

IL RUMORE



Vecchia questione del rumore

Il problema dell'inquinamento ambientale da rumore, pur essendo attualissimo, non è certo di recente interesse probabilmente è un problema vecchio quanto l'umanità.



Plinio si fece costruire una camera da letto a doppie pareti per non sentire gli schiamazzi degli schiavi ed il rumore delle onde o dei tuoni.

Cicerone e Seneca raccontano come molti abitanti della valle del Nilo avessero l'udito compromesso per il rumore delle cascate del fiume.

Già nel VII sec. a.C. nella città di Sibari era proibito entro le mura il lavoro di artigiani che adoperassero il martello, non solo, ma era proibito tenere galli che disturbassero il sonno o che un calderaio abitasse nella stessa strada di un filosofo; inoltre alcune strade della città erano chiuse al traffico dei carri.



Il notevole **sviluppo tecnologico** europeo, **non è stato prontamente seguito dall'adozione di soluzioni idonee a ridurre la rumorosità dell'ambiente di lavoro;**

inoltre è andata aumentando progressivamente anche quella dell'ambiente extra-lavorativo, causata dal **traffico** (automobilistico, ferroviario ed aereo), dall'esercizio di attività produttive nonché dalle varie estrinsecazioni della vita di relazione.

Basti pensare che anche alcuni **svaghi** o passatempi si accompagnano ad elevati livelli di rumorosità (discoteche, caccia, tiro a segno, uso di motociclette, motoscafi ecc.).



Il rumore rappresenta una delle problematiche più diffuse e pericolose negli ambienti di lavoro, soprattutto nei settori industriali come l'edilizia, la metalmeccanica e la manifattura.

Sebbene spesso venga considerato un effetto collaterale inevitabile, l'esposizione prolungata a livelli elevati di rumore può avere gravi conseguenze sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori.

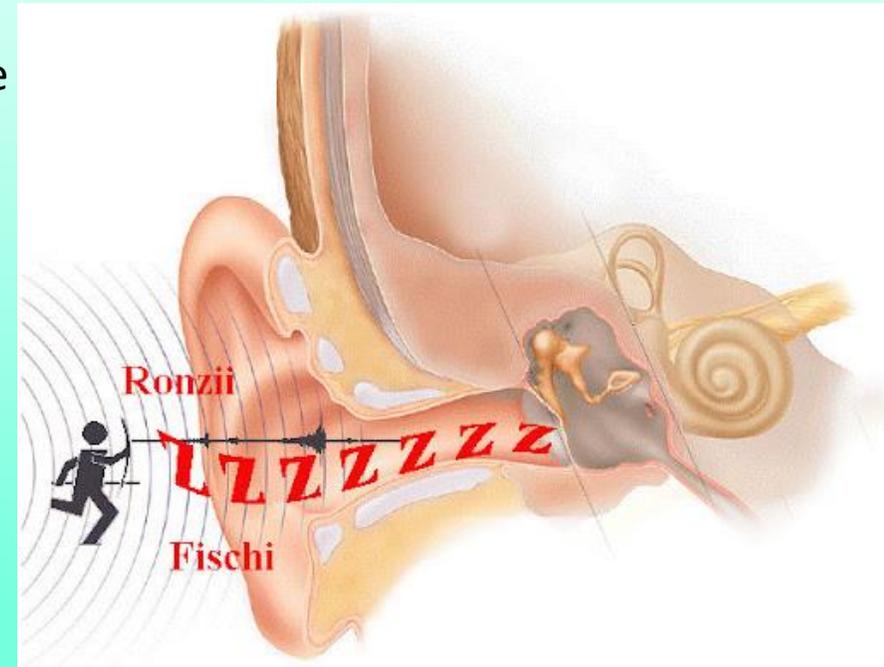


Il rumore si definisce come un suono indesiderato, caratterizzato da vibrazioni che si propagano attraverso l'aria o altri mezzi, e viene misurato in decibel (dB).

Quando i livelli di rumore superano la soglia di 85 dB, l'esposizione prolungata può iniziare a causare danni all'apparato uditivo. Nei cantieri edili o nelle officine metalmeccaniche, i livelli di rumore possono facilmente superare i 100 dB, con macchinari pesanti e attrezzature come trapani, seghe circolari e presse.

L'esposizione continua o ripetuta a rumore intenso può portare a:

- **Perdita dell'udito:** L'ipoacusia indotta dal rumore è spesso irreversibile e si manifesta in modo graduale, rendendo difficile per i lavoratori accorgersi del danno fino a quando non è troppo tardi.
- **Acufene:** Un fischio o ronzio persistente nelle orecchie che può compromettere la qualità della vita e rendere difficile il riposo o la concentrazione.
- **Aumento dello stress:** L'esposizione costante a rumori intensi può incrementare i livelli di stress e ansia, influenzando negativamente sulla salute mentale dei lavoratori.
- **Riduzione della concentrazione e aumento degli incidenti:** Il rumore può compromettere la capacità di concentrarsi, aumentando il rischio di errori e incidenti sul lavoro.



Il rumore non solo causa problemi di udito, ma ha anche effetti sistemici sul corpo. Aumenta la frequenza cardiaca, la pressione sanguigna, e può contribuire all'insorgenza di malattie cardiovascolari.

Gli effetti psicologici includono irritabilità, affaticamento mentale e difficoltà nel prendere decisioni, il che può influire direttamente sulla produttività e sulla sicurezza sul posto di lavoro.



Il rumore è **una delle maggiori cause di inquinamento ambientale** ed è riconosciuto dall'INAIL come fattore di rischio per i lavoratori. Infatti, si calcola che l'esposizione prolungata a rumori elevati durante l'attività lavorativa rappresenta, da sola, il 40% dei casi di malattia professionale.

Le vittime di questo tipo di danno hanno una **ipoacusia neurosensoriale** irreversibile poiché il rumore danneggia le strutture che trasmettono i suoni al cervello (cellule cigliate). L'unica soluzione per tornare a sentire in modo pieno e soddisfacente, una volta danneggiati, è l'apparecchio acustico. **La soglia di sicurezza è 85 decibel.**



Malattie Professionali da Agenti Fisici

Malattie professionali denunciate all'INAIL per settore IC-10* e anno di protocollazione
nel periodo 2011-2020

Gestione: Industria e Servizi, Agricoltura, Dipendenti Conto Stato

Malattia	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Disturbi disco lombare (MMC + WBV)	3.664	3.667	4.383	5.703	6.379	5.991	5.800	5.973	5.844	4.801
Ipoacusia da rumore e trauma acustico	5.371	4.551	4.645	4.725	4.750	4.776	4.569	4.593	4.323	2.918
Malattie da vibrazioni HAV (Sindrome di Raynaud)	218	197	194	173	171	191	136	104	111	65
Sindrome del Tunnel Carpale (MR + Posture + Forza + HAV)	5.617	5.363	5.823	6.223	6.198	6.559	6.133	6.478	6.410	4.624
Malattie dell'occhio (RI + RO)	105	113	109	105	101	114	102	80	72	47

Chi rischia danni uditivi a causa dell'esposizione al rumore?

1. Le persone più esposte sono i lavoratori che passano molto tempo in ambienti rumorosi. Per l'elevato rischio negli ambienti lavorativi, la legge sulla sicurezza nei luoghi di lavoro prevede che il datore sia tenuto a fornire dispositivi di protezione individuale ai lavoratori esposti al rumore: si chiamano otoprotettori e sono di diversi tipi: cuffie, archetti, tappi e dispositivi più tecnologici.

2. Le persone che hanno hobby rumorosi.

Non ci rendiamo conto che nel tempo libero siamo esposti a molti rumori forti:

- Ascoltiamo **musica ad alto volume**;
- Caccia e **spari**;
- Sport motoristici (**moto e auto da corsa**);
- **Bricolage** (con l'uso di utensili elettrici o manuali);
- **Giardinaggio** (con l'uso di utensili elettrici o a motore).

In tutte queste situazioni siamo esposti per diverse ore a rumori che superano la soglia di 85 dB

Il nemico numero uno è il traffico

La stragrande maggioranza dell'inquinamento acustico europeo è prodotto dal traffico delle nostre strade. Secondo un'indagine promossa da Amplifon e realizzata da Gfk nel 2016, in occasione della European Mobility Week, gli italiani sono i più esposti al rumore del traffico in Europa: i mezzi di trasporto con cui ci muoviamo in città producono in media 82,2 decibel, avvicinandosi al limite dei 90 decibel indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) come soglia critica per evitare danni all'udito.

Il rumore registrato a Palermo, Firenze, Torino, Milano, Roma, Bologna e Napoli ha superato ormai la soglia di guardia degli 85 db.

Fonte: Amplifon



L'età ha un'influenza importante sulla perdita uditiva: con il passare degli anni, essendo tutti quanti soggetti al normale processo di invecchiamento, la possibilità di diventare ipoacusici aumenta in modo naturale. Se al passare degli anni associamo anche l'esposizione al rumore forte e costante, il rischio di una perdita uditiva aumenta ancora di più.

Chi è sempre in call

Gli auricolari hanno un ruolo sempre più importante nelle nostre vite lavorative e personali. Ci spostiamo continuamente, lavoriamo da casa, gestiamo le call dall'auto mentre ci spostiamo o anche sul treno e comunichiamo sempre più spesso con i nostri familiari utilizzando gli stessi dispositivi specie quando siamo lontani.

Gli auricolari fanno male all'udito? Come spesso accade, il problema non è lo strumento in sé ma l'uso che se ne fa. Ascoltare audio dalle cuffiette per lunghi periodi di tempo può avere conseguenze sull'udito, in particolare se il volume è alto.

Guardare film, passare il tempo durante gli spostamenti di lavoro, lavorare in videocall senza disturbare i colleghi o i familiari, fare lunghe telefonate: in tutte queste attività le cuffiette ci accompagnano. C'è chi in ufficio ascolta la musica anche per isolarsi dai rumori dei colleghi, dallo squillo del telefono e altri suoni della routine di un luogo di lavoro. C'è chi ascolta la musica persino per trovare il giusto relax e scivolare più facilmente nel sonno.

È quasi banale scriverlo: ascoltare musica a volume alto comporta rischi grossi per l'udito, con un abbassamento della capacità di percepire i suoni normali. Questo concetto ci è chiaro, probabilmente lo sappiamo tutti, ma sottovalutiamo invece l'uso intensivo delle cuffiette per videocall e telefonate commerciali, letteralmente esplose nell'ultimo anno. Come attività formative, i podcast sono la tendenza del momento... che comporta l'ascolto di audio che spesso ascoltiamo con le cuffiette. Coerentemente, più ci immergiamo nel traffico, o maggiore è il rumore di fondo, più alziamo il volume delle cuffiette per isolarci e concentrarci... avrai capito che è un circolo vizioso.

Alzando solo un po' il volume delle cuffiette i decibel raggiungono facilmente un livello di 80-100 a fronte di una conversazione normale che si attesta sui 40 decibel.

Quindi, per rispondere alla domanda iniziale **“le cuffiette fanno male?”** la risposta è: indossare le cuffiette per molte ore bombardando le orecchie con audio (voci, musica, podcast non ha importanza) a volume elevato è come giocare col fuoco.

Un'ulteriore fonte di rischio per nulla scontata, di cui ben poche persone sono consapevoli, è la questione igienica.

Gli alti livelli di rumore rappresentano **“uno dei principali rischi nell’ambiente di lavoro praticamente in tutti i paesi”**. Ad esempio negli Stati Uniti d’America, “si stima che più di 30 milioni di lavoratori siano esposti a livelli pericolosi di rumore [Usa Department of labour, 2004]”. E un ulteriore studio sui dati americani, “stimava che nel 2000 il 16% delle ipoacusie negli adulti fosse di natura professionale [Nelson et al., 2005], mentre uno studio del 2008 dell’Università della California [Dobie RA, 2008] ridimensionava al 10% questa stima”.

Si indica poi che poco prima degli anni 2000, “mettendo a confronto i **dati europei**, l’**ipoacusia da rumore** rimaneva la **prima causa di malattia professionale in Italia, Germania, Austria e Portogallo**, la **seconda causa in Svizzera**, la **terza causa in Danimarca, Spagna e Francia** [D’Amico et al., 2002]”.

E nei paesi menzionati “l’80% delle denunce di ipoacusia provenivano da quattro settori principali: industria metalmeccanica, edilizia, industria estrattiva, industria del legno, con numeri inferiori per l’industria tessile e chimica”. Mentre come indicato anche in vari nostri articoli, nell’ultimo decennio i dati europei “vedono al primo posto”, tra le malattie professionali, le patologie muscoloscheletriche.

Dai vari dati rilevabili sempre a livello internazionale **“si osserva che le occupazioni a più alto rischio per la perdita dell’udito indotta da rumore includono quelle nel settore manifatturiero, nei trasporti, nell’industria mineraria, nell’edilizia, nell’agricoltura e nell’esercito”**.

Stime allargate a tutto il mondo suggeriscono che sono circa 127 milioni i soggetti con deficit uditivo di almeno 45 dBA e circa 39 milioni quelli con deficit di almeno 65 dBA.

Negli USA, 1/3 dei soggetti con difetto uditivo (circa 10 milioni), hanno sviluppato l'ipoacusia in seguito ad esposizione a rumore sul posto di lavoro o in attività' ricreative.

In Europa, dati della European Environment Agency mostrano che circa 113 milioni sono esposti a livelli di rumore >65dBA e circa 10 milioni a livelli >75dBA.

Effetti psichici e fisici extra-uditivi

I sensi funzionano in equilibrio tra loro: quando uno dei cinque sensi ha uno scompenso, ne risente tutto il corpo in termini di benessere generale. L'esposizione e il danno da rumore può produrre vari tipi di conseguenze:

- Alterazione della produzione di ormoni
- Alterazioni alla funzionalità gastro-intestinale
- Alternazioni all'apparato cardiocircolatorio
- Depressione
- Diminuzione della vigilanza
- Ansia

Studi recenti hanno inoltre evidenziato correlazioni tra l'esposizione al rumore della madre e la riduzione e ipoacusie nei neonati alle alte frequenze. In caso di gravidanza quindi, l'esposizione al rumore della madre è pericolosa anche per il bambino e anche se la madre si protegge con otoprotettori il feto è comunque esposto a pericoli per il suo sistema uditivo.

Ipoacusia e settori tecnologici

Quattro macrosettori produttivi, hanno originato nel decennio il massimo dei casi di ipoacusia, superando ciascuno le 3000 unità,

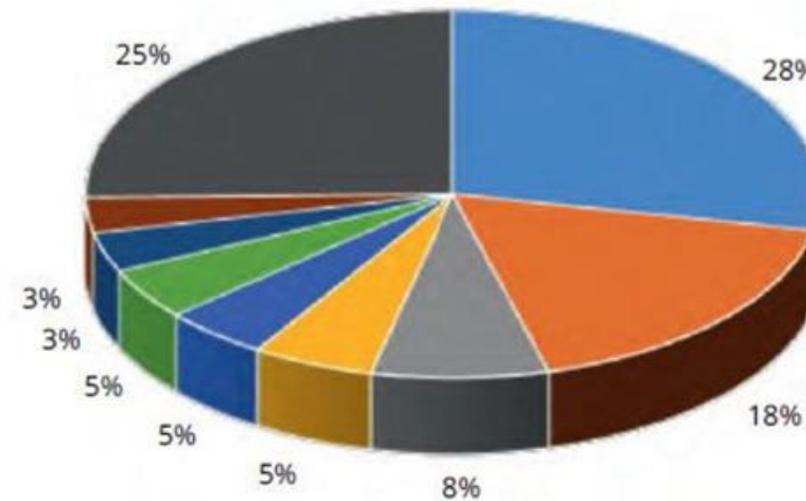
si tratta:

- dell'industria metalmeccanica (oltre 14500 casi)
- di quella delle costruzioni (oltre 6500 casi)
- di quella estrattiva (oltre 4000 casi),
- di quella del legno (oltre 3000 casi),

per un totale che rappresenta l'80% dell'intera casistica.

Figura 1

Sordità da rumore.
Dati 2010 - 2014 per settori di attività economica (Ateco 1991)



- Costruzioni
- Fabbricazione e lavorazione di prodotti in metallo
- Fabbricazione di macchine e apparecchi meccanici, compresi l'installazione
- Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi
- Agricoltura, caccia e relativi servizi
- Produzione di metalli e loro leghe
- Commercio e manutenzione di autoveicoli e motocicli; Vendita di carburante
- Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche

Industria tessile



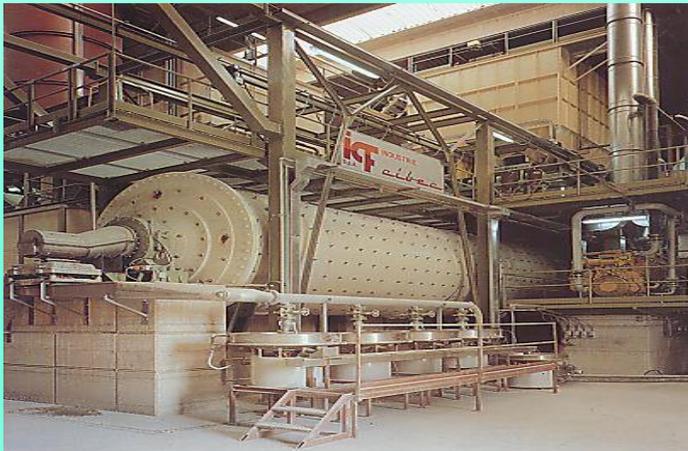
Demolitore



Escavatore



Impianto di macinazione



Metalmeccanica



Lavorazione legno



Tuttavia a 30 anni dalla prima legge sul rumore (D.Lgs. 277/91) sono ancora troppe le ipoacusie (quasi 3000 le denunce nel 2020). Inoltre vengono fatte poche bonifiche acustiche, si interviene spesso solo con DPI uditivi (DPI-u) e sono generalmente assenti le valutazioni dei rischi extra uditivi.

Riguardo alle **malattie professionali** connesse al rischio rumore l'intervento si sofferma sul **D.M. del 9 aprile 2008**

"Nuovo elenco delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura" che comprende il rumore al punto 75) IPOACUSIA DA RUMORE (**industria**).

In questo caso si riportano le **lavorazioni che espongono a rumore in assenza di efficace isolamento acustico**:

1. "martellatura, cianfrinatura, scriccatura, molatura ed aggiustaggio nella costruzione di caldaie, serbatoi e tubi metallici.
2. picchettaggio e disincrostazione di contenitori metallici: vasche, cisterne, serbatoi, gasometri.
3. martellatura, molatura, ribattitura di materiali metallici (lamiere, chiodi, altri).
4. punzonatura o tranciatura alle presse di materiali metallici.
5. prova al banco dei motori a combustione interna.
6. prova dei motori a reazione e a turboelica.
7. frantumazione o macinazione ai frantoi, molini e macchine a pestelli di: minerali o rocce, clincker per la produzione di cemento, resine sintetiche.
8. fabbricazioni alle presse di chiodi, viti e bulloni
9. filatura, torcitura e ritorcitura di filati; tessitura ai telai a navetta
10. taglio di marmi o pietre ornamentali con dischi di acciaio o con telaio multilame.
11. perforazioni con martelli pneumatici.
12. avvitatura con avvitatori pneumatici a percussione
13. conduzioni di forni elettrici ad arco.
14. formatura e distaffatura in fonderia con macchine vibranti.
15. sbavatura in fonderia con mole.
16. formatura di materiale metallico, mediante fucinatura e stampaggio.
17. lavorazione meccanica del legno con impiego di seghe circolari, seghe a nastro, piallatrici e toupies.
18. lavori in galleria con mezzi meccanici ad aria compressa.
19. stampaggio di vetro cavo.
20. prova di armi da fuoco.
21. conduzioni delle riempitrici automatiche per l'imbottigliamento in vetro o l'imbarattolamento in metallo.
22. addetti alla conduzione dei motori in sala macchine a bordo delle navi.
23. Altre lavorazioni, svolte in modo non occasionale, che comportano una esposizione personale, giornaliera o settimanale, a livelli di rumore superiori a 80 dB(A)".

Il decreto comprende il rumore anche al punto 20) IPOACUSIA DA RUMORE (**agricoltura**):

- Lavorazioni forestali nelle quali si impiegano, in modo non occasionale, motoseghe portatili prive di efficaci sistemi di insonorizzazione.
- Altre lavorazioni, svolte in modo non occasionale che comportano l'esposizione personale professionale, quotidiana o settimanale, a livelli di rumore superiori a 80 dB(A).

Rischio rumore: valutazione del rischio, certificazione e misurazione

L'intervento si sofferma ampiamente anche sulla **valutazione del rischio** con riferimento al Titolo VIII Capo II del Decreto legislativo 81/2008 (Testo Unico).

Si ricorda, ad esempio, che nella valutazione è necessario tenere conto della **certificazione acustica dei costruttori** riportata nei libretti di uso e manutenzione, ai sensi delle direttive di prodotto (D.Lgs. 17/2010, D.Lgs. 262/2002, 2009/76/CE, D.Lgs. 37/2010, ...).

E riguardo alla certificazione acustica delle macchine si indica che i costruttori (D.Lgs. 17/2010) "sono obbligati alla rilevazione di alcune grandezze relative all'emissione acustica del macchinario da indicare nel libretto d'uso e manutenzione associato. In tale libretto devono figurare **indicazioni** relative al:

- livello di pressione acustica continuo equivalente ponderato A (L_{Aeq}) nei posti di lavoro se questo supera i 70 dB(A). In caso contrario deve essere dichiarato il non superamento;
 - ✓ in aggiunta al precedente anche il livello di potenza acustica (L_{WA}) emesso dalla macchina, quando il livello di pressione acustica continuo equivalente ponderato A nei posti di lavoro supera gli 80 dB(A);
 - ✓ valore massimo di pressione acustica istantanea ponderata C nelle postazioni di lavoro, se questo supera i 130 dB(C)".

Se poi, a seguito della valutazione di cui al comma 1 dell'articolo 190, *'può fondatamente ritenersi che i valori inferiori di azione possono essere superati, il datore di lavoro **misura i livelli di rumore** cui i lavoratori sono esposti, i cui risultati sono riportati nel documento di valutazione'* (comma 2, art. 190). E i metodi e la strumentazione utilizzati *'devono essere adeguati alle caratteristiche del rumore da misurare, alla durata dell'esposizione e ai fattori ambientali secondo le indicazioni delle norme tecniche. I metodi utilizzati possono includere la campionatura, purché sia rappresentativa dell'esposizione del lavoratore* (comma 3, art. 190).

Inoltre nell'applicare quanto previsto nell'articolo 190, il datore di lavoro *'tiene conto delle imprecisioni delle misurazioni determinate secondo la prassi **metrologica**'* (comma 4) e la valutazione *'individua le misure di prevenzione e protezione necessarie ai sensi degli articoli 191, 192, 193, 194, 195 e 196 ed è documentata in conformità all'articolo 28, comma 2'* (comma 5).

Ricordiamo che l'emissione sonora di attrezzature di lavoro, macchine e impianti può essere stimata in fase preventiva facendo riferimento alle banche dati sul rumore approvate dalla Commissione consultiva permanente (comma 5-bis)

L'intervento riporta poi anche alcune indicazioni tratte dall'articolo 192 del Testo Unico – relativamente alle **misure di prevenzione e protezione** - dove si indica che il datore di lavoro *elimina i rischi alla fonte o li riduce al minimo mediante le seguenti misure:*

1. *adozione di metodi di lavoro meno rumorosi;*
2. *scelta di attrezzature di lavoro che emettano il minore rumore possibile conformi ai requisiti di cui al titolo III;*
3. *progettazione della struttura dei luoghi e dei posti di lavoro;*
4. *adeguata informazione e formazione sull'uso corretto delle attrezzature*
5. *adozione di misure tecniche per il contenimento:*
 - *del rumore trasmesso per via aerea, quali schermature, involucri o rivestimenti realizzati con materiali fonoassorbenti;*
 - *del rumore strutturale, quali sistemi di smorzamento o di isolamento;*
6. *opportuni programmi di manutenzione*
7. *riduzione del rumore tramite una migliore organizzazione del lavoro.*

E se a seguito della valutazione dei rischi di cui all'art. 190 *risulta che i valori superiori di azione sono oltrepassati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore.*

Si ricorda anche che *i luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti al rumore al di sopra dei valori superiori di azione sono indicati da appositi segnali. Dette aree sono delimitate e l'accesso è limitato, ove ciò sia tecnicamente possibile e giustificato dal rischio di esposizione (comma 3).*

Infine si riportano anche indicazioni dall'art. 193 (Uso dei dispositivi di protezione individuale) che ricorda che **qualora i rischi derivanti dal rumore non possono essere evitati con le misure di prevenzione e protezione di cui all'art. 192**, il datore di lavoro *fornisce i dispositivi di protezione individuali per l'udito conformi alle disposizioni contenute nel Titolo III, capo II, e alle seguenti condizioni:*

1. *nel caso in cui l'esposizione al rumore superi i valori inferiori di azione il datore di lavoro mette a disposizione dei lavoratori dispositivi di protezione individuale dell'udito;*
2. *nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito;*
3. *sceglie i DPI-u che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti;*
4. *verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.*

Il relatore sottolinea, quindi, che l'uso dei DPI uditivi avviene solo **a valle degli interventi tecnici.**

Si ricorda anche che il datore di lavoro *tiene conto dell'attenuazione prodotta dai dispositivi di protezione individuale dell'udito indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare l'efficienza dei DPI uditivi e il rispetto dei valori limite di esposizione. I mezzi individuali di protezione dell'udito sono considerati adeguati ai fini delle presenti norme se, correttamente usati, e comunque rispettano le prestazioni richieste dalle normative tecniche.*

Rumore

In ambito sicurezza, il **rumore** è definito come qualsiasi suono indesiderato o molesto che può avere effetti negativi sulla salute, sul comfort o sulla capacità di comunicazione e concentrazione delle persone. In particolare, nella normativa sulla sicurezza sul lavoro, il rumore viene considerato un **fattore di rischio fisico** che può causare danni all'udito (es. **ipoacusia da rumore**), stress psicofisico, interferenze con la comunicazione verbale e aumento del rischio di infortuni.

Caratteristiche principali del rumore in ambito sicurezza:

Livello di pressione sonora (misurato in decibel, dB): maggiore è il livello, maggiore è il rischio.

Durata dell'esposizione: il rischio aumenta con il tempo di esposizione.

Frequenza del suono: suoni ad alta frequenza possono essere più dannosi per l'udito.

Contesto lavorativo: il rumore può interferire con la capacità di percepire segnali di allarme o comunicazioni importanti.

Riferimenti normativi:

La **Direttiva Europea 2003/10/CE** e il **D.Lgs. 81/2008** in Italia stabiliscono i **limiti di esposizione** al rumore e le misure di prevenzione e protezione, come:

Limite di esposizione giornaliera a 87 dB(A) con protezioni auricolari.

Soglia di azione a partire da 80 dB(A) per attuare misure preventive.

Misure di gestione del rischio da rumore:

Valutazione del rischio tramite fonometri o dosimetri.

Riduzione del rumore alla fonte, come manutenzione dei macchinari.

Isolamento acustico delle aree di lavoro rumorose.

Dispositivi di protezione individuale (tappi o cuffie antirumore).

Elementi caratterizzanti il suono

1. Frequenza

Definizione: Il numero di oscillazioni o vibrazioni complete che un'onda sonora compie in un secondo. Si misura in **Hertz (Hz)**.

Percezione: È correlata al **tono** del suono:

Frequenze basse → suoni gravi.

Frequenze alte → suoni acuti.

Gamma udibile per l'uomo: Circa 20 Hz - 20.000 Hz.

2. Intensità

Definizione: La quantità di energia trasportata dall'onda sonora, misurata come livello di pressione sonora in decibel (dB).

Percezione: È correlata al **volume del suono**:

Intensità bassa → suoni deboli.

Intensità alta → suoni forti.

Valori superiori a 85 dB per esposizioni prolungate possono essere dannosi.

3. Durata

Definizione: La lunghezza temporale di un suono, ossia quanto tempo il suono è percepibile.

Percezione: Contribuisce alla distinzione tra suoni brevi (es. un colpo secco) e suoni prolungati (es. un fischio continuo).

4. Timbro

Definizione: La qualità o carattere unico di un suono, determinato dalla combinazione di frequenza fondamentale e armoniche.

Percezione: Permette di distinguere suoni prodotti da sorgenti diverse, anche se hanno stessa frequenza e intensità (es. differenza tra un pianoforte e una chitarra).

5. Velocità di propagazione

Definizione: La velocità con cui l'onda sonora si propaga nel mezzo in cui viaggia, variabile a seconda del mezzo (aria, acqua, metalli).

Nell'aria: circa 343 m/s a 20°C.

Nei solidi: molto più elevata.

Percezione: Influisce sulla percezione dei ritardi o eco.

6. Lunghezza d'onda

Definizione: La distanza tra due creste consecutive di un'onda sonora, inversamente proporzionale alla frequenza.

Formula: $\lambda = v \backslash f$

λ =: lunghezza d'onda.

v: velocità del suono nel mezzo.

f: frequenza.

7. Direzionalità

Definizione: La capacità del suono di propagarsi in una direzione specifica.

Percezione: Determina da dove proviene il suono, importante per la localizzazione spaziale.

- **RUMORE STABILE o STAZIONARIO:**
le variazioni di intensità non superano 3 dB;
- **RUMORE FLUTTUANTE:**
le variazioni superano i 3 dB;
- **RUMORE INTERMITTENTE:**
un rumore di durata superiore a 1 sec. cade bruscamente in più riprese durante il periodo di osservazione;
- **RUMORE IMPULSIVO:**
rumori di alta intensità e durata inferiore ad 1 sec.

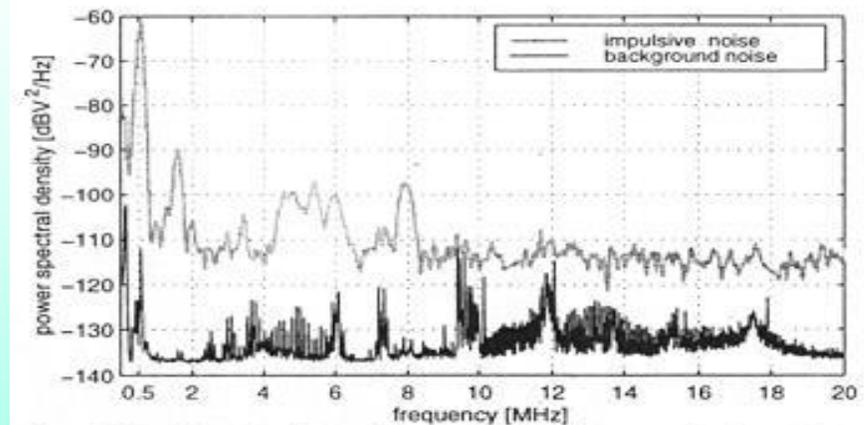
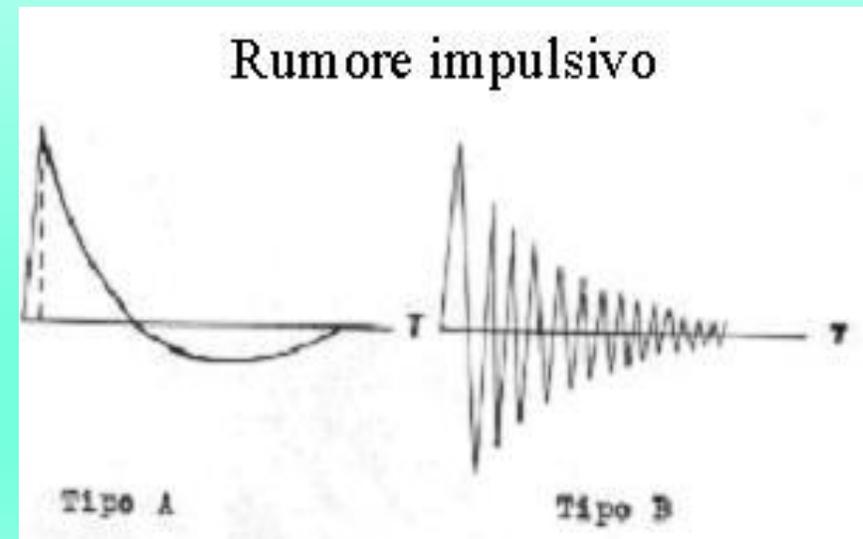


Figura 3.15 Densità spettrale di potenza del rumore impulsivo asincrono a confronto con quella del rumore di fondo [39].



Elementi caratterizzanti il suono

- **PERIODO (T)**: intervallo di tempo che intercorre tra i due istanti in cui la ampiezza assume il massimo valore positivo.
- **LUNGHEZZA D'ONDA** (λ): spazio percorso dall'onda in un periodo.
- **TIMBRO**: E' determinato dalla forma dell'onda sonora e costituisce la qualità del suono
- **INTENSITA'**: quantità di energia vibratoria che si propaga nell'area circostante la sorgente.

L'intensità di un suono / rumore può essere definita in termini di:

1) energia: $J = W s$

2) pressione: $P = N / m^2$

L'energia sonora associata ai fenomeni che l'orecchio umano può percepire è compresa in un campo di valori molto ampio

L'orecchio umano è in grado di percepire **frequenze sonore** che vanno da circa **20 Hz** a **20.000 Hz** (20 kHz). Questa gamma di frequenze è chiamata **gamma udibile** e varia leggermente da persona a persona. Alcuni dettagli sulla percezione delle frequenze da parte dell'orecchio umano:

Gamma di Frequenza Udibile

20 Hz - 20 kHz: È la gamma tipica percepibile da un giovane adulto con un udito normale.

Frequenze Basse (20 - 250 Hz): Queste frequenze producono suoni gravi e profondi, come il ronzio di un motore o i bassi di una musica.

Frequenze Medie (250 Hz - 4 kHz): Queste frequenze comprendono gran parte della gamma di frequenze della voce umana e sono fondamentali per la comunicazione verbale.

Frequenze Alte (4 kHz - 20 kHz): Sono suoni più acuti, come il cinguettio degli uccelli o il tintinnio di oggetti metallici.

Limiti della Percezione

Età: Con l'età, la capacità di percepire le frequenze più alte tende a diminuire, un fenomeno noto come **presbiacusia**. Gli adulti più anziani possono avere difficoltà a sentire frequenze superiori ai **15-17 kHz**.

Soggettività: La sensibilità alle frequenze varia da individuo a individuo, con differenze legate anche all'esposizione al rumore e alla genetica.

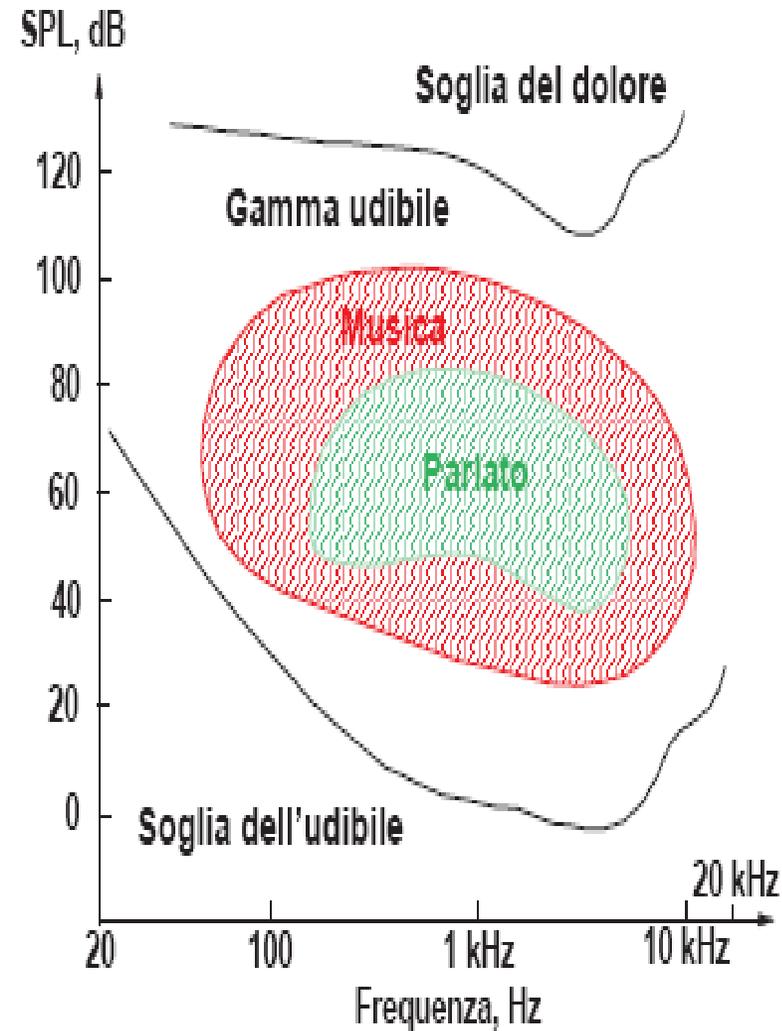
Frequenze Critiche per la Comunicazione

La gamma delle frequenze importanti per la comprensione del linguaggio è compresa tra **500 Hz** e **4 kHz**. Questa è la fascia più sensibile per l'orecchio umano ed è quella che influenza maggiormente la capacità di comprendere le parole.

In sintesi, l'orecchio umano percepisce una vasta gamma di frequenze, ma è particolarmente sensibile alle frequenze medie, che sono cruciali per la comunicazione verbale e la percezione dei suoni ambientali.

Non tutti i suoni possono essere percepiti dalle nostre orecchie, ma solo quelli che si trovano all'interno di una determinata **banda udibile** (o **intervallo udibile**) che è limitata in frequenza e in livello di pressione sonora.

- La curva limite inferiore è chiamata **soglia di udibilità** mentre la curva limite superiore è la **soglia di dolore**.
- L'intervallo dinamico udibile (cioè la maggiore differenza tra i livelli di pressione sonora delle due soglie limite) è di circa 130 dB.
- Le frequenze udibili coprono approssimativamente 10 ottave: da 16 Hz a circa 16 kHz. La curva limite inferiore aumenta con l'età (cioè, nel corso degli anni, in media, si verifica un innalzamento della soglia di udibilità).
- Gli infrasuoni e gli ultrasuoni si trovano rispettivamente a sinistra e a destra della banda audio.
- La **soglia di udibilità**, o minimo campo udibile, si ha in corrispondenza dei più bassi livelli di pressione sonora che le nostre orecchie possono rilevare.



Si usa il decibel (dB) quale unità di misura del livello di pressione o di intensità sonora (L).

$$L = 20 \log P / P_0$$

dove,

- L = livello di pressione o intensità sonora
- P = pressione sonora che si misura
- P_0 = pressione di riferimento (0,0002 dine/cm², cioè il valore minimo della variazione di pressione percepibile dall'orecchio umano per un tono puro di 1000 Hz).
- Ad una variazione di livello di un decibel corrisponde una variazione di pressione sonora dell'11%. L'energia sonora raddoppia per ogni aumento di 3 dB.

1. Non è possibile sommare direttamente valori espressi in dB.
2. Per effettuare la somma o composizione di due livelli sonori diversi si utilizza la seguente espressione:

$$L_{\text{tot}} = L_2 + \text{delta}L$$

Esempio:

Fonte a: 90 dB (L_1) - Fonte b: 95 dB (L_2)

$L_2 - L_1 = 5$ dB, pari (secondo la tabella) ad un delta L di 1,2.

Quindi, $L_{\text{tot}} = 95$ dB (L_2) + 1,2 (deltaL) = 96,2 dB

Qualora si sia in presenza di più sorgenti di eguale livello di pressione sonora, si utilizza l'espressione:

$$L_{\text{tot}} = L_s + 10 \log n$$

L_s = livello sonoro di ciascuna sorgente

n = numero delle sorgenti sonore

media (80 dB e 100 dB)

$$L_{\text{eq}} = 10 \log [(10^8 + 10^{10}) / 2] = 97 \text{ dB}$$

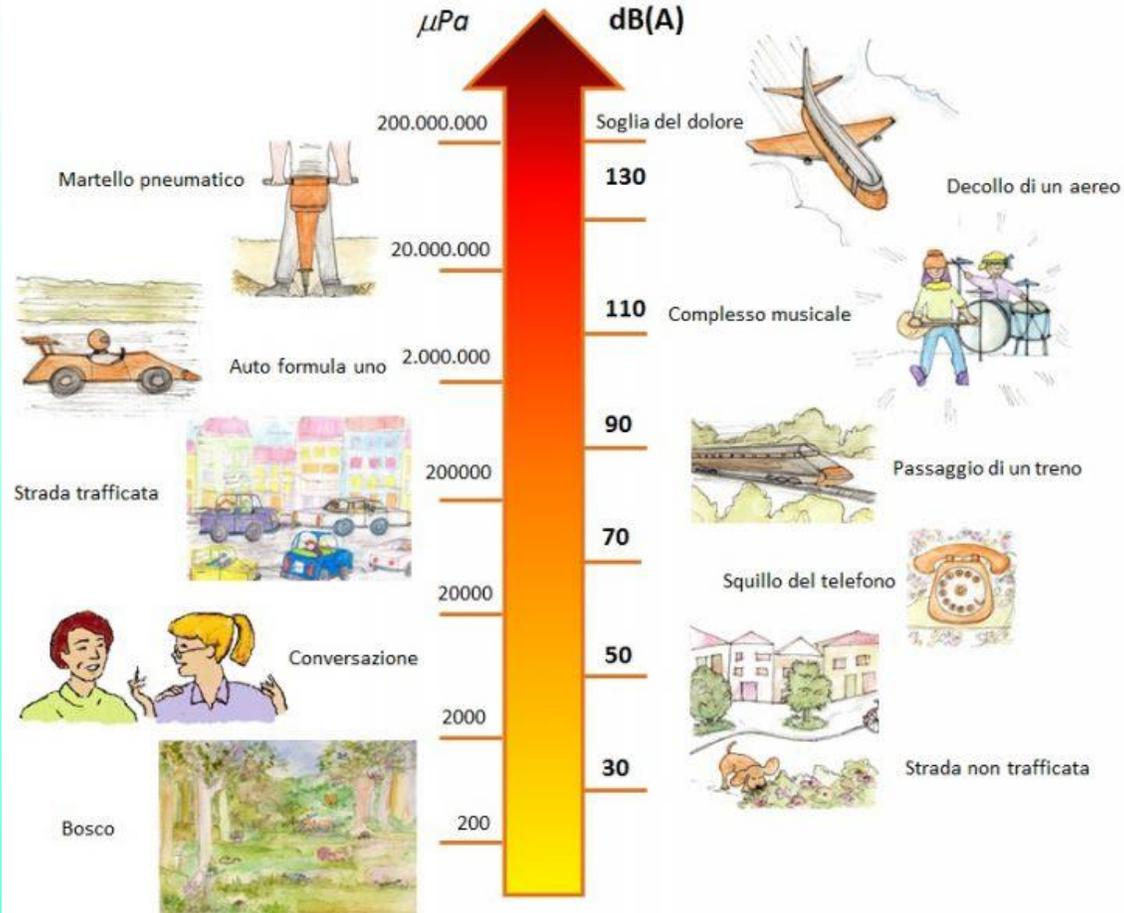
media ponderata nel tempo (60 dB per 5 ore e 70 dB per 2 ore)

$$L_{\text{EP,d}} = 10 \log [(10^6 \times 5 + 10^7 \times 2) / 2] = 64,9 \text{ dB}$$



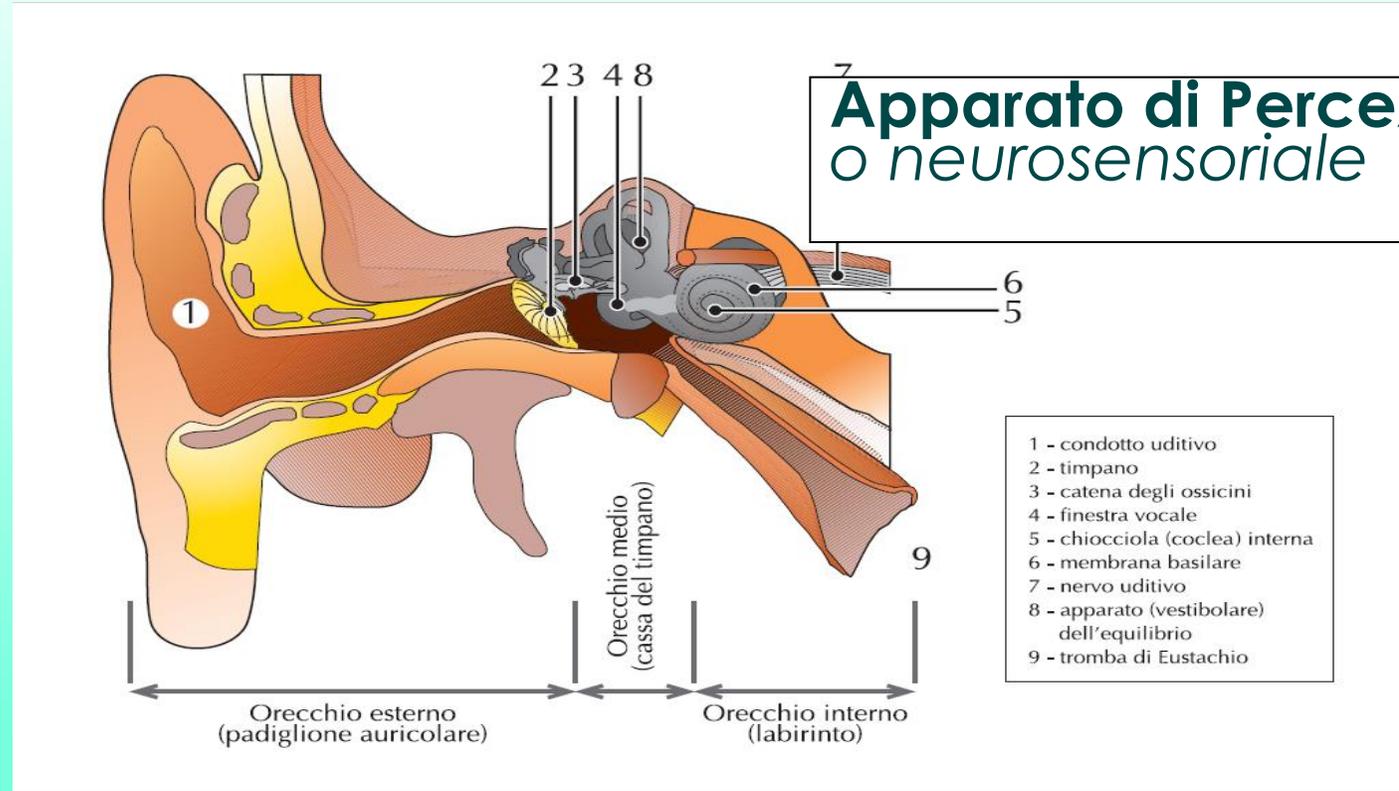
aumento di 3 dB al raddoppio di una sorgente sonora uguale

Fonti di rumore ed effetti



Colpo di pistola giocattolo sparato vicino all'orecchio	180		
Schiaffo sull'orecchio, fuochi d'artificio sparati vicino all'orecchio	170		Da 120 dB = soglia del dolore
Scoppio dell'airbag nelle immediate vicinanze	160		Difetti uditivi possibili già dopo una breve esposizione
Colpo di fucile di grosso calibro	150		
Aereo a reazione, pistola di piccolo calibro	130		
Cascata d'acqua	120		
Sega circolare, discoteca	110		
Martello pneumatico a 10 metri di distanza	100		Da 85 dB = zona di danno
Passaggio del treno, temporale, tosaerba	90		Possibile rischio per l'udito con un'esposizione di 40 ore alla settimana
Motocicletta	80		Da 65 dB = rumori diurni
Traffico normale	70		Rischio di malattie cardiovascolari aumentato del 20 % in caso di esposizione continua
Conversazione, gracchiare di rane	60		
Frigorifero a 1 metro di distanza, pioggia leggera	50		
Traffico moderato dietro finestre a doppi vetri	40		Da 55 dB = rumori notturni
Sussurri, respiri	30		Rischio di malattie cardiovascolari aumentato del 20 % in caso di esposizione continua
Ticchettio di un orologio, fruscio delle foglie	20		Da 40 dB = rumori di fondo
Zanzare, computer	10		Possibili disturbi dell'apprendimento e della concentrazione
Caduta di una piuma	0		

Il sistema uditivo dal punto di vista funzionale può essere suddiviso in 2 apparati:



Apparato di Trasmissione
o di localizzazione e trasporto dei suoni

Ogni alterazione di uno o più dei meccanismi dell'apparato uditivo, può causare una riduzione della capacità uditiva nell'orecchio affetto, ovvero un' **ipoacusia**.

In base alla sede colpita da un'eventuale patologia, si possono distinguere:

Ipoacusia trasmissiva

per problemi a livello del condotto uditivo, del timpano o degli ossicini;

Ipoacusia neurosensoriale

quando la patologia interessa la coclea o le fibre del nervo acustico.

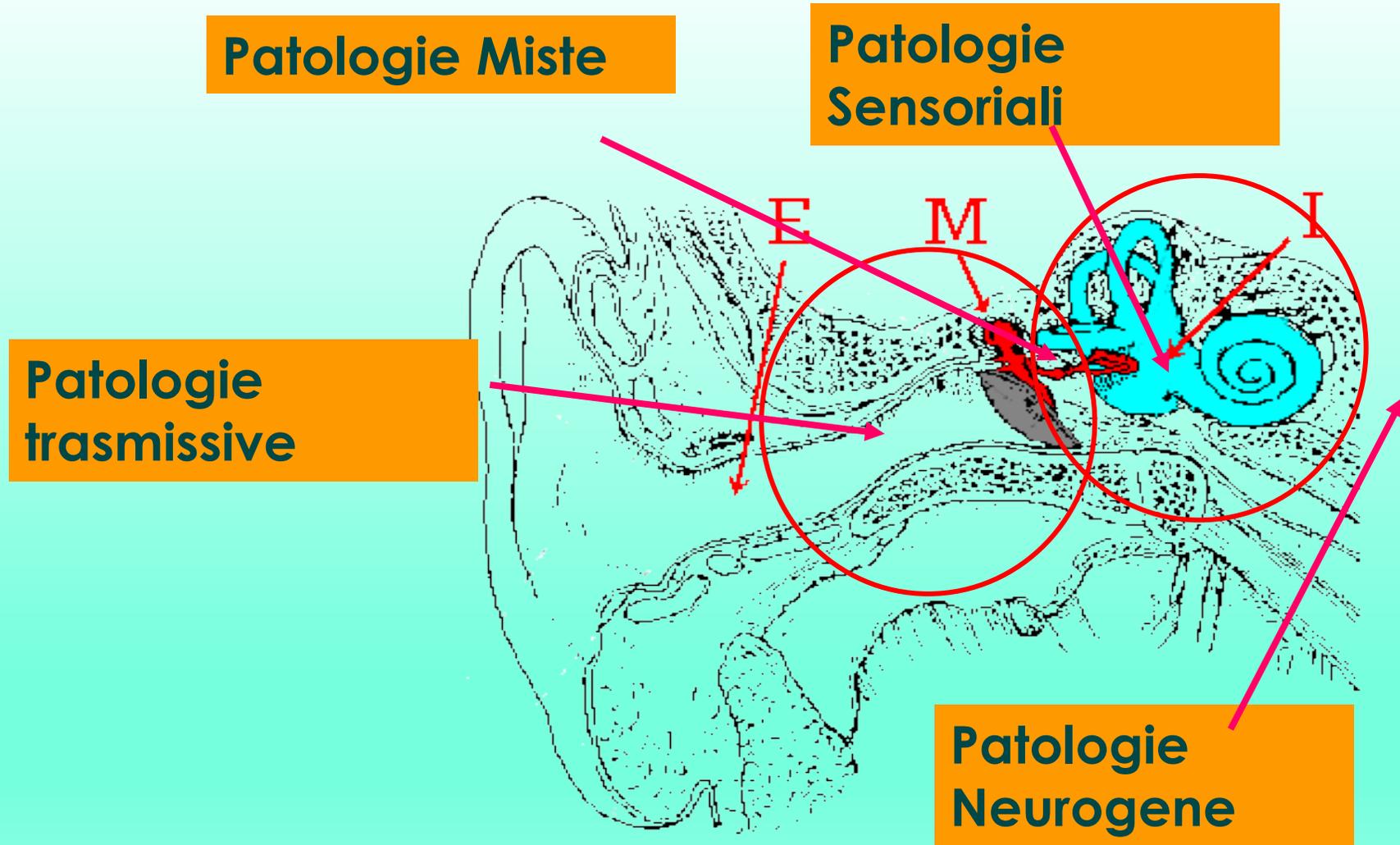
E' poi importante distinguere le forme di **ipoacusia neurosensoriale** in:

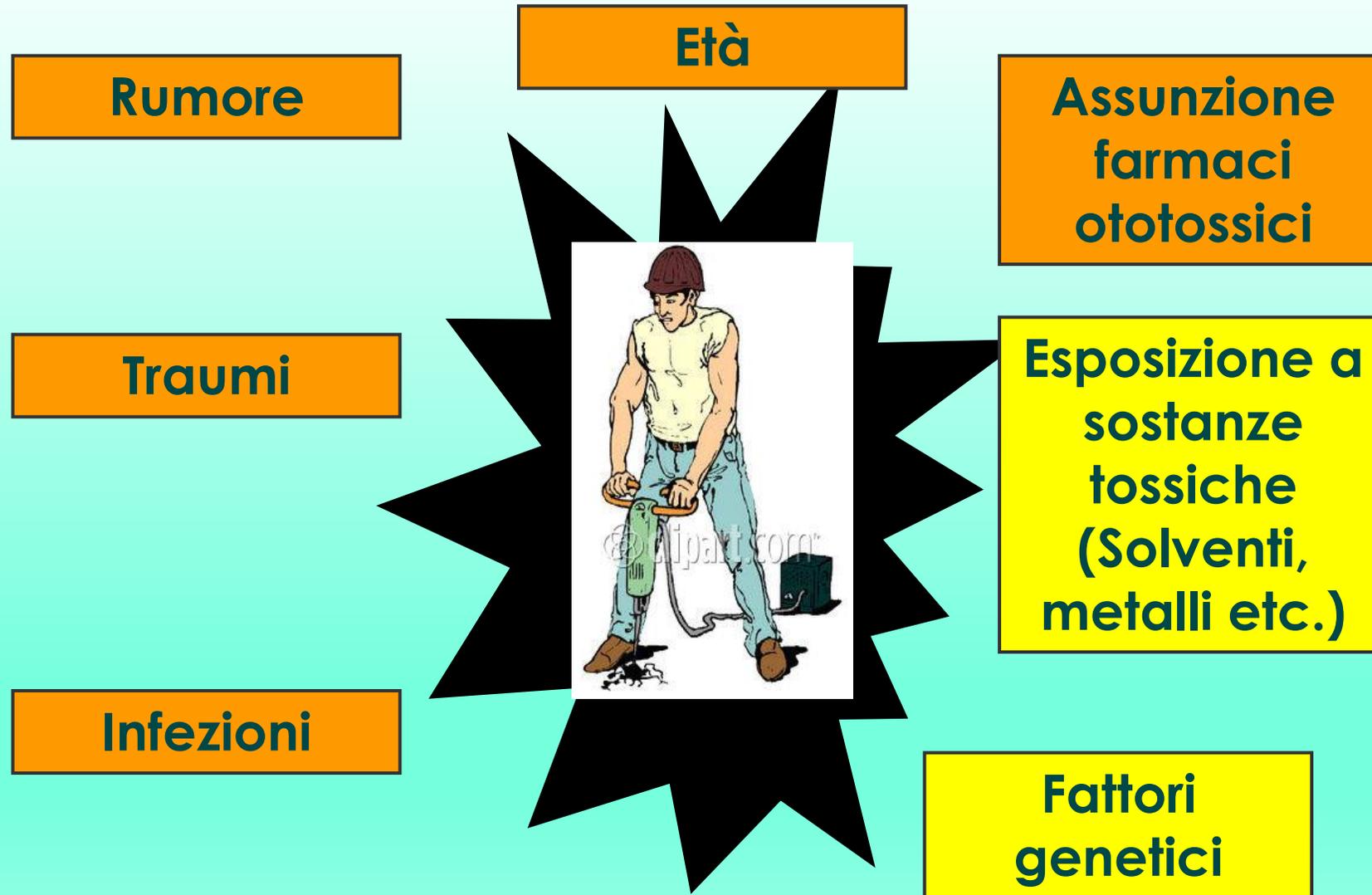
Ipoacusia neurosensoriale cocleare

legata all'incapacità della coclea di trasformare l'onda sonora in un segnale bioelettrico

Ipoacusia neurosensoriale retrococleare

quando la successiva propagazione del segnale cocleare, normalmente generato, è alterata a causa di un problema a livello del nervo acustico



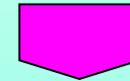


Danno da stimolo acustico
intenso e di breve durata



Trauma acustico

Danno da prolungata
esposizione a stimoli acustici di
intensità variabile



Fatica uditiva (I Fase)

Latenza (II Fase)

III Fase

IV Fase

Danno da stimolo acustico
esplosivo



Trauma acustico



Esposizione a rumori di
elevata intensità possono
causare danni alla
membrana timpanica
(rottura)

Effetti del rumore

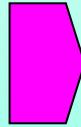
Fattori favorenti

- Sesso (le donne sono meno colpite)
- Età (effetti dell'invecchiamento)
- Danni all'orecchio medio
- Sostanze tossiche o farmaco ototossici (antibiotici, gentamicina, streptomina, acetilsalicilico, benzene, piombo, tricloroacetilene)



Manifestazioni cliniche del danno da rumore

Danno da prolungata esposizione a stimoli acustici di intensità variabile



Fatica uditiva (I Fase)

Può comparire dopo 10-20 gg di esposizione a rumore (fastidi generici: acufeni, senso di stordimento)

Latenza (II Fase)

Innalzamento permanente della soglia uditiva (4000 Hz)

III Fase

Deficit permanente esteso anche alle frequenze 2000 e 6000

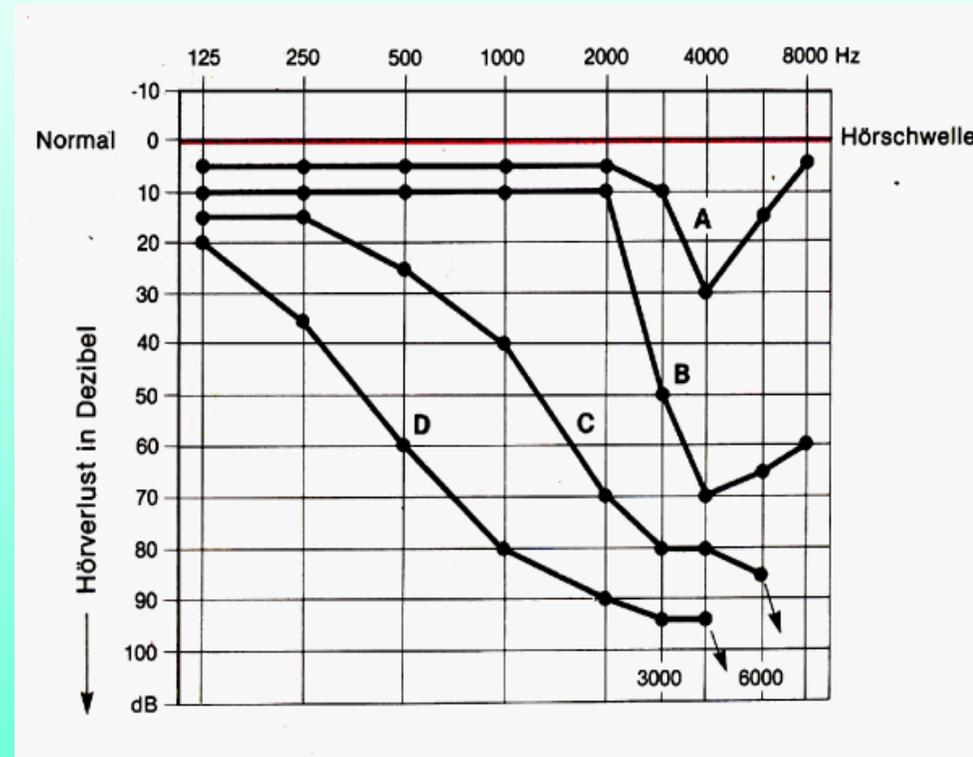
IV Fase

Ulteriore incremento del danno uditivo

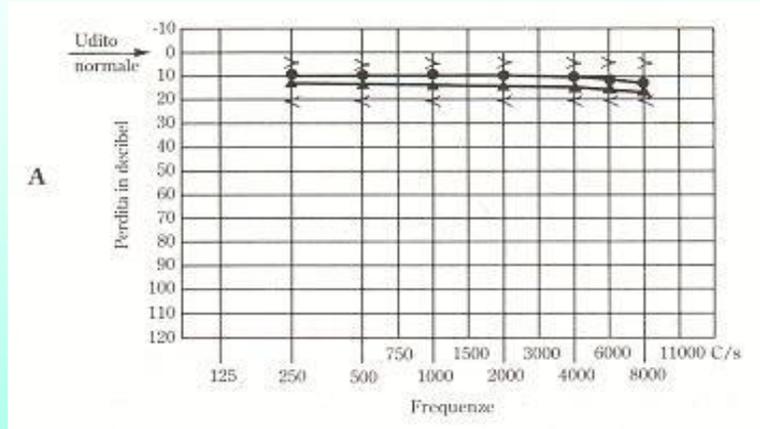
Deficit percettivo,
iniziale e prevalente
a 4000 Hz

Bilaterale e
simmetrico

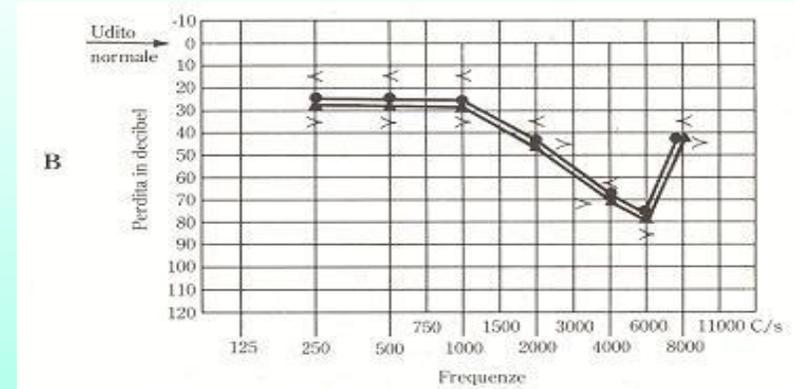
Irreversibile



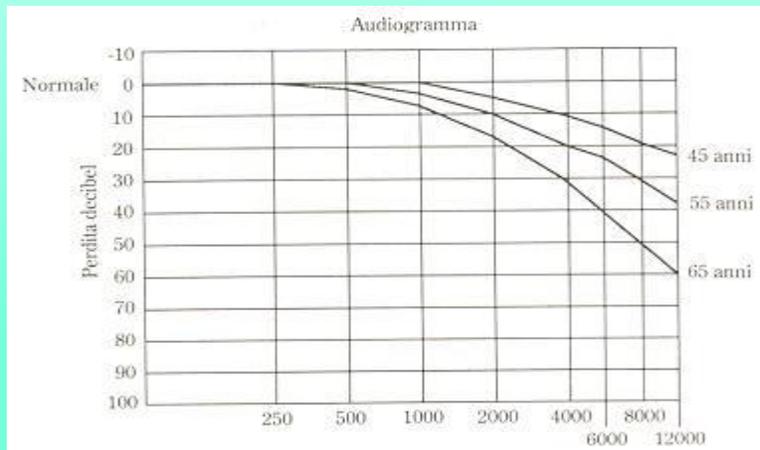
Normoacusia



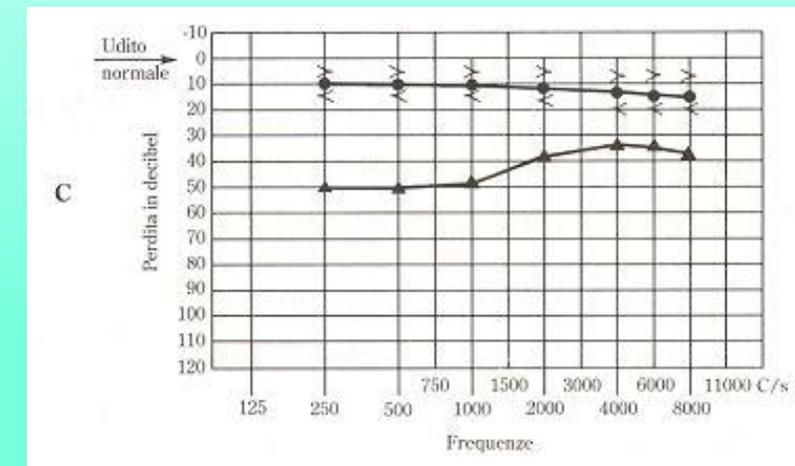
Ipoacusia percettiva



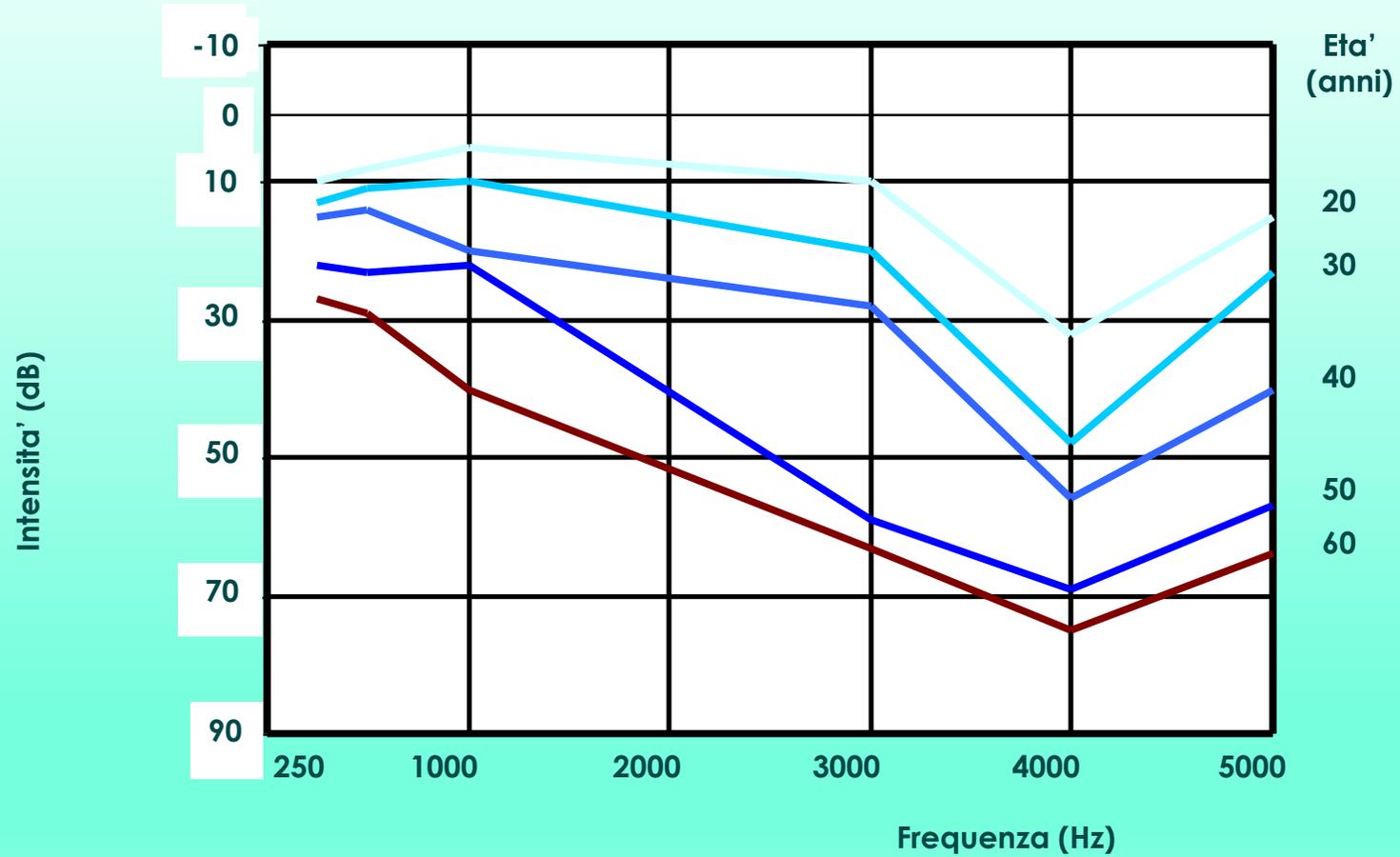
Presbiacusia



Ipoacusia trasmissiva



Ipoacusia da rumore: fasi evolutive



Effetti extrauditivi

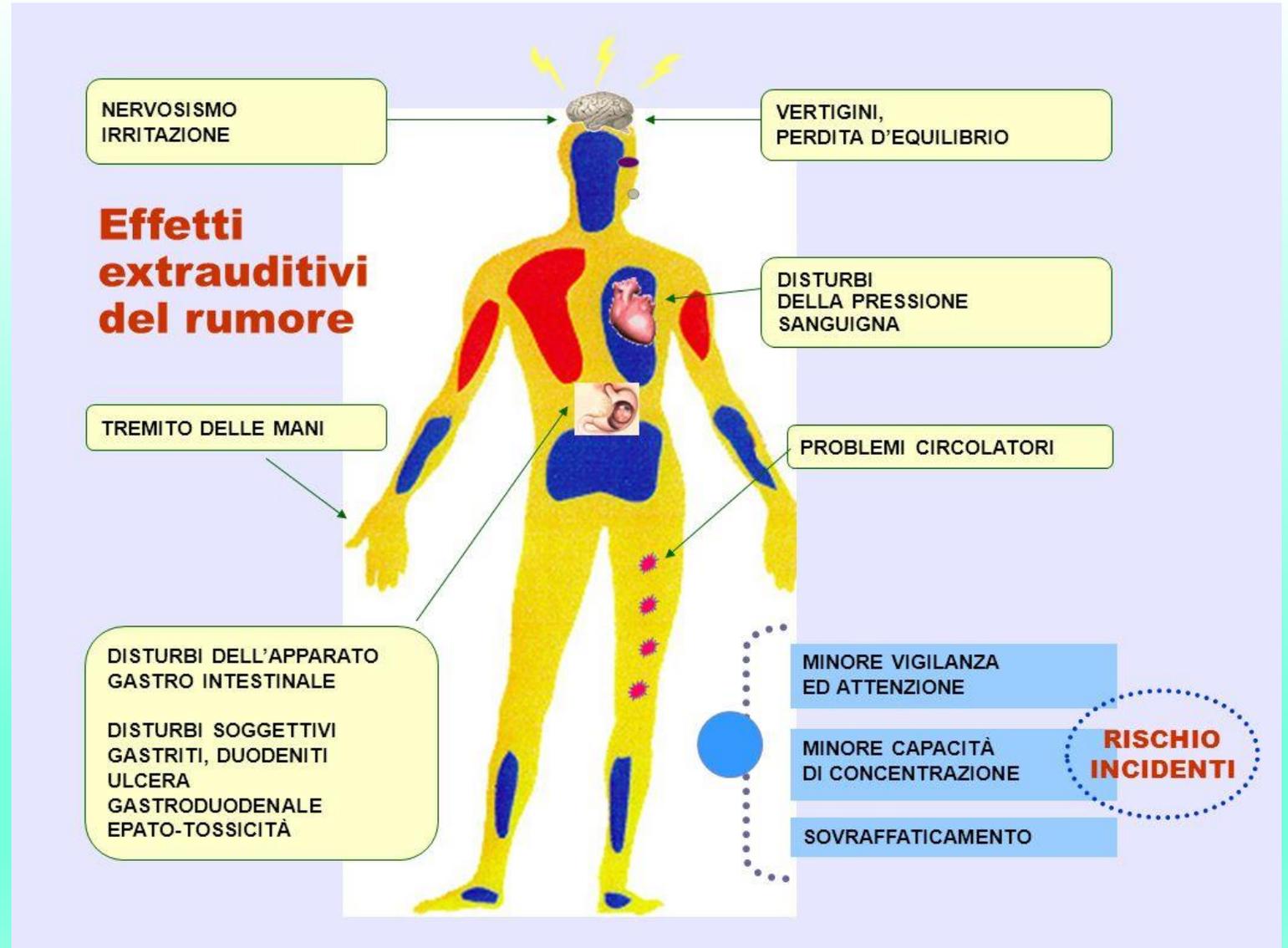
Appaiono imputabili alle connessioni delle vie acustiche con aree del SNC diverse dalla corteccia uditiva quali



LA FORMAZIONE RETICOLARE connessa con l'ipotalamo e attraverso vie discendenti coi meccanismi che regolano la motilità volontaria, i riflessi spinali (e il sistema neurovegetativo).

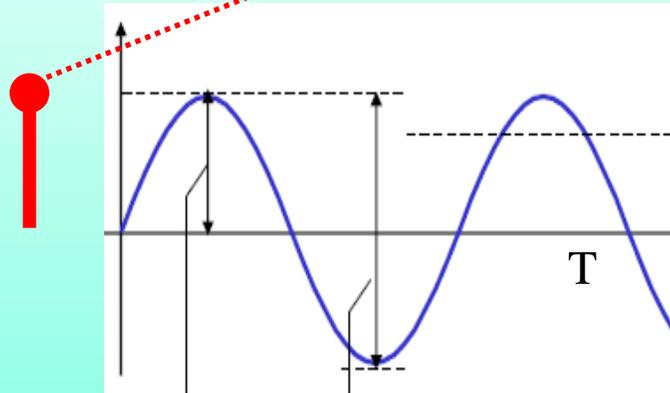


- DISTURBI DEL SONNO
- RIDOTTA CAPACITÀ DI CONCENTRAZIONE
- ANSIA E IRRITAZIONE
- RIDUZIONE DEL RENDIMENTO LAVORATIVO
- AUMENTO DELLA FREQUENZA CARDIACA E DELLA PRESSIONE ARTERIOSA
- AUMENTO DELLA SECREZIONE GASTRICA



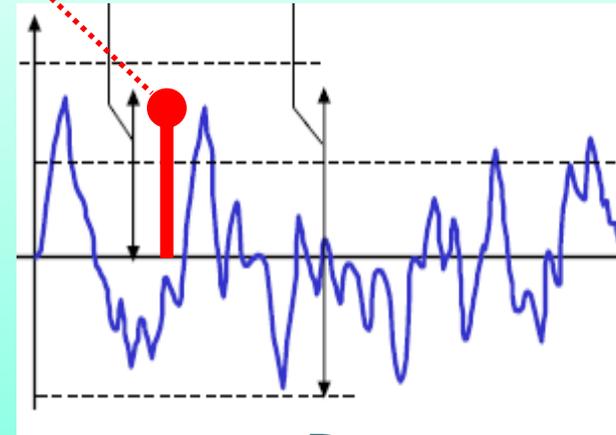
Pressione acustica di picco (p_{peak})

p



Suono Armonico

p

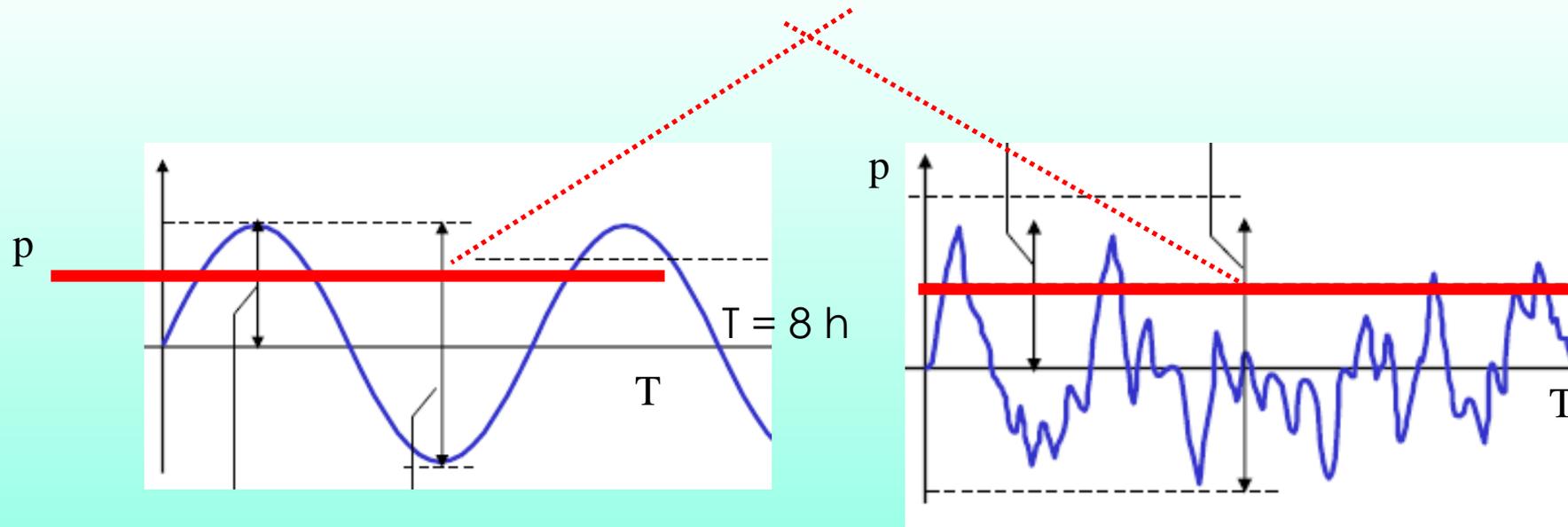


Rumore

T

Il precedente D.Lgs. 277/91 definiva questo parametro come valore non ponderato (dB(Lin)), mentre nel D.Lgs. 195/06 esso viene definito ponderato in frequenza C (dB(C)). Ma soprattutto per esso non erano previsti né Valori Limite di Esposizione né tantomeno Valori di Azione.

Livello di esposizione giornaliera (lex,8h)



Suono Armonico

Rumore

I Valori Limite e i Valori di Azione riferiti al Livello di Esposizione Giornaliera nell'ambito di un turno di 8 ore lavorative, così come definiti dalle norme, rappresentano una misura di Livello Equivalente (L_{EQ}) della Pressione Sonora ponderata espressa in dB(A). Nella caso del Livello di Esposizione Settimanale semplicemente $T = 40h$, ma le implicazioni pratiche su come e quando effettuare tale Valutazione sono più complesse.

Cosa rappresenta l'unità di misura dB(A)? Cosa lo differenzia dall'unità dB?

Tutte le volte che i valori di un rapporto lineare d'alcune unità di misura superano diverse ordini di grandezza, è comodissimo ridurre la gamma dei valori rappresentandoli in scala logaritmica.

In particolare le rappresentazioni di valori espressi in unità logaritmiche, trovano largo impiego nei seguenti scenari: Elettronica, Radio, TV, Telefonia, Antenne, audio, acustica ambientale.

Si utilizza il decibel (dB) per rappresentare in scala logaritmica rapporti di tensioni e potenze d'onde elettromagnetiche o pressioni e potenze d'onde meccaniche.

La notazione dB senza nessuna lettera aggiuntiva è una grandezza relativa e rappresenta in scala logaritmica un rapporto di grandezze omogenee; **è un numero puro non ha quindi una dimensione fisica**. Esempio il valore di attenuazione o guadagno che subisce un onda.

Diventa un valore assoluto di una grandezza fisica e quindi ha dimensioni fisiche, quando il rapporto è riferito ad un preciso valore assoluto, detto di riferimento. In questo caso alla notazione dB è associata un'altra lettera.

dB(A)

Se l'orecchio umano avesse avuto una risposta ampiezza verso frequenza costante cioè piatta, le cose sarebbero state più semplici.

In realtà l'orecchio ha la massima sensibilità tra 800 ed i 2000 Hz ed attenua fortemente suoni al di sotto dei 400 Hz. Ciò significa che un suono a bassissima frequenza (decine di Hz) per essere percepito deve avere una variazione di pressione di migliaia di volte più grande rispetto alla minima pressione di $20\mu\text{Pa}$ a 1000Hz.

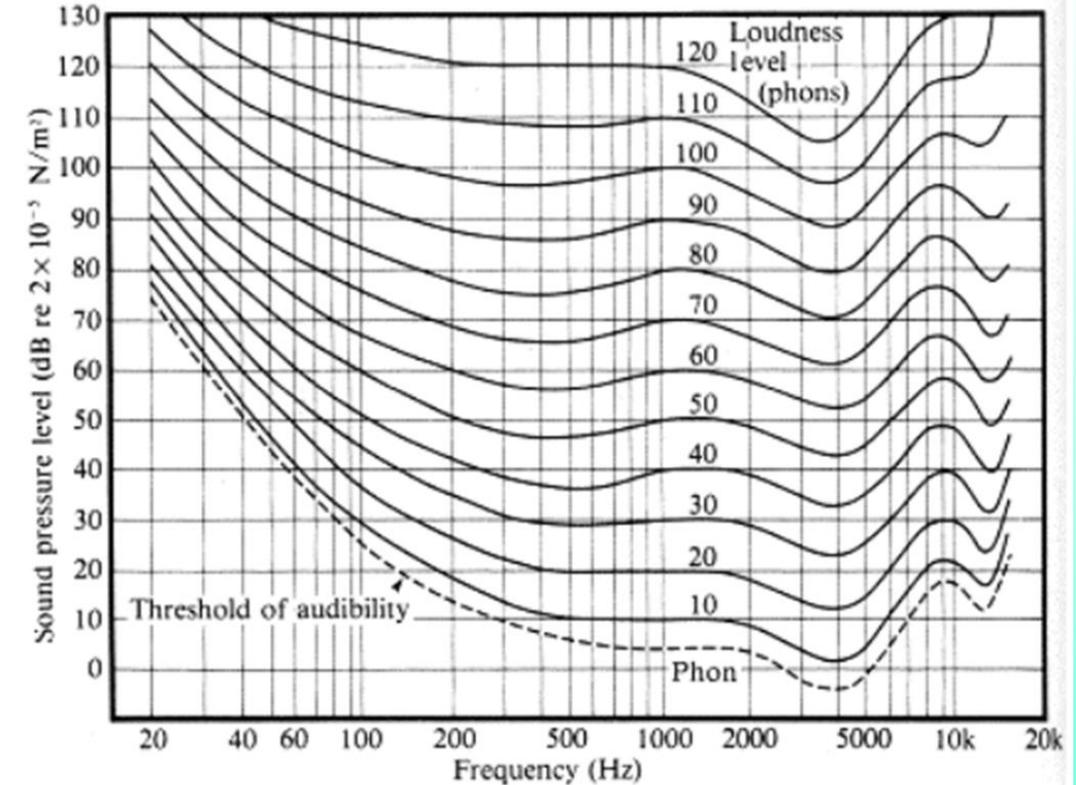
Una macchina che emette un disturbo in una banda attorno alle centinaia di Hz di 90 dBspl, causa sicuramente minor fastidio di una macchina che emette una pressione sonora minore di centinaia di volte ma attorno alla frequenza di un migliaio di Hz.

Non solo l'orecchio umano reagisce alle varie frequenze in modo diverso, ma per complicare le cose, la risposta ampiezza verso frequenza non è lineare e varia in funzione del valore medio di rumorosità dell'ambiente.

Da qui l'esigenza di trovare un metodo, una misura di livello di pressione come un valore che simulasse più verosimilmente l'apparato uditivo umano.

Per fare ciò fu importante la conoscenza delle percezioni "dell'orecchio più cervello" verso frequenza.

Nel 1933 fu pubblicato un fondamentale studio sulla sensazione sonora, realizzato, presso i soliti laboratori della BELL Telephone, da Fletcher e Munson(2). Questo studio, in seguito ulteriormente perfezionato, è oggi alla base delle curve di sensazione rappresentate nel grafico che segue:



Sono state ricavate elaborando i dati su un campione statistico sottoposto ad una serie di suoni prodotti in una camera anecoica(3). Questi grafici permettono di avere un riferimento, su come l'orecchio umano reagisce alle diverse frequenze in termini di pressione sonora percepita. Si osserva che l'orecchio ha una percezione diversa dell'intensità sonora al variare della frequenza. Le curve isofoniche sono dette tali in quanto indicano il valore di dBspl necessario per percepire un suono sempre allo stesso volume lungo ogni curva. La frequenza di riferimento per ogni curva è 1KHz e a tale frequenza, il valore di dBspl è pari al valore che identifica una particolare curva e che prende il nome di phon. Per esempio la curva isofonica a 40 phon è quella che a 1 KHz ha un'ampiezza di 40 dBspl, ma a 20 Hz ha 90dBspl. Per far sì che una misura strumentale di pressione sonora fosse il più possibile simile alla sensazione sonora dell'orecchio umano, servirebbe abbinare allo strumento di misura, dei dBspl, ben 13 filtri ognuno avente l'andamento rovesciato della risposta ampiezza verso frequenza dell'orecchio umano in base ai valori dei phons ambientali. In pratica a tutto oggi si misura il livello di pressione dopo aver inserito 4 tipi di equalizzazione normalizzate detti filtri di tipo: A, B, C e D.

I livelli di pressione pesati o ponderati, misurati a valle d'inserzione dei detti filtri s'indicano in: dB(A), dB(B), dB(C), dB(D) oppure senza parentesi semplicemente dBA.

Vediamo brevemente quando si utilizzano.

- **dB A**: La curva di risposta del circuito corrisponde alla curva isofonica a 40 phons dell'orecchio umano e consente misure accurate di pressioni sonore modeste come quelle generate nell'ambito di una normale conversazione. E' il filtro più usato per parecchie leggi d'inquinamento acustico.
- **dB B**: La curva di risposta del circuito corrisponde alla curva a 70 phons dell'orecchio umano. È adatto a misure di pressioni sonore comprese tra i 55 e gli 85 dBspl
- **dB C**: La curva ha una di risposta quasi piatta. È adatto a letture di valori maggiori di 85 dBspl
- **dB D**: Adibito a misure di pressioni sonore molto elevate, aeroporti ecc.
- In tabella la funzione di trasferimento espressa in dB (numero relativo, rapporto di potenze, tensioni o pressioni meccaniche) dei filtri equalizzatori inseriti nello strumento per indicare una misura prossima il più possibile alla sensazione dell'orecchio umano.

Frequenza (Hz)	Filtro A (dB)	Filtro B (dB)	Filtro C (dB)	Filtro D (dB)
31,5	-39,4	-17,1	-3	-16,5
63	-26,2	-9,3	-0,8	-11
125	-16,1	-4,2	-0,2	-6
250	-8,6	-1,3	0	-3
500	-3,2	-0,3	0	0
1000	0	0	0	0
2000	1,2	-0,1	-0,2	8
4000	1	-0,7	-0,8	11
8000	-1,1	-2,9	-3	+6
16000	-6,6	-8,4	-8,5	-4

L_{day} e L_{week}

Ove per le caratteristiche intrinseche dell'attività lavorativa l'esposizione giornaliera al rumore varia significativamente da una giornata all'altra, **è possibile sostituire il livello giornaliero con il livello settimanale dell'esposizione** a condizione che lo stesso non ecceda il valore di 87 dB e che siano adottate adeguate misure per ridurre al minimo i rischi



Misurazione strumentale

L'obbligo della Misurazione sussiste solo nel caso in cui siano superati i Livelli Inferiori di Azione fissati ad 80 dB(A) e a 112 Pa = 135 dB(C) di Pressione di Picco. Essa deve necessariamente tener conto dell'Analisi del lavoro Svolto e quindi della identificazione dei Punti di Rilievo Fonometrico. In concreto le tipologie più frequenti sono 4:

Tipo di Lavoro	Rilievo
Posizione di Lavoro Fissa	Posizione di Lavoro
Posizioni di Lavoro Molteplici Livelli di Rumore Analoghi Tempo di Permanenza nelle singole posizioni Determinabile	Numero statisticamente significativo oppure In Ciascuna Posizione di Lavoro
Posizioni di Lavoro Molteplici Livelli di Rumore Differenti Tempo di Permanenza nelle singole posizioni Determinabile	In Ciascuna Posizione di Lavoro
Posizioni di Lavoro Molteplici Livelli di Rumore Analoghi a Gruppi Tempo di Permanenza nelle singole posizioni non Determinabile Tempo di Permanenza Determinabile per Gruppi	Numero statisticamente significativo oppure In Ciascuna Posizione di Lavoro

Rilievo fonometrico

Il Rilievo Fonometrico è invece strettamente correlato all'Analisi delle Sorgenti di Rumore, che condiziona due aspetti fondamentali per la misurazione:

Analisi della Modalità di Misura	Rilievo in Assenza dell'addetto Microfono sul posto di lavoro 1,60 ÷ 1,70 metri dal suolo	Per il Rilievo dei LEX,8h il Fonometro deve essere di Classe 1 e conforme alle varie normative specifiche (IEC 651/79, IEC 804/85, IEC 1260/95 e IEC 1252/93), la Durata del rilievo deve essere Rappresentativa rispetto al Segnale Indagato e comunque durare fino a rilevare un Segnale Stabile con variazioni non superiori a $\pm 0,3$ dB.
	Rilievo in Presenza dell'Addetto Microfono a 10 cm dall'orecchio	
Scelta della Costante di Tempo	Assenza di Rumori di Brevissima Durata: SLOW(lenta)	
	Presenza di Rumori di Brevissima Durata: FAST(veloce)	

La nuova normativa impone in ogni caso la misurazione dei Valori della Pressione Acustica di Picco (P_{peak}) con Fonometri conformi alle normative IEC 651/79 e con modalità analoghe a quelle per la Misurazione dei L_{EQ} . A prescindere da una misura in singola o in ciascuna posizione di lavoro si deve comunque verificare la possibile esistenza di Gruppi di Lavoro con Livelli di Picco Analoghi.

Valutazione dell' esposizione

Gli elementi di riferimento individuati dalla nuova normativa sono il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, i valori limite di esposizione e di azione, gli effetti del rumore sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori, le informazioni fornite dai costruttori delle attrezzature e quelle raccolte dalla sorveglianza sanitaria, e la disponibilità di DPI per l'udito con adeguate caratteristiche di attenuazione, fissando ogni **4 anni** la Periodicità della Valutazione e delle Misurazioni. Mentre, in sintesi, essa definisce quattro Classi di Rischio per l'Esposizione al Rumore:

Classe di Rischio	LEX,8h
Rischio Assente	< 80 dB(A)
Rischio Lieve	tra 80 e 85 dB(A)
Rischio Consistente	85 e 87 dB(A)
Rischio Grave	> 87 dB(A)

Superamento del valore inferiore di azione

**Rischio Lieve
($LEX,8h = 80 \div 85$ dB(A))**

- Misurazione del rumore
- Messa a Disposizione dei DPI
- Informazione e Formazione per i lavoratori
- Sorveglianza Sanitaria (su Richiesta previa Verifica)

Superamento del valore superiore di azione

**Rischio Consistente
(LEX,8h = 85 ÷ 87 dB(A))**

- Programma di misure per la Riduzione del Valore di Esposizione
- Segnaletica per i locali di lavoro a rischio
- Fare il possibile per assicurare che i lavoratori indossino i DPI
- Sorveglianza Sanitaria (Obbligatoria)

Superamento del valore limite di esposizione

Art. 49-octies (*Misure per la limitazione dell'esposizione*) – D.Lgs. 195/2006

Fermo restando l'obbligo del non superamento dei Valori Limite di Esposizione, se, nonostante l'adozione delle misure prese in applicazione del presente titolo, si individuano esposizioni superiori a detti valori, il datore di lavoro:

- a. adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei Valori Limite di Esposizione
- b. individua le Cause dell'esposizione eccessiva
- c. modifica le misure di Protezione e di Prevenzione per evitare che la situazione si ripeta

NOTA: obbligo di valutare anche l'Attenuazione prodotta dai DPI

**Rischio Grave
(LEX,8h > 87 dB(A))**



VALUTAZIONE DEL RISCHIO

D. LGS. 81/08 - TITOLO VIII - CAPO II

Valori limite di esposizione e valori di azione

<i>Valori limite di esposizione</i>	$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ $P_{\text{peak}} = 140 \text{ dB(C)}$
<i>Valori superiori di esposizione che fanno scattare l'azione</i>	$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ $P_{\text{peak}} = 137 \text{ dB(C)}$
<i>Valori inferiori di esposizione che fanno scattare l'azione</i>	$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ $P_{\text{peak}} = 135 \text{ dB(C)}$

Ad ogni valore del livello sonoro $L_{EX,8h}$ viene affiancato anche un valore di picco a riconoscimento dell'aggravio di rischio uditivo rappresentato dal rumore impulsivo

Valutazione rischio

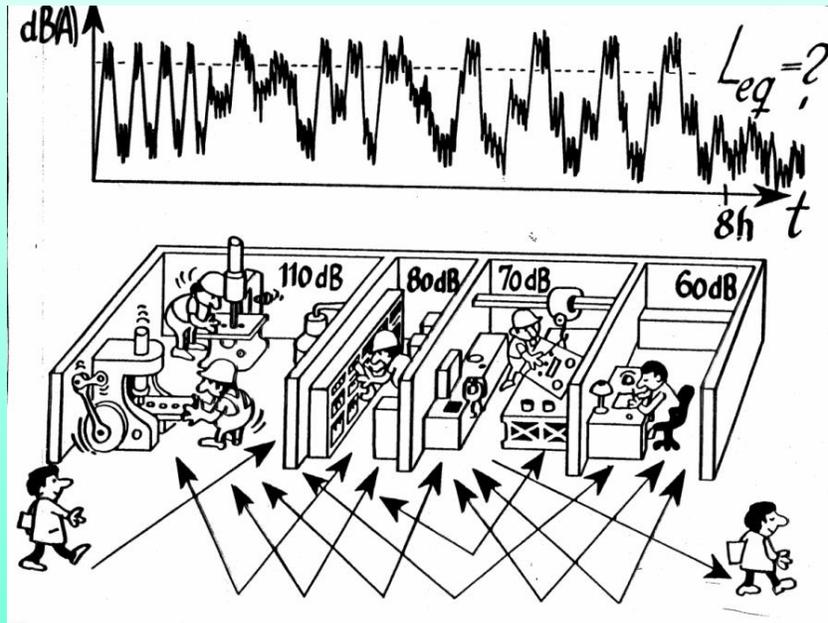
La Normativa Europea ha introdotto come principale novità l'obbligo per le aziende di effettuare la Valutazione del Rischio. Essa, attraverso la adeguata e costante informazione e formazione degli addetti, l'adozione di misure organizzative, procedurali e tecniche, nonché l'effettuazione di controlli sanitari preventivi e periodici, è finalizzata al controllo e alla riduzione dei rischi.

- Misurazioni
- Fonometri
- Specifiche IEC (International Electrotechnical Commission)
- Valutazione e Vigilanza

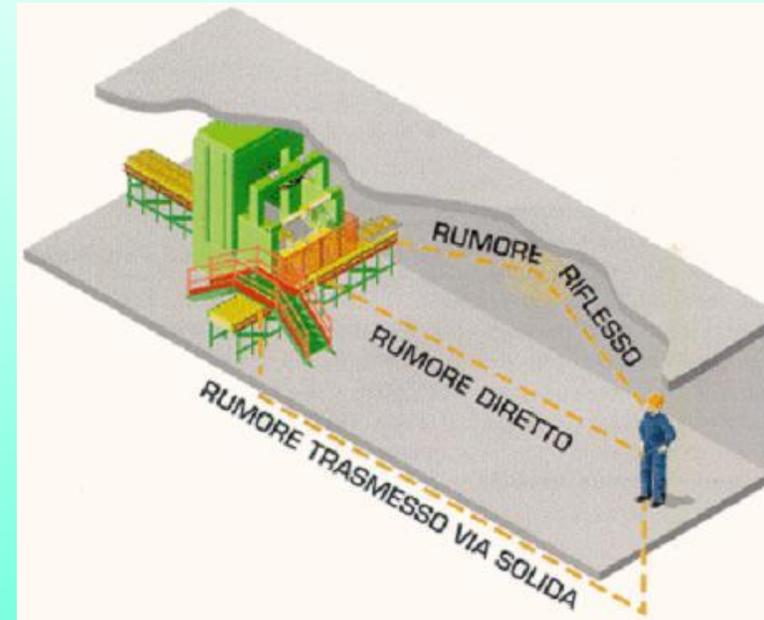


Individuazione di tutte le postazioni di lavoro

Postazioni

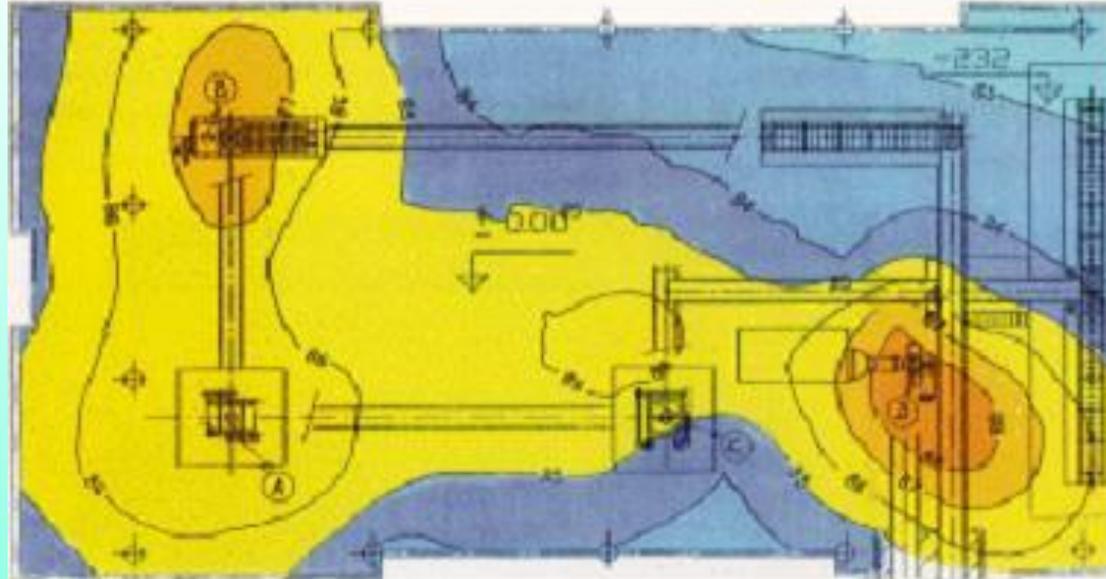
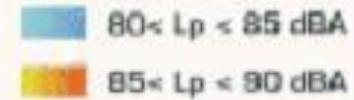


Rumore



Per ogni modifica si impone una nuova Valutazione del Rischio in tutti gli ambiti lavorativi interessati.

Mappe che individuano i luoghi
con livelli >90 e 85 dBA



- Valutazione Preventiva
- Individuazione dei Punti di Prelievo
- Rilievi Strumentali
- Calcolo dell'Esposizione



Criteri comunemente raccomandati sono:

- i risultati di misurazioni, anche estemporanee
- i risultati di precedenti misurazioni
- la disponibilità di specifiche acustiche dei macchinari in uso
- i confronti con situazioni analoghe
- i dati di Letteratura
- la manifesta assenza di fonti di rumorosità significative

Tali criteri andranno riportati all'interno del Rapporto di Valutazione e comunque tale modalità di Valutazione andrà effettuata e riprogrammata con "... cadenza almeno quadriennale..." e in ogni caso aggiornata "... in occasione di notevoli mutamenti che potrebbero averla resa superata o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne mostrino la necessità"

Misurazioni

A livello nazionale ed internazionale esistono dei parametri minimi cui devono rispondere i Metodi di Misura. Essi sono responsabilità della ISO (International Standards Organisation).

Valutazione Preventiva



Fonometri



I Fonometri sono apparecchi atti alla misurazione del Rumore come Livello di Pressione Sonora (SPL, Sound Pressure Level), indicando l'energia acustica espressa in forma logaritmica e la cui unità di misura è il decibel (dB).

A livello nazionale ed internazionale esistono dei parametri minimi cui devono rispondere i Fonometri. Essi sono pertinenti della IEC (International Electrotechnical Commission).

Fonometro

Un Fonometro è costituito da tre componenti fondamentali:



Il Microfono

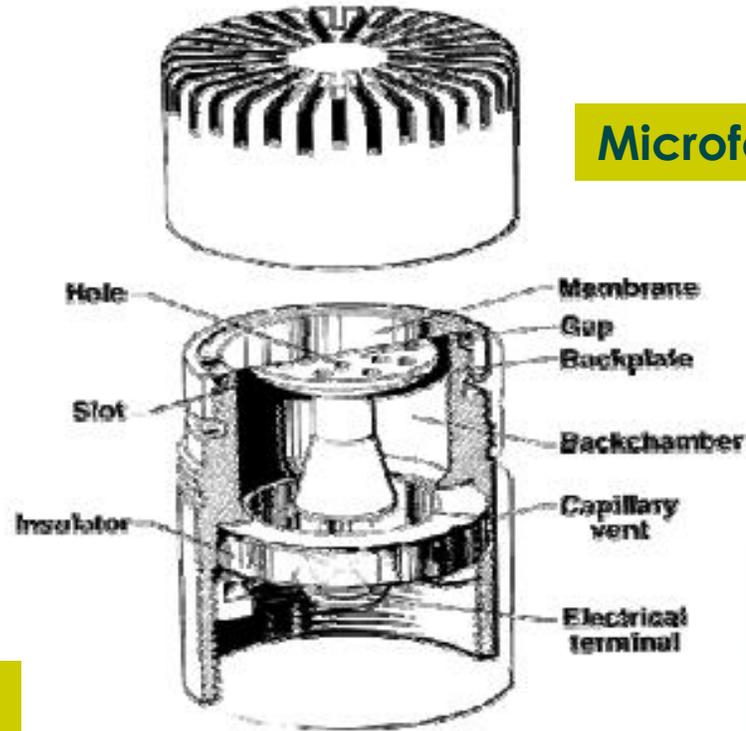
L'Amplificatore

Lo Strumento

Microfoni



Microfoni a Velocità



Microfoni a Condensatore



Componente essenziale del Fonometro è il Microfono, cioè il mezzo che noi realmente utilizziamo per intercettare le onde sonore. I Fonometri utilizzano dei Microfoni a Condensatore i quali rispetto ai Microfoni a Velocità risultano avere una maggiore sensibilità, una buona risposta in frequenza e una notevole gamma dinamica, nonostante siano più delicati ed estremamente sensibili alle condizioni ambientali.

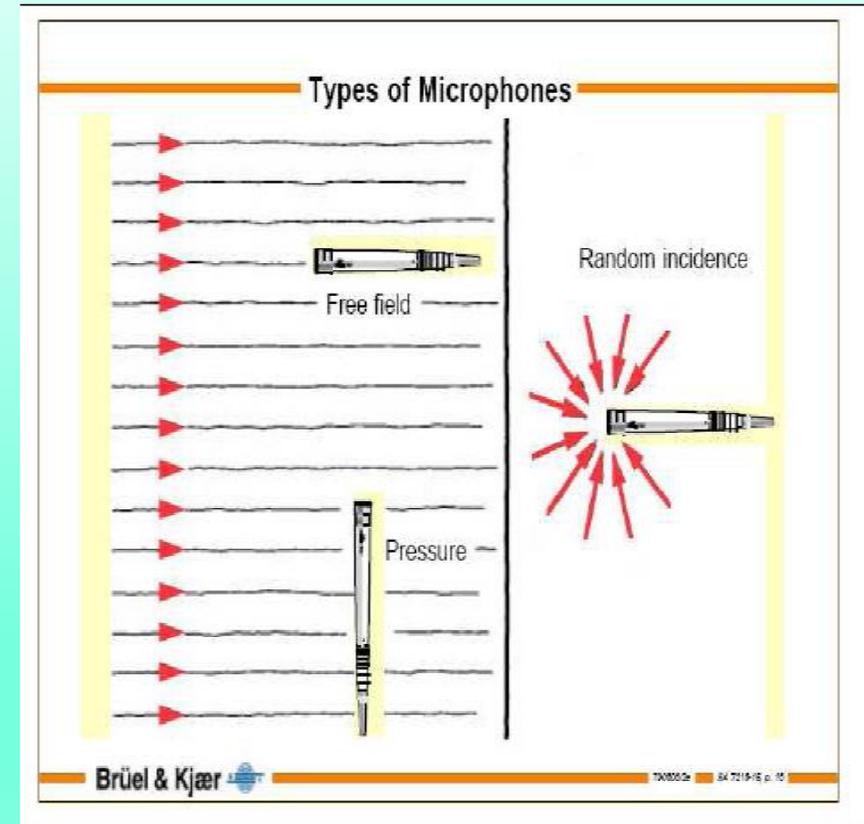
Tipi di microfoni

A seconda del tipo di Rumore da misurare si utilizzano tipologie differenti di microfoni, raggruppabili essenzialmente in tre categorie:

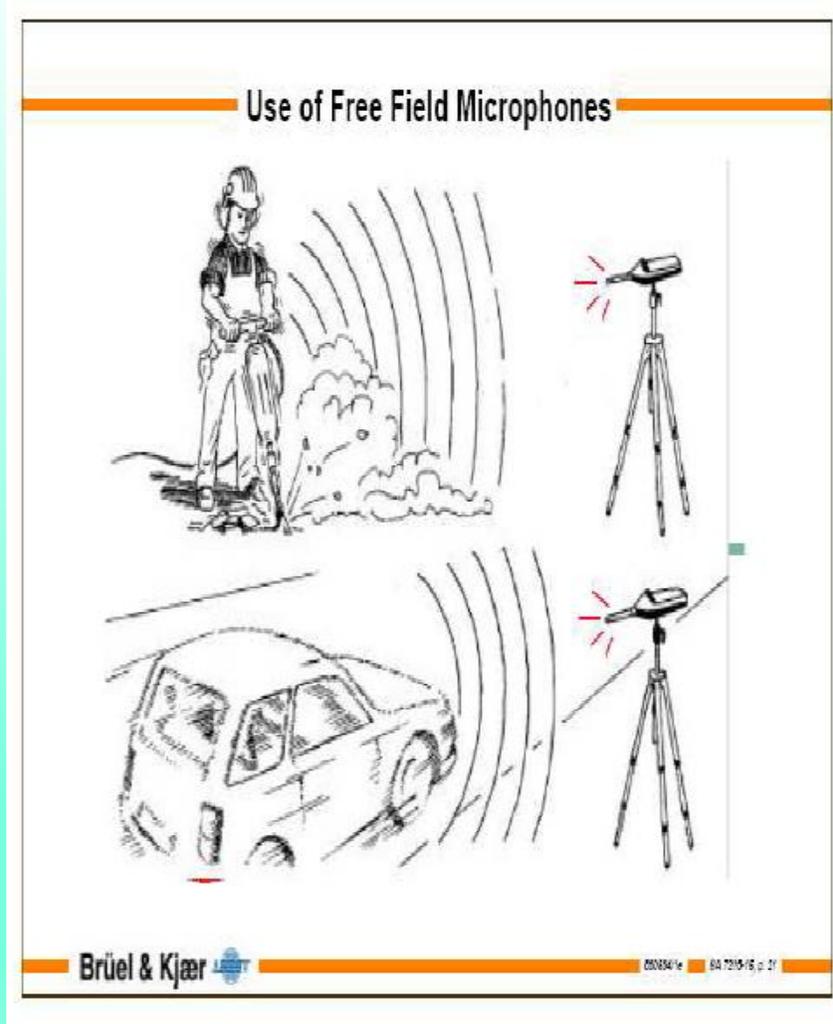
Free Field Microphones

Pressure Microphones

Random Incidence Microphones

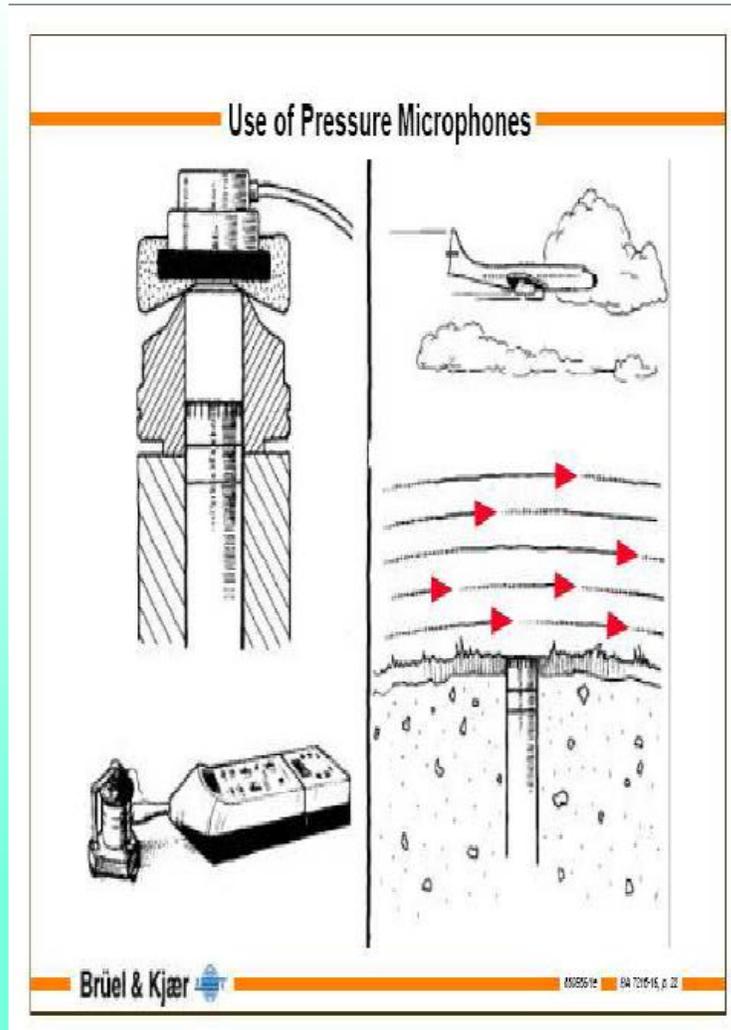


Free field microphones



È un tipo di Microfoni che richiede di essere orientato verso la Sorgente del Rumore. Essi si prestano bene quindi principalmente per le Misurazioni Ambientali nei confronti di Sorgenti di Rumore note o facilmente individuabili.

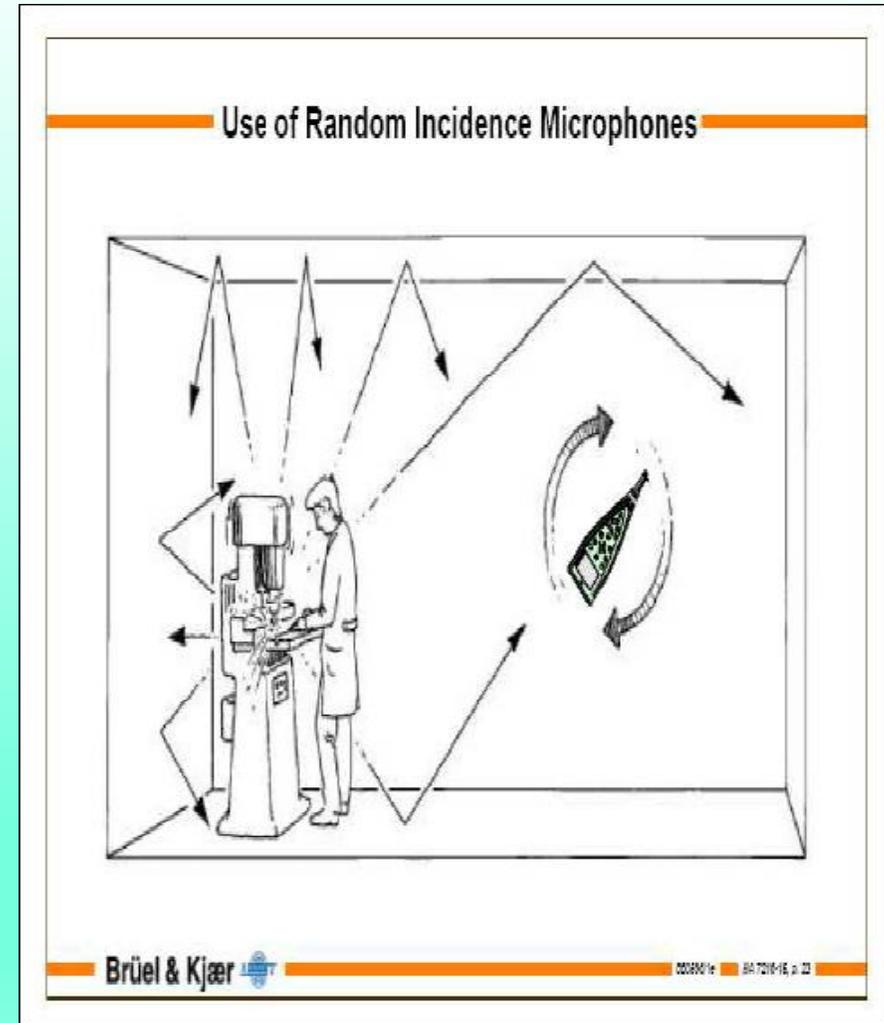
Pressure microphones



Tipo di Microfoni che invece è strutturato in maniera tale da essere efficace in quelle particolari circostanze in cui la valenza pressoria del Rumore è particolarmente rilevante. Come nell'esempio potrebbe essere il caso di un Rumore proveniente dal passaggio di un aereo o anche... di un treno.

Random incidence microphones

Questo tipo di Microfoni infine è indipendente dalla direzionalità dell'onda sonora ed è quindi **ideale per le Misurazioni in Ambienti Confinati**, in cui, oltre alla componente sonora vibratoria diretta, può essere importante anche considerare anche ulteriori componenti sonore indirette nella Valutazione Globale di esposizione al Rumore.



Classificazione dei fonometri

Le varie normative internazionali tra cui la più accreditata è quella IEC 651/79, recepita in Italia come CEI EN 60651/82, classificano i Fonometri in:



T0 o di Classe 0 = Fonometri da Laboratorio

T1 o di Classe 1 = Fonometri di Precisione



T2 o di Classe 2 = Fonometri di Impiego Generale



T3 o di Classe 3 = Fonometri di Sorveglianza



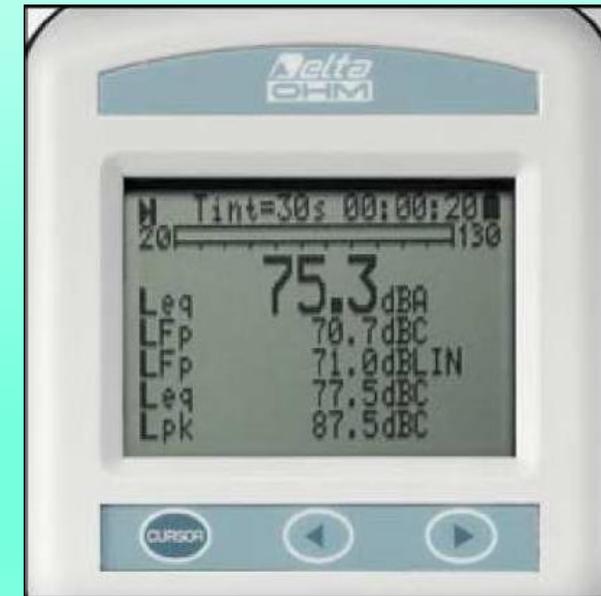
Alcuni parametri considerati ad esempio dalle norme IEC 651/79 per i Fonometri:

- Precisione in Frequenza
- Precisione nelle Pesature A-B-C
- Dinamica delle Risposte SLOW (lenta) e FAST (veloce)* (vedi seguito)
- Precisione nella Risposta Direzionale
- Stabilità nel Tempo
- Stabilità a temperatura, Umidità, Vibrazioni, Trasporto, Campi Magnetici ed Elettrostatici
- Precisione dello Strumento Indicatore

La misurazione con un Fonometro di Classe 1 fornisce in pratica:

- Livello di Pressione Sonora (SPL) in dB(A) e/o in dB(C) Istantaneo
- Risposta di Tipo Slow – Fast – Impulse*
- Valore di Picco (P_{Peak})
- Valore Massimo (Max RMS)**
- * L'IEC 651 definisce tre tipi di Risposta:
 - “S” (Slow o lenta) – Costante di Tempo = 1 secondo
 - “F” (Fast o veloce) – Costante di Tempo = 125 mSec
 - “I” (Impulse o impulsiva) – Costante di Tempo = 35 mSec

**RMS (Root Mean Square) è un valore continuo e non sinusoidale rappresentativo del segnale esaminato.



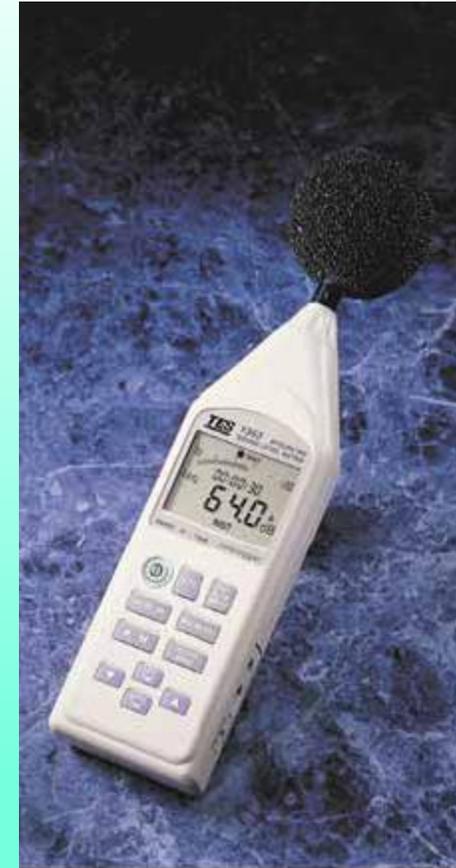
Fonometri integratori

Oltre ai classici Fonometri, esistono due ulteriori tipi di strumenti, disciplinati da norme IEC (o CEI EN) specifiche:

- Fonometri Integratori
- Fonometri per Analisi di Frequenza

I Fonometri Integratori, che esteticamente non differiscono molto dai fratelli minori, sono apparecchi che oltre a fornire il valore istantaneo del Rumore (SPL in dB) sono in grado di calcolare il suo valore integrato (L_{eq} , Level Equivalent Quantity), in parole semplici: il livello medio del Rumore, durante un determinato periodo di tempo.

Essi debbono attenersi alle caratteristiche tecniche descritte nella norma IEC 804/85 recepita in Italia come CEI EN 60804/99.



Fonometri per analisi di frequenza

Questa ulteriore tipologia di Fonometri non si limitano a fornire il solo valore istantaneo del Rumore (SPL), ma permettono di selezionare le frequenze che lo compongono e per ciascuna di esse indicarne il valore in dB. Di norma essi possono misurare soltanto una frequenza per volta, per cui non risultano adatti a Rumori di breve durata.

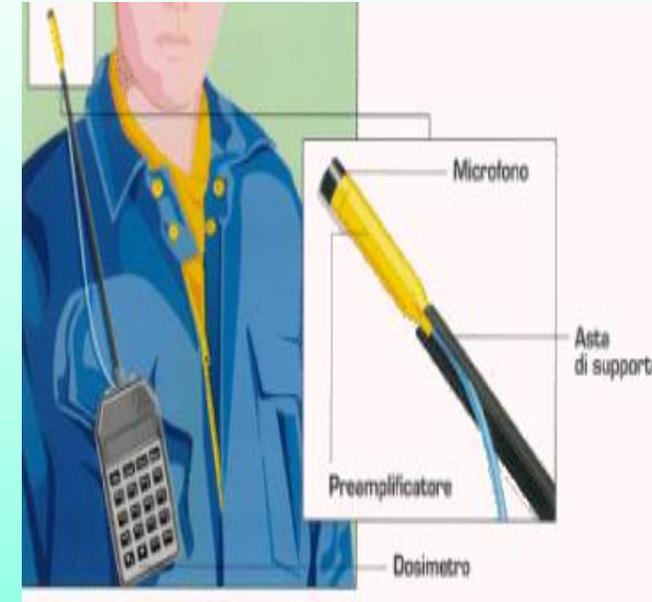
In tali casi si utilizzano degli Strumenti per l'Analisi di Frequenza in Tempo Reale in grado di scomporre il segnale nelle singole frequenze e memorizzarne simultaneamente i relativi valori per poi visualizzarli ed elaborarli successivamente.

La normativa di riferimento per i Filtri di Frequenza è la IEC 225. In casi particolari con tali dispositivi possono essere anche utilizzati dei filtri con frequenze in 1/3 di ottava (norme IEC 1260/95 recepita in Italia come CEI EN 61260/97).



Fonometri indossabili

Esiste la possibilità di utilizzare tali apparecchiature al fine della Valutazione dell'Esposizione al Rumore, tuttavia la regola impone che il Microfono non sia sul corpo della persona bensì a 10 cm dall'orecchio più esposto.



Questo può essere ottenuto con l'ausilio di un archetto auricolare, sarà cura quindi del personale competente accertarsi della validità dei risultati ottenuti.

I Fonometri Indossabili devono essere conformi alla Classe 1 secondo le norme IEC 651/79, IEC 804/85 e IEC 1252/93.

Calibrazione e taratura

Anche gli strumenti nuovi devono possedere un Certificato di Taratura.

La calibrazione in Italia è prevista con cadenza Annuale presso uno dei centri accreditati al SIT (Servizio di Taratura in Italia, Legge 273/91) o presso uno dei centri EA (European cooperation for Accreditation).

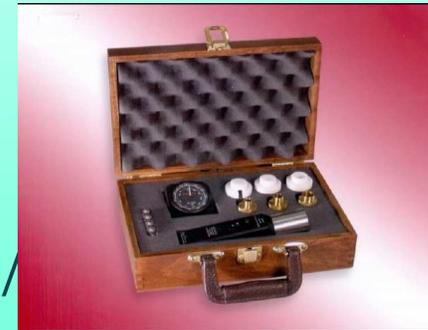
In particolare i Calibratori, norme IEC 942, sono classificati in:

Calibratori di Classe 1 o G1

Calibratori di Classe 2 o G2

L'inosservanza o la trasgressione delle specifiche e delle norme su citate è passibile di provvedimenti amministrativi o sanzionatori da parte degli Organi di Vigilanza.

Nuova Normativa Tecnica per la Taratura: IEC 61672



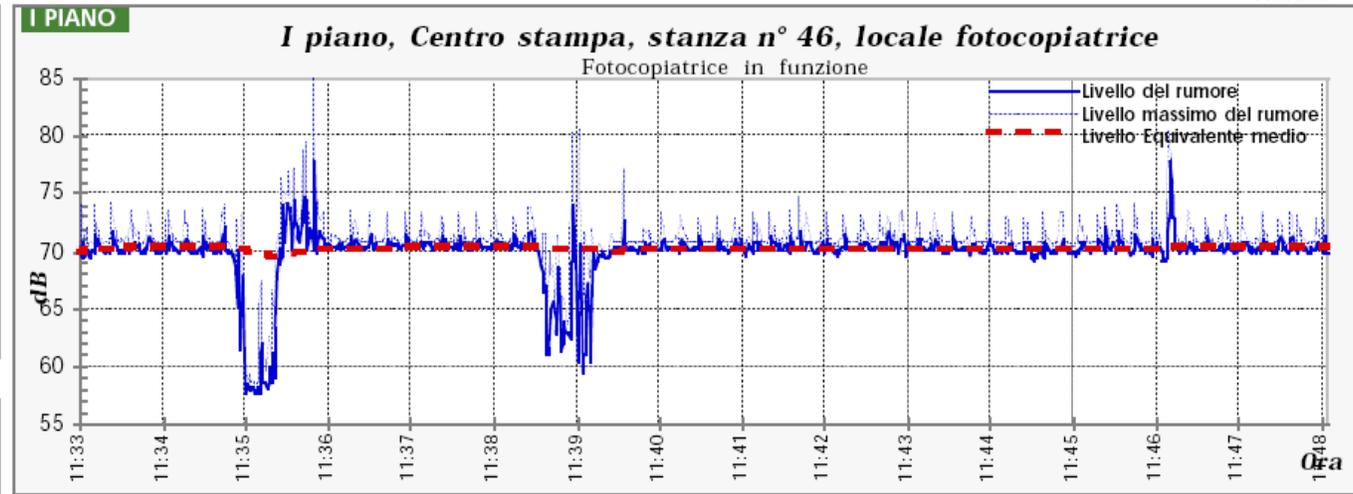
Registrazione grafica dei rilievi fonometrici

MISURA 3

28 mag 99 11:33:49
 Tempo trasc. 0:15:06
Leq 70,3
MaxP 106,5
 MaxL 84,9
 MinL 56,9
 L10 71,0
 L50 70,0
 L90 69,5

IMPOSTAZIONI

Fast 20-100 dB
 RMS = A Picco = L
 Fonometro Brüel & Kjaer mod. 2236

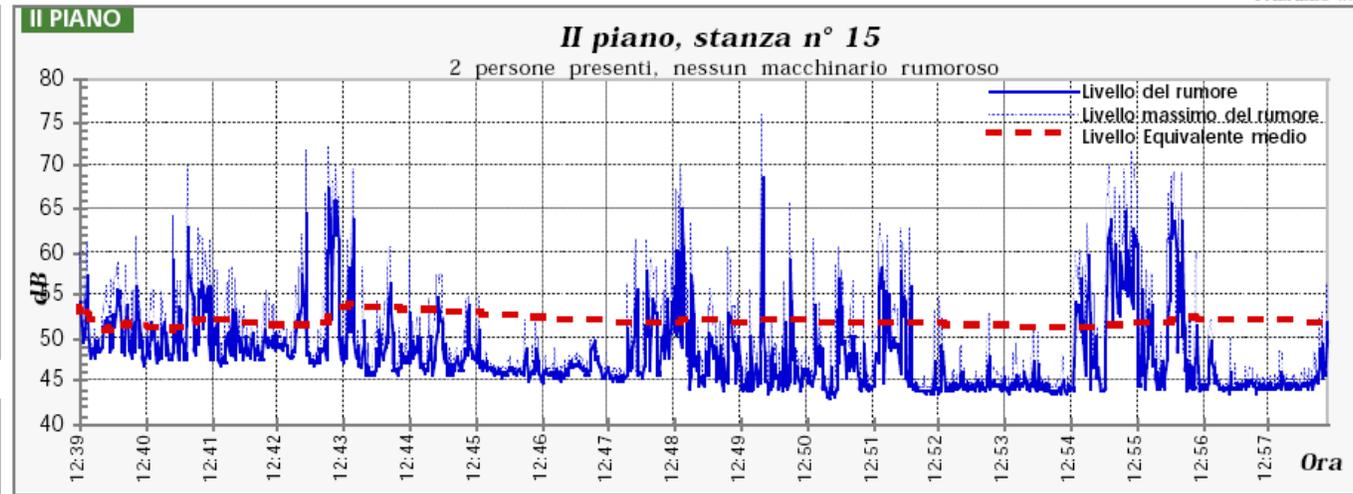


MISURA 4

28 mag 99 12:39:40
 Tempo trasc. 0:18:55
Leq 51,8
MaxP 105,7
 MaxL 75,8
 MinL 42,5
 L10 52,5
 L50 46,5
 L90 44,0

IMPOSTAZIONI

Fast 20-100 dB
 RMS = A Picco = L
 Fonometro Brüel & Kjaer mod. 2236



Sanzioni

Valutazione del Rischio

Datore di Lavoro

Arresto da 3 a 6 mesi

o

Ammenda da € 1.549,00 a € 4.131,00



SANZIONI

Titolo V-bis D.L.gs 626/94

Articolo 49-omnia

Valutazione del Rischio

Datore di Lavoro e Dirigente

Arresto da 3 a 6 mesi

o

Ammenda da € 1.549,00 a € 4.131,00



Misure di protezione

- Adozione di altri metodi di lavoro
- Scelta di attrezzature adeguate
- Progettazione strutturali dei posti di lavoro
- Informazione e formazione adeguate
- Misure tecniche di contenimento per il rumore trasmesso per via aerea (schermature) e del rumore strutturale (isolamento)
- Programmi di manutenzione
- Adeguata organizzazione del lavoro

Programma di misure tecniche ed organizzative

**Devono essere predisposte per ridurre l'esposizione
al rumore se si superano i 85 dBA**

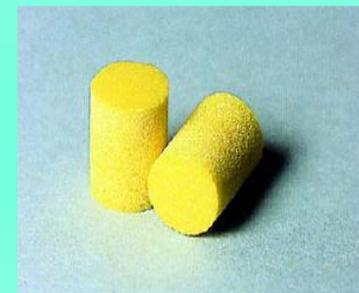
Segnaletica

I locali con rumorosità oltre i valori superiori di azione (85 dBA) devono essere indicati con appositi segnali con delimitazione delle aree e di accesso.



Dpi

- Sono forniti oltre 80 dBA
- Oltre 85 dBA il datore di lavoro fa il possibile per assicurare che vengano indossati
- Vengono scelti al fine di ridurre al minimo rischio previa consultazione dei lavoratori o del RLS
- Ne viene verificata l'efficacia



Calcolo dell'attenuazione dei DPI

- Tipo di DPI
- Tempo di utilizzo
- Condizioni di utilizzo
- Capacità di attenuazione in frequenza
 - Metodo OBM (Octave Band Method)
 - Si basa sui livelli di attenuazione per bande di ottava
 - Metodo HML (High, Medium, Low)
 - Considera i livelli sonori in scala A e C
 - Metodo SNR (Single Number Rating)



Metodo OBM (Octave Band Method)

- Si calcola il valore di esposizione per ogni frequenza (banda di ottava) in scala di ponderazione A
- Si sottrae per ogni frequenza l'attenuazione fornita dal DPI
- Si calcola il valore medio ponderato in scala di ponderazione A

Il grado di protezione può essere definito come segue:

Insufficiente: $L_{ex,8h} > 85\text{dB(A)}$

Accettabile: $L_{ex,8h}$ tra 80 e 85dB(A)

Buono: $L_{ex,8h}$ tra 75 e 80dB(A)

Accettabile: $L_{ex,8h}$ tra 70 e 75dB(A)

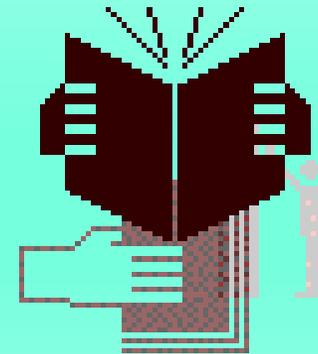
Troppo elevato: $L_{ex,8h} < 70\text{dB(A)}$



Formazione ed informazione

- Obbligatoria oltre 80 dBA

Riguarda le misure adottate, i valori di esposizione, i risultati delle valutazioni, l'uso corretto dei DPI, l'individuazione e segnalazione delle ipoacusie, le procedure di lavoro sicure.



SORVEGLIANZA SANITARIA

- viene effettuata ai lavoratori esposti oltre 85 dBA o a richiesta o se il medico competente ne condivide la necessità, a quelli esposti oltre 80 dB
- in caso di ipoacusie (anomalie) il MC deve comunicarlo datore di lavoro il quale riesamina la valutazione del rischio e le misure attenuate, tiene conto del parere del MC nell'attuazione delle misure necessarie e adotta le misure affinché sia riesaminato lo stato di salute di tutti gli altri lavoratori con esposizione analoga



In sintesi...

- 1) Valutazione preliminare
- 2) Esposizione \leq valori inferiori di azione \rightarrow rivalutazione periodica
- 3) Esposizione $>$ limiti inferiori di azione
 - Misurazione del rumore
 - Informazione e formazione
 - Messa a disposizione dei DPI
 - Sorveglianza sanitaria a richiesta
- 4) Esposizione $>$ limiti superiori di azione
 - Programma di misure tecniche ed organizzative per ridurre esposizione
 - Delimitazione delle zone, segnalazione e limitazione di accesso
 - Utilizzo dei DPI obbligatorio
 - Sorveglianza sanitaria obbligatoria
- 5) Esposizione $>$ valore limite di esposizione
 - Individuazione delle cause e modifica delle misure di protezione adottate