

# La misura del reale abbattimento soggettivo di rumore con uso di inserti auricolari tramite sistema E-A-Rfit™

F. CASSANO, INGRID ALOISE, G. LABIANCA, V. GACCIONE, C. MAZZOTTA, F. CARDASCIA, MICHELA GARAVAGLIA, R.S. SCARSELLETTA, L. DI LORENZO

DIM (Dipartimento Interdisciplinare di Medicina) – Cattedra di Igiene Industriale UNIBA

## KEY WORDS

Noise, real noise attenuation, earplugs

## PAROLE CHIAVE

Rumore, reale abbattimento del rumore, inserti auricolari

## SUMMARY

**«Measurement of real personal noise attenuation using earplugs with the E-A-Rfit™ system».** Background: The assessment of efficiency of hearing protection devices (HPDs), conducted above statutory limits, must be made using a standardized method while devices are worn; however, standardized and suitable laboratory conditions are difficult to encounter at the workplace. To overcome this problem, there are methods of measurement at the workplace such as “field-microphone-in-real-ear” (F-MIRE). **Objectives:** The study was concerned with the measurement of real noise attenuation using earplugs and a new evaluation system: we checked the difference between “real” attenuation (at workplace) and “theoretical” attenuation (reproduced in the laboratory) as stated by the manufacturer. **Methods:** We used the E-A-Rfit™ computerized method, which measures the loss of attenuation of earplugs in the ear, calculating the difference of sound pressure between an “outside” microphone and an “inside” one, in relation to the same earplug. The measurements at the workplace were carried out on eight subjects with good hearing levels (aged between 20 and 25 years), who were trained to wear the devices correctly. After the tests carried out with the E-A-Rfit™ system, which does not require a subjective answer, we obtained graphs and tables showing real noise attenuation. **Results/Conclusions:** We propose a comparison between hearing threshold for frequency, personal attenuation rating (PAR) and single number rating (SNR, provided by manufacturer): a difference of 10 dB (PAR 27 db vs. SNR 37 dB) was clearly evident although dissimilar methods were used to obtain such values. The instrument is rapid, simple and objective to use and also allows personalized information and training for every worker.

## RIASSUNTO

**Introduzione:** La valutazione di efficienza dei DPI uditivi, condotta al superamento dei limiti di legge, va effettuata a dispositivi indossati attraverso un metodo standardizzato tra quelli normati; tuttavia in ambito lavorativo non si possono ritrovare le condizioni standardizzate dei laboratori acusticamente predisposti. Per ovviare a questo limite, si ricorre a metodi di misura sul campo, tra i quali si distingue il “field-microphone-in-real-ear” (F-MIRE). **Obiettivi:** Lo studio si è occupato della misura del reale abbattimento del rumore di un inserto auricolare, utilizzando un nuovo sistema di valutazione: è stata verificata la discordanza esistente tra il “reale” abbatti-

Pervenuto il 22.10.2012 - Revisione pervenuta il 12.12.2012 - Accettato il 6.3.2013

Corrispondenza: Prof. Filippo Cassano, Cattedra di Igiene Industriale – DIM UNIBA, Piazza Giulio Cesare 11, Policlinico, 70124 Bari - Tel./Fax 080.5478217 - E-mail: filippo.cassano@uniba.it

mento (ottenuto sul campo) garantito dagli inserti auricolari e quello "teorico" (riprodotto in laboratorio) fornito dal produttore. **Metodi:** Abbiamo utilizzato il metodo computerizzato *E-A-Rfit<sup>TM</sup>*, che misura la perdita di attenuazione di un inserto auricolare in orecchio, calcolando la differenza di pressione sonora tra un microfono "esterno" ed uno "interno" rispetto all'auricolare. Le misure sul campo sono state eseguite su otto soggetti otologicamente sani, tra i 20 e i 25 anni, addestrati ad indossare correttamente gli inserti. Dai test effettuati, utilizzando il sistema *E-A-Rfit<sup>TM</sup>* che non richiede una risposta attiva dal lavoratore, sono stati elaborati grafici e tabelle sulla reale attenuazione di rumore. **Risultati/Conclusioni:** Viene proposto un "raffronto" tra soglia uditiva per frequenza, media dei PAR misurati (attenuazione individuale) ed SNR (attenuazione dichiarata dal fabbricante), da cui emerge, in particolare, una discordanza di ben 10 dB tra gli ultimi due (27 dB vs. 37 dB), sebbene siano ottenuti con metodologie notoriamente differenti. Lo strumento si è rivelato di impiego rapido, semplice ed oggettivo; inoltre permette una informazione e formazione personalizzata per singolo lavoratore.

## INTRODUZIONE

L'art. 193 del Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro (D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.) – Titolo VIII (Agenti fisici) – Capo II (Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro) (11) prevede che, nel caso in cui i rischi derivanti dal rumore non possano essere evitati con le misure di prevenzione e protezione, il datore di lavoro fornisca i Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) per l'udito. Inoltre la normativa precisa che il datore di lavoro "verifica l'efficacia dei Dispositivi di Protezione Individuale dell'udito" e "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 ed il rispetto dei valori limite di esposizione".

Poiché i DPI uditivi devono essere messi a disposizione al superamento dei valori inferiori di azione (80 dBA  $L_{EX,8h}$  e/o 135 dBC ppeak), la valutazione deve essere condotta al superamento di questi valori: tale valutazione deve essere effettuata a DPI indossati attraverso un metodo standardizzato tra quelli normati ed esplicitati più avanti; inoltre non viene indicato un valore limite a dispositivi non indossati. La norma ISO 4869/2 (24) indica tre metodi di calcolo che si basano sui livelli del rumore a cui il lavoratore è esposto e sui dati di attenuazione caratteristici del dispositivo:

- OBM (Octave Bande Method), che utilizza i livelli del rumore per banda di ottava, nonché i dati di attenuazione, sempre per banda di ottava, forniti dal produttore del dispositivo;

- HML (High Medium Low Frequency Method), che necessita dei livelli del rumore ponderati A e C nonché dei valori di attenuazione del dispositivo per alte (H), medie (M) e basse (L) frequenze forniti dal produttore;
- SNR (Single Number Rating) che richiede la misura del livello sonoro ponderato in C ed utilizza il valore di attenuazione per un rumore rosa fornito dal produttore.

Il punto di partenza per l'applicazione di tali metodi è il calcolo delle capacità di abbattimento dei DPI, che deve essere effettuato dal produttore come da ISO 4869/1 (22). La norma in questione si propone di ottenere i valori massimi di attenuazione del rumore percepito con l'uso dei vari dispositivi, in maniera da poterne confrontare l'attenuazione ed ottenerne una classificazione in rapporto alla massima efficienza. Ciò rende indispensabili alcune condizioni operative, tra le quali: locali con caratteristiche acustiche definite, selezione dei soggetti da sottoporre a test, informazione e formazione puntuale, assistenza alla vestizione del dispositivo, ottimizzazione di detta vestizione mediante procedure particolari, ecc.

Tali test, secondo norma, si basano sulla valutazione della soglia uditiva a dispositivo non indossato e indossato; vanno effettuati su 16 soggetti "altamente selezionati" ed i risultati relativi all'attenuazione del dispositivo sono espressi come valore medio e deviazione standard, per banda di ottava; i dati ottenuti sono poi utilizzati anche per il calcolo degli altri parametri indicati dalla norma H, M, L e SNR (22). Va comunque considerato che in ambito

lavorativo non si possano mai trovare le condizioni standardizzate utilizzate dalla ISO 4869/1 e quindi l'utilizzazione dei dati di abbattimento per la valutazione del livello di esposizione a dispositivo indossato, ottenuti attraverso l'applicazione di tale norma, è impropria e foriera di una serie di errori di valutazione. Non è corretto utilizzare valori teorici massimi di attenuazione, che sono incompatibili con il reale abbattimento determinato dai dispositivi sul campo.

Numerosi studi hanno dimostrato la scarsa affidabilità delle misurazioni, effettuate in laboratorio secondo la procedura della norma ISO 4869/1 (22), per la valutazione dell'attenuazione dei dispositivi di protezione uditivi individuali o di gruppo per i lavoratori professionalmente esposti, rendendo peraltro difficoltosa ed approssimativa la corretta assegnazione degli stessi dispositivi in condizioni di reale esposizione (4, 5, 16-21, 25).

Per ovviare a questo limite, dunque, si ricorre a metodi di misura sul campo, tra i quali si distingue il "field-microphone-in-real-ear" (F-MIRE). Questo metodo utilizza un microfono a doppia sonda per misurare rapidamente l'attenuazione del rumore mediante il controllo della differenza dei livelli di rumorosità all'esterno e al di sotto del dispositivo di protezione auricolare.

Questo porta alla considerazione che, se da D.Lgs. 81/2008 l'esposizione ai valori limite deve essere valutata tenendo conto dell'abbattimento determinato dai DPI, e se viene considerato come reale il valore teorico proposto dal produttore per indicare le migliori *performances* del dispositivo in laboratorio, non ci sarebbero più lavoratori "esposti" a rumore secondo il decreto (11). Per semplificare quanto affermato, ammettiamo per assurdo che vengano eseguite a norma di ISO 4869/1 alcune misure dosimetriche a giornata intera e che il lavoratore risulti esposto ad un Leq medio (che poi coincide con il Lex,8h) di 118 dBA, valore non certo riscontrabile secondo la letteratura e la nostra esperienza professionale. Se utilizzassimo un DPI acustico che il produttore dichiara in grado di abbattere di 30 dB il rumore percepito, il lavoratore sarebbe da ritenere "esposto" a livelli di 88 dBA Leq (118-30=88 dBA Lex,8h). Vale a dire che per considerare un lavoratore *esposto* secondo i vigenti limi-

ti di legge (87 dBA Lex,8h) (11), la rumorosità ambientale dovrebbe raggiungere livelli incompatibili con qualsiasi realtà lavorativa.

E sempre considerando le misure secondo ISO 4869/1 a giornata intera, se un lavoratore risultasse esposto ad un Leq medio (che in questo caso, ribadiamo, coincide con il Lex,8h) già molto elevato di 94 dBA senza DPI, con l'uso dell'inserito in questione sarebbe da considerare *iperprotetto* (94-30=64 dBA Lex,8h) a norma del Decreto del Ministro del Lavoro e della Previdenza Sociale del 2 maggio 2001 (individuazione ed uso dei dispositivi di protezione individuale, che adotta la norma EN 458<sup>1</sup>) (12, 23).

La stessa norma presenta un grafico relativo al tempo di utilizzo del dispositivo (figura 1), che evidenzia come la reale capacità di abbattimento si riduca man mano che il lavoratore non indossi costantemente il DPI, sino alla dimostrazione che, se tale lavoratore utilizzasse il DPI per il 50% del tempo di esposizione, la reale capacità di abbattimento (*efficacia*) si ridurrebbe a soli 3 dB, quale che sia l'efficienza teorica dello stesso mezzo<sup>2</sup> (9).

Quindi, ancora una volta si pone in evidenza come il calcolo sulla protezione dei lavoratori, mediante dispositivi di protezione individuale da rumore, sia del tutto inficiato da dati teorici manifestamente e dichiaratamente ottimali e condizioni operative che sarebbe auspicabile fossero tali, ma che tali non sono. E che questo sia davvero un problema, lo confermano Organizzazioni internazionali, come NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ed OSHA (Occupational Safety and Health).

<sup>1</sup> Secondo tale norma, la protezione è da ritenersi: *insufficiente* se il rumore che arriva all'orecchio, con l'otoprotettore, è pari o superiore ad 80 dB; *buona* se arriva tra 70 e 75 dB; *accettabile* se compresa tra 75 ed 80 dB oppure tra 65 e 70 dB; al di sotto dei 65 dB la norma definisce il lavoratore *iperprotetto*.

<sup>2</sup> La normativa vigente prevede di valutare l'efficienza dei DPI uditivi e verificarne l'efficacia. Definita *efficienza* la capacità potenziale di un DPI uditivo di proteggere la funzionalità uditiva di un lavoratore ed *efficacia* la reale protezione della funzione uditiva ottenuta dal DPI uditivo, si rileva che i DPI uditivi sono considerati adeguati se, correttamente usati, rispettano le prestazioni richieste dalle normative tecniche.

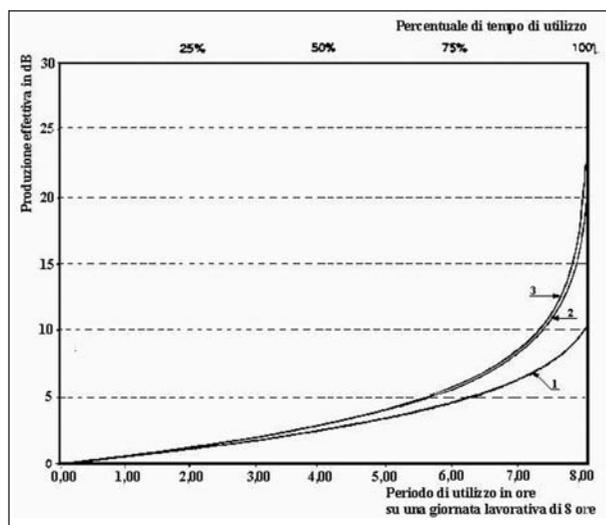


Figura 1 - Efficacia dei DPI in rapporto al tempo di utilizzo durante una giornata lavorativa di 8 ore, in grado di abbattere rispettivamente di 10 (1), 20 (2) e 30 dB (3) il rumore

Figure 1 - Efficacy of hearing protection devices (HPDs) during an 8-hour work day, that can decrease noise by 10 (1), 20 (2) and 30 dB (3), respectively

tional Safety and Health Administration), che raccomandano di correggere i valori di attenuazione teorici proposti dalle case produttrici (26).

Infine un'ultima considerazione: ipotizziamo che un lavoratore sia esposto per 30 minuti della sua giornata lavorativa ad un  $LeqA$  di 91 dB e per il resto del tempo di 7 ore e 30 minuti a livelli pari a 70 dB. Il calcolo del  $Lex,8h$  per l'esposizione del lavoratore pone quest'ultimo ad un livello pari a 79,4 dBA; pertanto, a norma del D.Lgs. 81/2008 (11), il Datore di Lavoro non dovrebbe assegnargli i DPI uditivi. Lo stesso lavoratore però, allorché si trovi ad operare nell'area a 91 dBA, incontra le indicazioni di legge sull'obbligo di uso dei DPI, come da art. 192 comma 3 del D.Lgs. 81/2008 (11). Quindi, a nostro avviso, a guidare nella scelta di fornire i DPI uditivi, oltre che i  $Lex,8h$  dovrebbero essere anche i  $Leq$ .

## SCOPO DEL LAVORO

Il nostro studio si è occupato della misura del reale abbattimento del rumore di un inserto aurico-

lare utilizzando uno dei metodi attualmente adottati per tale evenienza.

Si è voluto in definitiva dimostrare, utilizzando un nuovo sistema di valutazione, che esiste una discordanza tra il reale abbattimento (ottenuto sul campo) garantito dagli inserti auricolari e quello "teorico" (riprodotto in laboratorio) fornito invece dal produttore.

## MATERIALI E METODI

Esistono diversi sistemi, in corso di standardizzazione e basati sul nuovo modello ANSI S12.71 (tuttora in fase di sviluppo), che hanno lo scopo di misurare la reale attenuazione di rumore che un particolare utilizzatore ottiene dopo aver indossato un protettore auricolare. Questi sistemi sono chiamati FAES (Field Attenuation Estimating Systems) o sistemi estimativi dell'attenuazione sul campo (10).

Al momento esistono sei sistemi FAES disponibili, tra cui i quattro più diffusi sul mercato sono i seguenti:

1. *Fit Check*: è il primo ad essere stato introdotto nel 1992; così come la norma ISO 4869/1, si basa sul sistema REAT (Real Ear Attenuation at Threshold), processo utilizzato come "gold standard" per la valutazione della soglia uditiva a dispositivo indossato e non indossato<sup>3</sup>.
2. *E-A-Rfit della 3M*: misura la perdita di attenuazione di un inserto auricolare inserito in un orecchio, calcolando la differenza di pressione sonora tra un microfono esterno e un microfono interno inserito nell'auricolare, se-

<sup>3</sup> Invece di una camera anecoica, Fit Check utilizza delle cuffie che emettono segnali (per cui può essere utilizzato solo per inserti auricolari), un'apparecchiatura di controllo, un interruttore per il segnale e un computer portatile. Tale sistema prevede l'audizione prima senza l'utilizzo di dispositivi di protezione auricolare e poi con il dispositivo di protezione auricolare inserito. Permette di calcolare il valore di attenuazione personale per lo specifico dispositivo di protezione utilizzato. L'obiettivo è che, attraverso la ripetizione del processo di inserimento, chi indossa gli otoprotettori apprenda il modo migliore per ottenere l'attenuazione necessaria.

condo il sistema MIRE (Microphone In Real Ear). Si tratta del metodo che discuteremo più avanti<sup>4</sup>.

3. *Veri-PRO del Sperian/Howard Leight*: simile al sistema Fit Check (metodo REAT), in quanto utilizza un computer portatile e cuffie, ma si basa su un sistema di bilanciamento del suono<sup>5</sup>.
4. *Well-Fit del NIOSH* (National Institute of Occupational Safety and Health): opera similmente a Fit Check e Veri-PRO (metodo REAT), in quanto utilizza un computer portatile e un paio di cuffie, ma è necessaria la collaborazione della persona esaminata<sup>6</sup>.

Oltre a questi, esistono altri due sistemi degni di nota:

1. *Safety Meter della Phonak*: è un sistema che attualmente funziona solo con protezioni acustiche Phonak<sup>7</sup>.
2. *Quiet Dose della Sperian/Howard Leight*: ha un approccio diverso al problema: non misura l'attenuazione, bensì la dose effettiva di rumore al timpano sotto i protettori auricolari<sup>8</sup>.

Per il nostro lavoro ci siamo serviti del metodo computerizzato E-A-Rfit<sup>TM</sup>, di cui, a seguire, illustriamo il funzionamento. Tale sistema permette di calcolare la differenza di pressione sonora (alle frequenze standard 125 Hz – 8 KHz) tra un microfono *esterno* ed un microfono *interno* inglobato nell'inserto appositamente prodotto (figura 2).

Il sistema è costituito da un altoparlante, collegato ad un personal computer, che emette un suono (la cui intensità è calibrata ad ogni prova) misurato

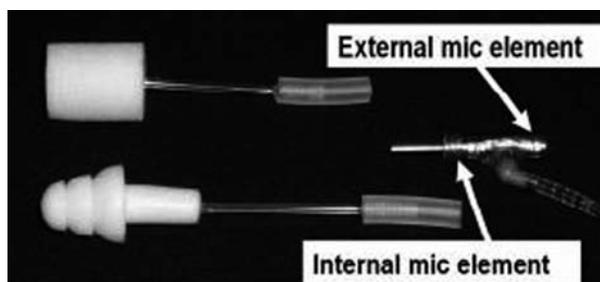


Figura 2 - Particolare dei microfoni

Figure 2 - Details of microphones

da un microfono, da noi convenzionalmente definito “esterno” (figura 3). Un altro microfono identico, collegato tramite il tubicino (già visto in figura 2), permette di misurare il rumore che giunge oltre l'inserto auricolare: si tratta del microfono “interno” (figura 4). In figura 5 si può osservare la corretta posizione del soggetto sottoposto al test: la distanza dall'altoparlante è standardizzata dalla lunghezza del cavo del microfono. Il soggetto indossa dei particolari occhiali forniti di un supporto magnetico che blocca il microfono esterno, in modo da escludere eventuali rumori parassiti. La misura dell'attenuazione del rumore percepito è tanto più precisa quanto più numerose sono le prove effettuate: per il calcolo della variabilità individuale sono necessarie almeno quattro misure per orecchio (13).

Nella letteratura scientifica, per il dispositivo F-MIRE oggetto dello studio, è stata osservata una variazione di PAR (Personal Attenuation Rating o

<sup>4</sup> Recentemente sviluppato dal sistema Sonomax Sonopass, E-A-Rfit è più veloce della maggior parte degli altri sistemi e ha il vantaggio che chi lo indossa non deve far altro che inserire gli inserti auricolari come farebbe abitualmente. Consente inoltre agli utilizzatori di scegliere gli inserti auricolari che meglio si adattano all'anatomia del proprio orecchio.

<sup>5</sup> La prova prevede che la persona esaminata indossi le cuffie; successivamente si muove un cursore per il bilanciamento del suono, attraverso il touchpad, fino a quando il suono che il soggetto sente è lo stesso in entrambe le orecchie. Poi viene effettuata la vestizione di un inserto nell'orecchio destro e si ripete il processo di bilanciamento del suono fino a quando non è uguale in entrambe le orecchie. Infine vengono introdotti gli inserti auricolari e si ripete il processo. Veri-PRO può verificare qualsiasi inserto auricolare che si introduce sotto le cuffie.

<sup>6</sup> Well-Fit è attualmente in fase di commercializzazione ed il NIOSH sta lavorando ad accordi per portare il sistema sul mercato entro i prossimi mesi.

<sup>7</sup> Questo sistema funziona come EARfit, in quanto non necessita della segnalazione dell'ascolto dei suoni da parte dell'utilizzatore. Il sistema esegue una misurazione con la tecnica del microfono posto nel condotto uditivo, secondo la tecnica MIRE (Microphone In Real Ear).

<sup>8</sup> Quiet Dose è un dosimetro personale che deve essere indossato durante tutta la giornata lavorativa. Registra, di fatto, la dose giornaliera di rumore durante la giornata lavorativa. Attualmente il sistema è in fase di studio.



Figura 3 - Apparecchiatura del sistema utilizzato  
 Figure 3 - System equipment

valore di attenuazione individuale) compresa tra  $\pm 4,4$  dB e  $\pm 6,3$  dB (I.C. 95%), che può ridursi tra  $\pm 3,1$  dB e  $\pm 4,5$  dB con la ripetizione della misura. L'errore della misurazione, inoltre, è più frequentemente dovuto alle modalità di inserimento dell'inserito da parte dell'utente, piuttosto che all'incertezza del sistema di misurazione (5). Ulteriori conferme in tal senso provengono da altre ricerche realizzate sul campo in differenti condizioni di lavoro: la variabilità mediamente risultava compresa tra 8,8 e 13,7 dB (16, 18, 20, 21, 27).

Il sistema non necessita di alcuna risposta attiva da parte del soggetto esaminato, il quale sostanzialmente deve limitarsi ad indossare gli inserti auricolari come da abitudine (2). Per l'esecuzione è necessario selezionare il tipo di inserto auricolare utilizzato e la dimensione dello stesso, che può anche es-



Figura 4 - Posizionamento corretto del microfono  
 Figure 4 - Correct microphone placement



Figura 5 - Corretta posizione del soggetto sottoposto al test  
 Figure 5 - Correct subject position during the test

sere differente per orecchio sinistro e orecchio destro. Il software dedicato consente di inserire precedenti audiogrammi del soggetto ed i suoi livelli di esposizione effettivamente misurati o anche ipotetici, per ulteriori indagini<sup>9</sup> (13).

La corretta esecuzione del test permette di ottenere principalmente tre grafici:

1. *Fitting Profile* (figura 6): mostra la curva di distribuzione a campana dei valori di attenuazione (almeno 4 prove, come detto);
2. *Measured levels* (figura 7): mostra il livello sonoro di esposizione espresso in dBA per ogni banda di ottava e il livello sonoro misurato dal microfono "interno";
3. *PAR (Personal Attenuation Rating)* (figura 8): mostra la valutazione dell'attenuazione indivi-

<sup>9</sup> Per i livelli di esposizione ponderati, quello in A è obbligatorio, mentre quello in C è facoltativo.

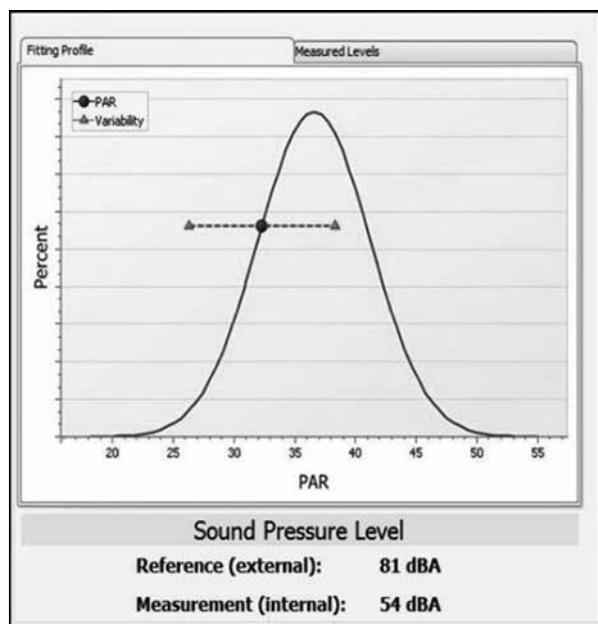


Figura 6 - Esempio, fornito dal software, di curva di distribuzione a campana dei valori di attenuazione ottenuti  
 Figure 6 - Software example of bell-shaped distribution for obtained attenuation data

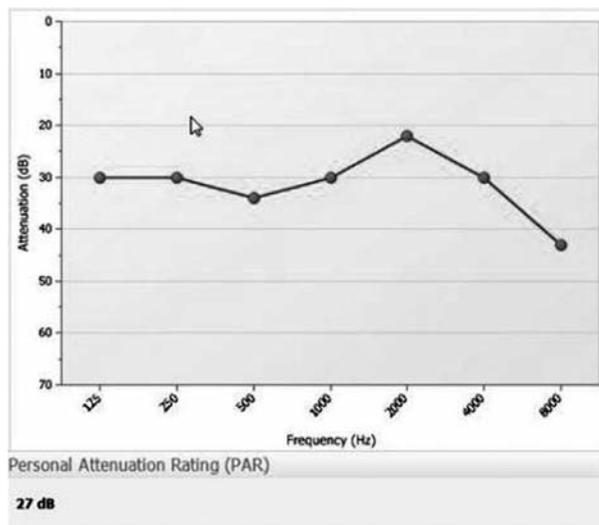


Figura 8 - Valutazione dell'attenuazione individuale (PAR)  
 Figure 8 - Personal attenuation rating (PAR)

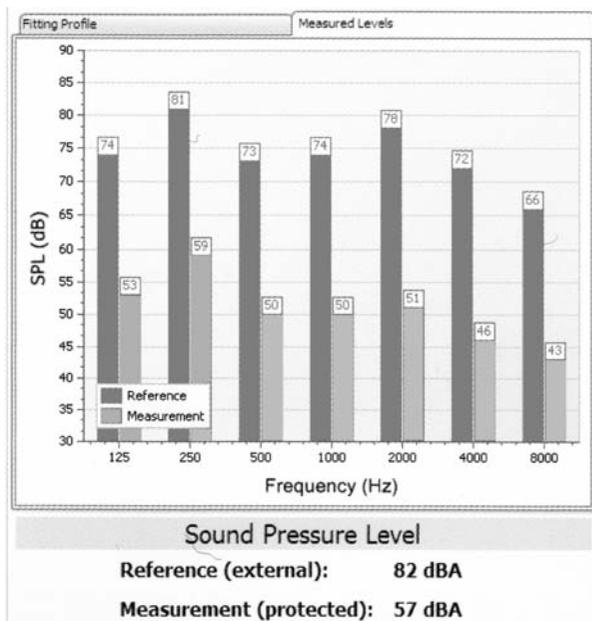


Figura 7 - Esempio, fornito dal software, di livelli sonori di esposizione misurati tramite doppio microfono  
 Figure 7 - Software example of measured levels via double microphone

duale per ogni banda di ottava, ottenuta dalla differenza tra la misura resa dal microfono interno rispetto all'esterno e riportata anche come valore medio complessivo dell'attenuazione del dispositivo.

Questi tre grafici sono l'elemento più rilevante di una specifica scheda di valutazione personale, prodotta dal sistema, che potrà essere allegata alla cartella sanitaria e di rischio di ogni singolo lavoratore sottoposto al test, al fine di documentarne la reale esposizione nelle mansioni assegnate, sempre in rapporto ad una corretta valutazione del rischio da rumore, come da DVR.

Abbiamo testato inserti auricolari monouso prodotti dalla 3M™, tra i più diffusi in commercio, del tipo 3M 1100-1110, in schiuma ipoallergenica, con forma conica ed affusolata che ne facilita l'inserimento (figura 9). I due modelli si differenziano per la presenza di un cordoncino nel modello 3M 1110 che ne agevola l'estrazione e ne previene la rimozione accidentale (1).

Le caratteristiche tecniche di attenuazione dichiarate e fornite dal fabbricante sono riportate nella tabella 1.

Le misure sul campo sono state eseguite su otto soggetti volontari (4 uomini e 4 donne) di età compresa tra i 20 ed i 25 anni, che sono stati valutati "otologicamente sani" dopo esame otoscopico ed

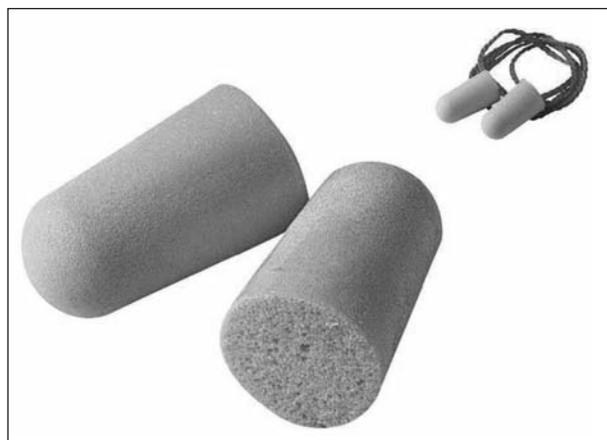


Figura 9 - Inserti auricolari 3M™ 1100-1110

Figure 9 - 3M™ 1100-1110 Earplugs

audiogramma *di base* in cabina silente ed a riposo acustico. È stata poi eseguita una seconda audiometria, *ad inserto correttamente indossato*, sempre in cabina silente. I dati ottenuti saranno discussi nel successivo paragrafo.

## RISULTATI

La tabella 2 e la figura 10 rappresentano una sintesi dei risultati. Sono riportati, per frequenza, i valori relativi alla *soglia uditiva media ad inserto indossato e non indossato*, oltre alle medie di *attenuazione media* ed alla *protezione* (ovvero l'attenuazione minima per l'84% dei soggetti) sia ottenute sul campo, che dichiarate dal fabbricante.

Abbiamo poi effettuato un "raffronto" tra la media dei PAR misurati (*Personal Attenuation Rating* o valore di attenuazione individuale) ed il SNR (*Single Number Rating*, ovvero i dati di abbattimento forniti dal produttore degli inserti). È evidente che PAR ed SNR rappresentino due parametri ottenuti in maniera diversa: il primo, infatti, si riferisce alla media delle attenuazioni alle diverse frequenze, a differenza del SNR che è invece un valore fornito dai produttori e che di certo non individua una media delle suddette attenuazioni; tuttavia è indubbio come entrambi tendano a valutare l'ab-

Tabella 1 - Valori di attenuazione dichiarati per gli inserti utilizzati durante lo studio

Table 1 - Stated values of attenuation for earplugs used during the study

(valori in dB)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Attenuazione media	33,10	36,30	38,40	38,70	39,70	48,30	44,40
Deviazione standard	5,00	7,40	6,20	5,60	4,30	4,50	4,40
Protezione media	28,10	28,90	32,20	33,10	35,40	43,80	40,00
SNR = 37 dB	H = 37 dB		M = 34 dB		L = 31 dB		

Tabella 2 - Soglia uditiva media a dispositivo indossato e non indossato, valori di attenuazione e protezione medie ottenuti sul campo e dichiarati dal fabbricante

Table 2 - Hearing threshold of earplugs worn and not worn, values of average attenuation and protection both in the field and provided by supplier

(valori in dB)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Soglia uditiva media a dispositivo NON indossato	9,50	9,00	5,25	3,75	3,00	2,50	4,50
Soglia uditiva media a dispositivo indossato	26,75	28,25	28,50	29,50	34,75	36,50	38,50
Attenuazione media "sul campo"	20,65	22,75	26,65	30,00	33,40	40,85	41,40
Protezione media "sul campo"	12,72	14,56	19,18	21,74	29,84	38,12	39,14
Deviazione standard "sul campo"	7,93	8,19	7,47	8,26	3,56	2,73	2,26
Attenuazione media "dichiarata"	33,10	36,30	38,40	38,70	39,70	48,30	44,40
Protezione "dichiarata"	28,10	28,90	32,20	33,10	35,40	43,80	40,00
Deviazione standard "dichiarata"	5,00	7,40	6,20	5,60	4,30	4,50	4,40

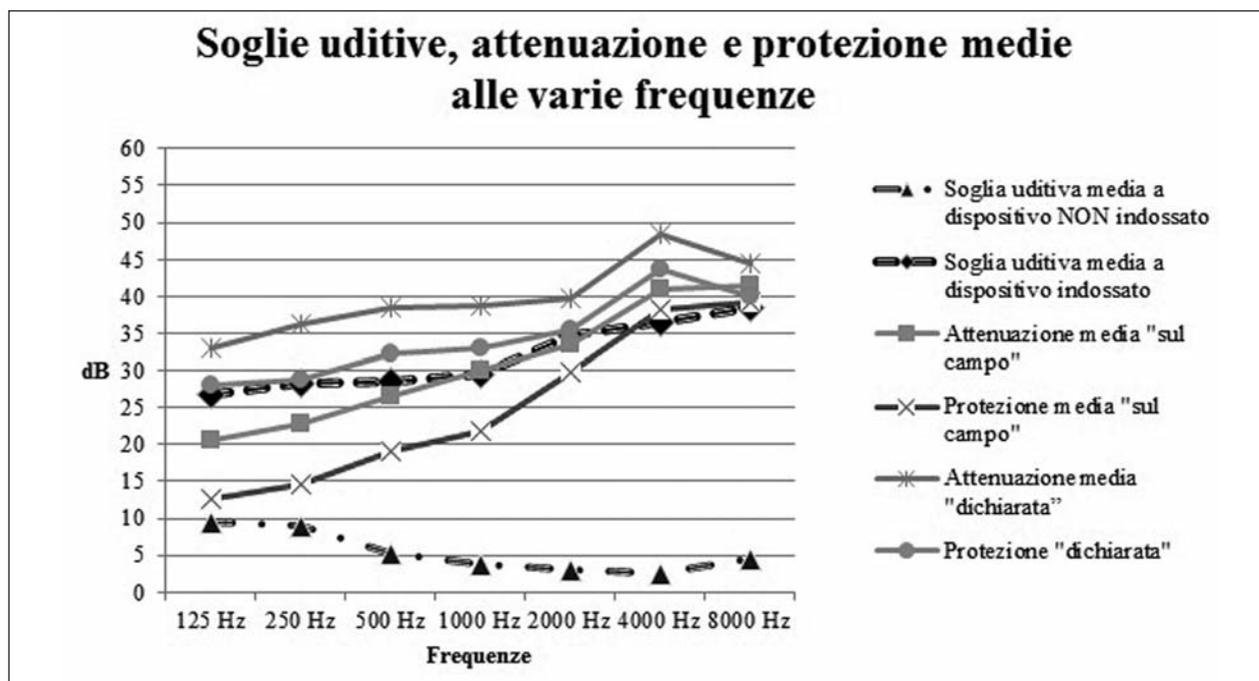


Figura 10 - Rappresentazione grafica di attenuazione e protezione medie sulle varie frequenze

Figure 10 - Average attenuation and protection at every frequency

battimento che un dispositivo riesce a determinare. Pertanto, il confronto tra i due valori, seppur metodologicamente differenti, consente in pratica di verificare le differenze esistenti tra le due valutazioni e, con il PAR, fornisce il reale abbattimento strumentale. Tale differenza corrisponde a ben 10 dB: PAR 27 dB vs. SNR 37 dB.

## DISCUSSIONE

L'esame della tabella 2 e della figura 10 consente alcune interessanti osservazioni. La prima riguarda l'andamento delle curve che, come peraltro atteso, evidenzia come l'abbattimento sia maggiore alle alte frequenze, a dimostrazione del corretto funzionamento dell'inserito utilizzato che, per favorire la possibilità di comunicazione verbale, protegge di più sulle frequenze "industriali" che su quelle "sociali". Si può anche constatare come sia notevole la differenza tra le curve delle misure sul campo e quelle fornite dal costruttore. Ciò conferma che il dato teorico risente in misura rilevante delle condizioni standardizzate già citate e discusse, impossibili da realizzare fuori da un laboratorio "acustica-

mente attrezzato", e che devono permettere al produttore di ottenere le migliori *performances* possibili dell'inserito per classificarlo come richiede la norma (22-24).

È altresì da evidenziare come la curva dell'abbattimento, determinata attraverso la misura audiometrica della soglia uditiva ad inserto indossato, si ponga tra quelle di attenuazione e protezione misurate e quelle dichiarate. Quindi anche tale misura, da noi utilizzata in passato (6-8), si conferma di indiscutibile validità. Tuttavia essa necessita di tempi lunghi e dell'impiego di una cabina silente per la corretta esecuzione dell'audiometria. Inoltre, il metodo audiometrico richiede anche una valida collaborazione da parte del lavoratore e può risentire di condizioni uditive soggettive (ipoacusie, tappi di cerume, spostamento temporaneo di soglia, ecc.), che potrebbero inficiare la misura in fabbrica. Invece per l'E-A-Rfit™, come detto, non occorre la risposta soggettiva del lavoratore, il quale deve soltanto indossare correttamente l'inserito ed i tempi complessivi dell'esame si riducono a soli pochi minuti.

Per di più, non deve essere sottovalutata la scheda individuale che, periodicamente rinnovata ad

ogni indagine ambientale (la cui periodicità è, per legge, almeno quadriennale), costituisce un elemento fondamentale nella valutazione della reale esposizione del lavoratore al rumore ed un documento indispensabile nel programma aziendale e sanitario del controllo dell'esposizione professionale a rischio. Se di interesse, la scheda completa è riportata nel sito della ditta di riferimento (2).

Per valutare l'abbattimento complessivo determinato dall'inserito, abbiamo effettuato la media dei PAR misurati con il nostro metodo che è risultata pari a 27 dB, quindi un valore decisamente valido: a norma del D.M. del 2 maggio 2001 (individuazione ed uso dei dispositivi di protezione individuale, che adotta la norma EN 458) (12, 23), qualsiasi lavoratore esposto ad un Lex,8h pari, ad esempio, a 94 dBA, sarebbe da considerarsi in protezione accettabile.

Non deve essere sottovalutato che se, come da noi suggerito, ogni indagine igienico-ambientale per il rischio rumore si concludesse con la valutazione del reale abbattimento determinato dai DPI in uso, oltre ai già indicati vantaggi sulla valutazione della esposizione dei lavoratori, si potrebbe provvedere ad una periodica formazione ed informazione dei lavoratori, addirittura individuale. E che tale periodico rinnovo di formazione e formazione sia indispensabile è dimostrato da ampia letteratura (3, 11, 14, 15, 25, 28).

In ultimo, vorremmo segnalare una ulteriore ricaduta positiva per gli utilizzatori: la metodica, la strumentazione ed il software sono davvero di impiego molto semplice ed intuitivo ed i tempi richiesti per la completa esecuzione del test sono già in partenza decisamente contenuti. La possibilità di conservare in memoria i dati anagrafici rilevati ed i risultati dei test precedenti porterà a ridurre i tempi dell'indagine nelle successive tornate.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

## BIBLIOGRAFIA

1. 3M™ Prodotti per la sicurezza sul lavoro. Insetti auricolari e cuffie passive. Catalogo prodotti. Disponibile on line all'indirizzo: <http://catalogue.3m.eu/>
2. 3M™ Occupational Health and Environmental Safety Division. Fit Testing For Hearing Protectors. Disponibile on line all'indirizzo: <http://multimedia.3m.com/>
3. Accordo tra il Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, il Ministero della Salute, le Regioni e le Province Autonome del 21 dicembre 2011
4. Berger EH: Assessment of the performance of hearing protectors for hearing conservation purposes. *Noise & Vibration Control Worldwide* 1984; 15: 75-81
5. Berger EH, Voix J, Kieper RW, Le Cocq C: Development and validation of a field microphone-in-real-ear approach for measuring hearing protector attenuation. *Noise Health* 2011; 13: 163-175
6. Cassano F, Elia G: Possibilità e limiti della protezione acustica in esposti a rumori industriali. *Riv Med Lav Ig Ind* 1983; 7: 28
7. Cassano F, Elia G: Possibilità e limiti della protezione acustica individuale: gli inserti auricolari. *Riv Med Lav Ig Ind* 1984, 8: 95
8. Cassano F, Aloise I, Bavaro P: *Compendio di igiene industriale*. Bari: Editrice Adriatica, 2010: 36-39
9. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome, in collaborazione con ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro). Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III e IV sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro - Indicazioni operative. Documento n. 1. 2009, 2: 18-20
10. Custom Protect Ear. How do you find out what hearing protection you have? Are FAES the answer? Disponibile on line all'indirizzo: <http://www.protectear.com/>
11. D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008. Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro. Pubblicato su G.U. n. 101 del 30 aprile 2008, S.O. n. 108
12. D.M. del 02/05/2001. Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale (DPI). Pubblicato su G.U. n. 209 dell'8 settembre 2001, S.O.
13. E-A-Rfit powered by Sonomax. E-A-Rfit™ version 3.2 Software User Manual
14. El Dib RP, Atallah AN, Andriolo RB, et al: A systematic review of the interventions to promote the wearing of hearing protection. *Sao Paulo Med J* 2007; 125: 362-369
15. El Dib RP, Mathew JL, Martins RH: Interventions to promote the wearing of hearing protection. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 4: CD005234
16. Franks JR, Murphy WJ, Johnson JL, Harris DA: Four earplugs in search of a rating system. *Ear Hear* 2000; 21: 218-226
17. Galbiati C: Dispositivi di protezione individuale: considerazioni sui requisiti e sulle caratteristiche di scelta ed uso. *G Ital Med Lav Erg* 2010; 32 (suppl 4): 259-262

18. Huttunen KH, Sivonen VP, Poykko VT: Symphony orchestra musicians' use of hearing protection and attenuation of custom-made hearing protectors as measured with two different real-ear attenuation at threshold methods. *Noise Health* 2011; *13*: 176-188
19. Merluzzi F, Di Credico N: Determinazione dei criteri per la scelta e la utilizzazione dei mezzi personali di protezione acustica. *Med Lav* 1993; *84*: 162-177
20. Neitzel R, Somers S, Seixas N: Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. *Ann Occup Hyg* 2006; *50*: 679-691
21. Nelisse H, Gaudreau MA, Boutin J, et al: Measurement of hearing protection devices performance in the workplace during full-shift working operations. *Ann Occup Hyg* 2012; *56*: 221-232
22. Norma UNI EN 24869-1:1993 [ISO 4869-1:1990]. Metodo soggettivo per la misura dell'attenuazione sonora
23. Norma UNI EN 458:1995 (rev. 2005). Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione dei protettori auricolari
24. Norma UNI EN ISO 4869-2:1998. Stima dei livelli di pressione sonora ponderati A quando i protettori auricolari sono indossati
25. Perbellini L, Veronese N, Raineri E, et al: Ipoacusia da rumore: i programmi di sorveglianza sanitaria sono sempre efficaci? *Med Lav* 2009; *100* (suppl. 1): 20-23
26. Peretti A, Pedrielli F, Pasqua di Bisceglie A, Bonomini F: Valutazione dell'adeguatezza dei dispositivi individuali di protezione uditiva. *G Ital Med Lav Erg* 2010; *32* (suppl. 4): 267-270
27. Schulz TY: Individual fit-testing of earplugs: a review of uses. *Noise Health* 2011; *13*: 152-162
28. Trabeau M, Neitzel R, Meischke H, et al: A comparison of "Train-the-Trainer" and expert training modalities for hearing protection use in construction. *Am J Ind Med* 2008; *51*: 130-137