).

Solo su richiesta dei diretti interessati, e previo assenso del medico competente (che può essere anche quello di fabbrica, vista l'ambigua formulazione dell'art. 7), il controllo sanitario è esteso ai lavoratori la cui esposizione quotidiana personale sia compresa tra 80 dBA e 85 dBA (art. 44 comma 4).

Su parere del medico competente il datore di lavoro deve adottare misure preventive e protettive per singoli lavoratori, per favorirne il recupero audiologico.

Tali misure possono comprendere la riduzione dell'esposizione quotidiana personale del lavoratore, conseguita mediante opportune misure organizzative (contro tali misure i lavoratori interessati

possono ricorrere all'organo di vigilanza entro trenta giorni, informandone per iscritto il datore di lavoro).

I datori di lavoro possono richiedere rispettivamente all'organo di vigilanza e al Ministero del Lavoro o dell'Industria (sic, non si capisce perché non sia competente il Ministero della Sanità) una deroga all'uso di mezzi personali di protezione per particolari lavorazioni (dopo trenta giorni dalla richiesta si forma il silenzio-assenso

- art. 47) che prevedono variazioni notevoli dell'esposizione quotidiana (purché la media settimanale non superi i 90 dBA) e per particolari situazioni lavorative per le quali non è possibile ridurre l'esposizione quotidiana personale di un lavoratore al di sotto di 90 dBA anche con l'uso dei mezzi individuali di protezione.