

RUMORE IN CUFFIA: VALUTAZIONE DEL RISCHIO A CUI SONO ESPOSTI I LAVORATORI CHE IMPIEGANO DISPOSITIVI DI RICEZIONE

Alessandro Peretti^{1,2}, Francesca Pedrielli³, Mauro Baiamonte², Franco Mauli⁴,
Angelo Farina⁵

- 1) Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, Università di Padova
- 2) Peretti e Associati sas, Padova
- 3) Imamoter, CNR, Ferrara
- 4) Medico competente e coordinatore sanitario del Gruppo Banco Popolare di Verona e Novara (BPVN), Verona
- 5) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma

1. Premessa

Il rischio a cui sono esposti i lavoratori che impiegano dispositivi di ricezione (cuffie, cornette telefoniche, ecc.) è stato sino ad ora scarsamente considerato. Probabilmente perché le modalità di misurazione e valutazione del rumore sono in questo caso complesse e certamente difformi da quelle usualmente impiegate. A questa sottovalutazione può aver contribuito il fatto che i colloqui telefonici sono sostanzialmente comunicazioni verbali (anche se amplificate), operazioni queste talmente naturali che difficilmente si associa ad esse un rischio per l'udito. Rimane comunque il fatto che il numero di soggetti esposto a questo tipo di rumore è rilevante, che le lamentele degli addetti sono senz'altro diffuse e che in alcune sedi è stata fatta l'ipotesi che tale esposizione possa essere responsabile di deficit uditivi.

Nel corso degli ultimi dieci anni gli autori di questo lavoro hanno svolto quattro indagini sperimentali riguardanti il rischio a cui sono esposti i lavoratori che impiegano dispositivi di ricezione: il primo presso il reparto dimafonia di un giornale [1], il secondo e il terzo presso un centralino telefonico [2,3], il quarto presso una banca telefonica [4]. In questa relazione vengono illustrati i dati ottenuti dalle quattro indagini parzialmente rielaborati e vengono presentati i risultati di una ricerca bibliografica svolta sull'argomento.

Nel prosieguo, accogliendo alcune indicazioni bibliografiche [5,6], i dispositivi di ricezione vengono distinti in *inserti* (auricolari da inserire nella conca del padiglione o tubicini da introdurre parzialmente nel condotto uditivo), *cuffie sovra-aurali* (in genere piatte, da sovrapporre alla sola conca o all'intero padiglione uditivo a seconda del loro diametro) e *cuffie circum-aurali* (che racchiudono completamente il padiglione e il cui bordo morbido si appoggia sulla regione del capo che circonda l'orecchio). Nel caso degli inserti, essi rimangono in sede grazie al fatto che sono introdotti nella conca o nel condotto; a volte sono muniti di un piccolo supporto da fissare al padiglione. Nel caso delle cuffie, esse sono dotate di un archetto sostenuto dal capo. In tutti i casi, il microfono è collocato all'estremità di un braccetto in modo da poter essere posizionato di fronte alla bocca.

Per quanto riguarda le *cornette telefoniche*, esse sono caratterizzate da un piccolo altoparlante le cui emissioni fuoriescono al centro di una superficie piatta o leggermente concava ricavata all'estremità del ricevitore (in materiale plastico rigido).

All'altra estremità è collocato il microfono. Il braccio tra i due componenti viene impugnato dall'addetto. A volte, per usi professionali, la cornetta si fissa sul capo mediante un archetto.

2. Legislazione e normative di riferimento

La Direttiva Europea 86/188/CEE (art. 2, punto 1 e allegato 1, punto 3.2) e il Decreto Legislativo 277/91 (art. 39, comma 1 e allegato 6, punto 3.1) prevedono che la misura del rumore ai fini della valutazione del rischio sia effettuata in corrispondenza dell'orecchio (maggiormente esposto secondo la direttiva) e in assenza del lavoratore al fine di evitare qualsiasi perturbazione del campo sonoro.

In alternativa, se la presenza dell'addetto è necessaria (ad esempio per lo svolgimento di una specifica lavorazione), il microfono deve essere posto ad una distanza dalla testa del soggetto che riduca per quanto possibile gli effetti della diffrazione sul livello misurato; secondo la direttiva e il decreto è adeguata una distanza di 10 cm. Qualora il microfono debba essere collocato vicinissimo al corpo, si dovrebbero apportare opportune modifiche al valore misurato, per tener conto della perturbazione del campo.

La direttiva e il decreto fanno riferimento al fatto che un corpo collocato in un campo sonoro perturba il campo stesso (quello che si avrebbe in assenza del corpo). La diffrazione esercitata dal corpo dipende dalle dimensioni, dalla forma e dalle proprietà acustiche della superficie del corpo, nonché dalla lunghezza d'onda del suono. Tale fenomeno si verifica anche nel caso del corpo umano: il suono viene diffratto e il livello sonoro che si rileva in un punto sul corpo è differente da quello che si rilevarebbe nello stesso punto in assenza del corpo [7].

Facendo riferimento alle indicazioni della direttiva e del decreto, nel caso dei dispositivi di ricezione è errato rilevare il rumore in assenza del soggetto ponendo il microfono vicino al dispositivo di ricezione. In tali condizioni, infatti, non si tiene assolutamente conto dello stretto accoppiamento che si viene a creare tra sorgente sonora e orecchio del soggetto esposto.

Sempre facendo riferimento alle indicazioni della direttiva e del decreto, è ovviamente del tutto assurdo rilevare il rumore in presenza del soggetto a 10 cm dall'orecchio, esternamente al dispositivo. In questo caso si rilevarebbe essenzialmente il rumore di fondo dell'ambiente.

Da tali considerazioni si evince che la stima dell'esposizione nel caso di impiego dei dispositivi di ricezione rientra nel terzo caso previsto dalla direttiva e dal decreto; tale caso, come si è visto, prevede di effettuare una misura in posizione vicinissima al corpo e di correggere il valore rilevato. Nel caso specifico si tratta di misurare la pressione sonora all'interno del sistema costituito dal dispositivo di ricezione e dall'orecchio ad esso accoppiato; in pratica la pressione sonora va rilevata in corrispondenza della conca del padiglione o all'interno del condotto uditivo.

A questo proposito vanno considerate due norme ancora allo stato di progetto (ISO/DIS 11904-1 e 2) [8,9] che definiscono, appunto, le modalità di determinazione del rumore emesso da sorgenti sonore poste in prossimità dell'orecchio (cuffie per la riproduzione del parlato o della musica utilizzate per motivi di lavoro o di svago, ecc.). I due progetti possono essere applicati non solo per la valutazione dei dispositivi di ricezione, ma anche per la stima dell'esposizione negli ambienti di

lavoro.

Il primo progetto di norma si basa sull'impiego di un microfono miniaturizzato posto all'ingresso o all'interno del condotto uditivo, oppure sull'uso di una sonda costituita da un tubicino la cui estremità viene inserita nel condotto (l'altra estremità, esterna all'orecchio, termina con un microfono). Questa tecnica prende il nome di *MIRE-technique* (dove MIRE è l'acronimo di *Microphone In Real Ear*).

Il secondo progetto di norma, invece, si basa sull'impiego di un manichino dotato di un simulatore di orecchio munito di microfono (*manikin-technique*).

Entrambi i metodi consentono di misurare il rumore prodotto dalla sorgente in esame in corrispondenza del condotto uditivo (reale nel caso della tecnica MIRE, artificiale nel caso del manichino). Successivamente, elaborando lo spettro rilevato, è possibile stimare il rumore all'esterno dell'orecchio che produrrebbe all'interno dello stesso il rumore rilevato (o, più precisamente, è possibile stimare il corrispondente rumore in assenza del soggetto o del manichino).

Tale elaborazione tiene conto dell'amplificazione esercitata dall'orecchio: allo spettro rilevato in corrispondenza del condotto va quindi sottratto, frequenza per frequenza, il guadagno esercitato dall'orecchio stesso, ovvero la sua *risposta in frequenza*. A questo proposito va sottolineato che, per effetto della risonanza, il condotto uditivo amplifica il suono in corrispondenza dei 2500 Hz, mentre la conca amplifica il suono in corrispondenza dei 5000-6000 Hz; le singole amplificazioni sono pari a circa 10 dB [10,11].

I progetti di norma forniscono i valori della risposta in frequenza sia per l'orecchio reale (a seconda della posizione del microfono) che artificiale, collocati o in un campo diffuso oppure in un campo libero contraddistinto da onde piane che raggiungono frontalmente il soggetto o il manichino. In alternativa, detta risposta in frequenza può essere misurata sperimentalmente in un campo diffuso o in un campo libero, impiegando una o più casse acustiche che emettono un segnale di riferimento (ad esempio un rumore rosa) poste ad una certa distanza dal soggetto o dal manichino, ed effettuando i rilievi in presenza ed in assenza del soggetto o del manichino stessi.

Per ambedue le tecniche, l'incertezza dei risultati ottenuti applicando le risposte in frequenza può dipendere dalla variabilità del rumore in esame e da una calibrazione non accurata della linea di misura (resa difficile dalla particolarità del microfono). Nel caso della tecnica MIRE, l'incertezza dei risultati può dipendere anche dall'inaccurata posizione del microfono e dal numero esiguo di soggetti in esame. Nel caso delle misure effettuate con il manichino, l'incertezza dei risultati può derivare da un simulatore di orecchio che non rappresenta adeguatamente le caratteristiche medie della popolazione. Per quanto concerne quest'ultimo aspetto, sino a 5000 Hz la differenza tra i risultati ottenuti con il manichino e quelli ottenuti con un elevato numero di persone sottoposte alla tecnica MIRE è in genere inferiore a 2 dB nel caso del campo diffuso e a 2.5 dB nel caso del campo libero.

Va osservato che la tecnica MIRE permette di caratterizzare la reale esposizione dei singoli individui e di stimare il valore medio e la variabilità dell'esposizione della popolazione esaminata. La tecnica che adotta il manichino, simulando una persona con caratteristiche antropometriche medie (il manichino appunto), consente invece di ottenere solo un valore rappresentativo dell'esposizione media della popolazione.

Problemi di ordine pratico riguardano, nel caso della tecnica MIRE, il montaggio e il

posizionamento del microfono o dell'estremità della sonda (problemi ampiamente affrontati dal progetto di norma) e, nel caso del manichino, la consistenza e la forma del padiglione.

3. Dati di letteratura

Nel 1969 Glorig et al. [12] hanno esaminato 192 operatori telefonici suddivisi a seconda delle specifiche mansioni; l'età media e l'anzianità lavorativa media dei differenti gruppi risultava compresa, rispettivamente, tra 19 e 51 anni (dev.std. 1-5 anni) e tra 1 e 20 anni (dev.std. 0.5-8 anni).

I ricercatori hanno rilevato la soglia uditiva in condizioni di riposo acustico sia per l'orecchio esposto a rumore (accoppiato alla cuffia), sia per l'orecchio non esposto. Hanno confrontato dette soglie con le corrispondenti soglie definite in letteratura per gruppi di popolazione della stessa età, non esposti a rumore. Nel caso dei lavoratori con meno di 35 anni di età hanno inoltre rilevato la soglia a termine delle 8 ore di lavoro.

Le differenze tra le soglie uditive relative all'orecchio esposto e all'orecchio non esposto e le differenze tra le soglie dei soggetti in esame e della popolazione non esposta sono risultate in genere poco significative; altrettanto poco significativi i valori di TTS (*Temporary Threshold Shift*) a fine del turno di lavoro. Secondo gli autori è ragionevole concludere che, nel gruppo esaminato, non sussista rischio di riduzione della capacità uditiva dovuta all'esposizione lavorativa.

Gli autori hanno inoltre valutato il livello del rumore a cui erano esposti gli operatori. Sono state considerate le diverse cuffie utilizzate dagli addetti, alcune delle quali erano dotate di un limitatore di livello sonoro (*varistor*). Le misure sono state effettuate ponendo la cuffia su un adeguato accoppiatore (NBS 9A) munito di microfono; una seconda cuffia, in parallelo alla prima, veniva indossata dall'operatore.

Dai rilievi è emerso che nell'arco delle 8 ore il rumore superava i 120 dB al massimo per 3.6 secondi e superava gli 80 dB per meno di 10 minuti (non viene specificato se trattasi di dB(Lin) o di dB(A)). Gli autori concludono che il rumore rilevato non può essere causa di danni uditivi.

Per quanto riguarda l'impulsività del rumore, è stato riscontrato che nel corso di un turno di lavoro si possono presentare un centinaio di picchi della durata di 1.5 ms e con livelli di 130 dB. I ricercatori ritengono che tali impulsi non possano determinare TTS apprezzabili sui soggetti esposti.

Infine gli autori verificano la buona efficacia del limitatore di livello sonoro.

Nel 1979 Alexander et al. [13] hanno condotto uno studio a seguito delle lamentele di operatori telefonici. Hanno esaminato 129 addetti di età media pari a 28 anni (dev.std. 8 anni) e anzianità lavorativa media pari a 4 anni (dev.std. 4 anni) che impiegano inserti dotati di limitatore di livello sonoro (*varistor*) con il massimo posto a 114 dB(A).

La soglia uditiva è stata determinata dopo riposo acustico, sia per l'orecchio esposto, sia per l'orecchio non esposto. La TTS è stata rilevata dopo 4 ore di attività. Dai dati è emerso che non vi è differenza significativa, né tra le soglie dei due orecchi, né tra le soglie misurate prima e dopo le 4 ore. Non vi è inoltre correlazione tra soglia uditiva e anzianità lavorativa. Gli autori confermano quindi le conclusioni a cui erano giunti

Glorig et al. nel 1969 [12]: per gli operatori telefonici non sussiste rischio di innalzamento della soglia uditiva.

Per quanto riguarda i rilievi strumentali, i ricercatori hanno misurato direttamente il segnale di ingresso alle cuffie, dopo averlo registrato su nastro magnetico (purtroppo gli autori non descrivono come i segnali rilevati vengano elaborati) e hanno considerato esclusivamente gli eventi i cui livelli sonori superavano i 94 dB per più di 20 ms. Tali eventi si sono verificati mediamente una volta alla settimana per ogni postazione di lavoro, con una durata del singolo evento compresa tra 0.4 e 145 s e con livelli massimi pari a 109 dB (non viene specificato se trattasi di dB(Lin) o di dB(A)). I ricercatori concludono che l'esposizione a livelli elevati è del tutto sporadica; inoltre i livelli di esposizione sono ben inferiori ai limiti definiti dall'OSHA (*Occupational Safety and Health Act*).

Il limitatore di livello sonoro è risultato efficace in quanto mantiene effettivamente il rumore al di sotto dei 115 dB(A).

Per quanto riguarda le lamentele degli operatori, si è verificato che gli eventi anomali che producevano tali lamentele non erano accompagnati da significative modificazioni della soglia uditiva (rilevata due volte: 15 minuti e 16 ore dopo l'evento).

Nel 1979 Juan et al. [14] hanno svolto uno studio sollecitato dalle lamentele di operatori telefonici riguardanti l'impulsività del rumore a cui erano esposti. Gli autori rammentano che presso la Compagnia Telefonica Nazionale spagnola gli operatori vengono controllati audiometricamente ogni 6 mesi.

Il segnale relativo alle normali comunicazioni telefoniche, trasmesso alla cuffia dell'addetto, è stato duplicato e inviato ad una cuffia accoppiata ad un orecchio artificiale. È stata valutata la forma d'onda degli impulsi, il loro livello e la loro quantità. Il numero di eventi impulsivi giornalieri è risultato inferiore a quello stabilito come limite dal criterio CHABA (*Committee on Hearing and Bio-Acoustics*). Gli autori concludono affermando che il rumore impulsivo a cui sono esposti gli operatori telefonici non sembra lesivo per il loro udito.

Nel 1995 Chiusano et al. [15] sottolineano che i metodi per la stima dell'esposizione, nel caso di soggetti che impiegano dispositivi di ricezione, possono basarsi sull'impiego di un orecchio reale, di un manichino dotato di simulatore di orecchio o di un orecchio artificiale di dimensioni analoghe a quelle di un orecchio umano. Tutte e tre le tecniche presentano vantaggi e svantaggi. Gli ultimi due metodi consentono di risparmiare tempo e, grazie alla standardizzazione dei dispositivi, di ottenere risultati univoci. D'altra parte l'univocità costituisce anche uno svantaggio, in quanto non permette di valutare la variabilità dei dati associata ai singoli operatori. Inoltre questi due metodi non consentono di tener conto del fatto che gli addetti possono posizionare in modo differente il dispositivo di ricezione.

Nel caso delle misure sull'orecchio reale si tiene ovviamente conto, non solo delle differenze di posizionamento del dispositivo, ma anche delle diverse dimensioni della testa e dell'orecchio dei soggetti. Tra gli svantaggi va citato il fatto che il microfono può modificare il campo acustico in corrispondenza del condotto uditivo e che la risposta in frequenza dell'orecchio dovrebbe essere determinata per ogni individuo esaminato.

Gli autori considerano 37 soggetti, impiegati presso il Dipartimento della Difesa

americano, che svolgono la stessa mansione e che indossano con continuità cuffie circum-aurali. Per le misure viene impiegato un microfono miniaturizzato inserito all'ingresso del condotto uditivo, orientato ortogonalmente rispetto all'asse longitudinale del condotto, con la capsula microfonica al centro dell'apertura.

Durante il lavoro vengono rilevati livelli equivalenti, su periodi di 3-6 ore, compresi tra 80 e 104 dB(A). Il valore medio aritmetico dei livelli equivalenti associati ai singoli soggetti è di 87.0 dB(A) (dev.std. 5.6 dB(A)). I livelli massimi di picco variano tra 119 e 149 dB con un valore medio di 141 dB.

In assenza di metodi univoci per la determinazione della risposta in frequenza dell'orecchio, gli autori assumono i livelli misurati come una approssimazione dei livelli rilevabili in condizioni di campo libero in assenza dei soggetti e quindi utilizzano tali valori per valutare il rischio. Considerando le durate di esposizione, concludono che nel caso di 22 addetti (su 37) i livelli di esposizione superano gli 85 dB(A). Per cui i soggetti vanno considerati esposti a rumore (anche per quanto riguarda il rumore impulsivo) e vanno inseriti in un programma di conservazione dell'udito.

Gli autori consigliano di sottoporre gli addetti a formazione-informazione che dovrebbe includere l'illustrazione dei principali interventi per la riduzione del rischio (diminuzione del volume di amplificazione in cuffia, ecc.). Inoltre, i ricercatori rammentano che è possibile intervenire direttamente sulle apparecchiature telefoniche o sui dispositivi di ricezione, impiegando limitatori di picco, filtri passa banda, dispositivi di compressione del segnale, controlli automatici del guadagno o incrementando il rapporto segnale/rumore.

Nel 1996 Ianniello [7] rammenta che le relazioni su cui si basano i criteri di rischio, ossia le relazioni tra livelli sonori, tempi di esposizione e deficit uditivi, si riferiscono generalmente ad ambienti industriali. Dato che i lavoratori considerati per definire tali relazioni operavano presumibilmente in capannoni acusticamente riflettenti, caratterizzati da molteplici sorgenti, occupando una posizione non fissa rispetto ad eventuali campi diretti, è lecito ritenere che la dose di rumore determinante il danno uditivo sia associabile ad un campo diffuso. Pertanto è ragionevole impiegare una risposta in frequenza che consenta di trasformare la pressione sonora rilevata in prossimità della conca del padiglione nella corrispondente pressione che si avrebbe in assenza del soggetto in campo diffuso.

Per quanto riguarda gli aspetti sperimentali, l'autore solleva dei dubbi in merito all'impiego degli accoppiatori semplici utilizzati da Glorig [12] e da Juan [14] in quanto la pressione sonora generata nell'accoppiatore può essere differente da quella prodotta in un orecchio reale. Ritiene invece che l'orecchio artificiale normalizzato secondo la IEC R 318 fornisca risultati attendibili.

Lo studio dell'autore prende avvio dalle lamentele degli operatori di una azienda telefonica. Nell'indagine viene impiegato un microfono miniaturizzato posto nella conca del padiglione degli addetti, fissato con nastro adesivo sanitario. Vengono considerati durante le loro normali attività 40 operatori che impiegano cuffie sovra-aurali; per ogni operatore viene effettuato un rilievo di circa 30 minuti. Il segnale rilevato viene corretto strumentalmente mediante un equalizzatore, applicando la risposta in frequenza definita per la conca del manichino Kemar, valida per il campo diffuso. Contemporaneamente il segnale viene misurato in bande di 1/3 di ottava senza equalizzatore.

Vengono stimati, in assenza del soggetto e in campo diffuso, livelli equivalenti compresi tra 79 e 91 dB(A); la moda della distribuzione dei dati si colloca tra 86 e 88 dB(A), la media aritmetica a 85.4 dB(A). Secondo il ricercatore la variabilità dei livelli dipende dalla frequenza delle chiamate, dall'amplificazione delle linee telefoniche, dalla risposta in frequenza dei vari collegamenti tra il microfono dell'interlocutore e la cuffia dell'operatore, dalle caratteristiche della voce e dalle modalità di conversazione sia dell'interlocutore che dell'operatore, dai rumori di origine elettrica e acustica che raggiungono il microfono, dal rumore di fondo presente nell'ambiente. Considerando i tempi di lavoro, i livelli di esposizione risultano compresi tra 80 e 85 dB(A).

I livelli equalizzati per il campo diffuso risultano inferiori a quelli rilevati in corrispondenza della conca di 3.1 dB(A) (dev. std. 0.5 dB(A)). Considerando questo dato e rammentando che Ianniello stima un valore medio in campo diffuso di 85.4 dB(A), si può ritenere che lo stesso ricercatore determini un livello medio di 88-89 dB(A) in corrispondenza della conca: quest'ultimo risultato è sostanzialmente analogo a quello di Chiusano et al. [15] (87 dB(A)).

Per quanto riguarda i livelli di picco, Ianniello riscontra nella conca valori massimi compresi tra 115 e 128 dB(A) (e quindi verosimilmente inferiori a 140 dB(Lin)).

Nel 1996 Dajani et al. [16] sottolineano che la loro indagine è stata sollecitata dalle numerose lamentele inviate al dipartimento sulla sicurezza e sulla salute canadese, riguardanti l'esposizione di lavoratori che impiegano dispositivi di ricezione. Gli autori rammentano che la stima di tale esposizione è resa difficile dal fatto che i criteri di rischio si riferiscono al rumore rilevato nella posizione occupata dall'orecchio in assenza del soggetto esposto; i dati rilevati all'interno dell'orecchio devono quindi essere elaborati per poter essere confrontati con i limiti. Tale elaborazione è funzione della frequenza del rumore e dell'esatta posizione del microfono all'interno dell'orecchio.

I ricercatori impiegano una testa artificiale da loro realizzata (ATF, dotata di padiglione, condotto uditivo e microfono in corrispondenza del timpano), che permette di stimare l'esposizione al rumore determinato da diversi dispositivi di ricezione (inserti compresi). Osservano che, a seconda del tipo di dispositivo, è importante prestare particolare attenzione alle diverse caratteristiche della testa artificiale: la consistenza della superficie del condotto uditivo nel caso degli inserti, la consistenza e la forma del padiglione nel caso delle cuffie sovra-aurali, la consistenza della regione della testa che circonda l'orecchio nel caso delle cuffie circum-aurali.

Secondo gli autori, come già rilevato da Ianniello [7], i limiti adottati in igiene del lavoro si riferiscono a livelli rilevati in campo diffuso. Definiscono quindi per la loro testa artificiale una risposta in frequenza che permette di trasformare i livelli rilevati in prossimità del timpano nei corrispondenti livelli rilevabili in assenza della testa in campo diffuso. Gli autori verificano tale risposta, che presenta un massimo di 15 dB a 2500 Hz, creando un campo diffuso mediante 4 altoparlanti che emettono rumore rosa; tale rumore viene rilevato con e senza testa artificiale.

L'indagine sperimentale ha riguardato lavoratori che operano in otto diversi siti: controllori del traffico aereo, operatori telefonici, addetti alla manutenzione di cavi telefonici e addetti aeroportuali. I rilievi sono stati effettuati con la testa artificiale ATF alla quale è stato fatto indossare il dispositivo di ricezione; un identico

dispositivo, connesso in parallelo, veniva indossato dall'operatore posto vicino alla testa artificiale. Ai livelli misurati, ponderati A, è stata applicata la risposta in frequenza per ottenere i corrispondenti livelli in campo diffuso. Successivamente, sono stati calcolati i livelli di esposizione riferiti alle 8 ore.

Nel caso di ambienti con basso livello del rumore di fondo (< 60 dB(A)), in cui operano i controllori di volo e gli operatori telefonici (dotati di inserti o cuffie sovra-aurali), i livelli di esposizione risultano compresi tra 64 e 81 dB(A) con un valore mediano di 69 dB(A). I livelli massimi istantanei, rilevati con costante di tempo *fast*, sono compresi tra 85 e 98 dB(A). Gli inserti comportano i livelli di esposizione più elevati.

Nel caso di ambienti moderatamente rumorosi (livello del rumore di fondo compreso tra 60 e 80 dB(A)), in cui operano gli addetti alla manutenzione delle linee telefoniche (dotati di cuffie sovra-aurali), i livelli di esposizione risultano compresi tra 70 e 84 dB(A) con un valore mediano di 74 dB(A). I livelli massimi istantanei in *fast* sono compresi tra 72 e 120 dB(A). Per questi lavoratori, i livelli massimi istantanei sono determinati non tanto dalle comunicazioni verbali, quanto dai disturbi in linea associati ai guasti.

Nel caso di ambienti rumorosi (livello del rumore di fondo superiore a 80 dB(A)), in cui operano gli addetti aeroportuali (dotati di cuffie circum-aurali anche per la loro funzione di protezione uditiva), i livelli di esposizione risultano compresi tra 76 e 95 dB(A) con un valore mediano di 82 dB(A). I livelli massimi istantanei in *fast* sono compresi tra 88 e 107 dB(A). Il valore di esposizione più alto (95 dB(A)) è stato riscontrato nel caso di una cuffia di protezione uditiva modificata in dispositivo di ricezione (le modifiche hanno comportato la riduzione dell'attenuazione). Escludendo tale caso anomalo, il livello di esposizione più elevato risulta pari a 88 dB(A). Secondo gli autori, gli alti livelli del rumore ambientale contribuiscono all'esposizione degli addetti, sia direttamente, che indirettamente costringendo i lavoratori ad alzare il volume di ricezione in cuffia.

In tutti i casi, tra i livelli di esposizione e i livelli del rumore di fondo è stata riscontrata una certa correlazione ($r = 0.76$). La variabilità dei livelli di esposizione può essere giustificata in parte dal livello del rumore di fondo (58 % dei casi) e in parte dal volume di amplificazione in cuffia scelto dai singoli soggetti (42 %).

4. Indagini sperimentali

4.1 Oggetto dei rilievi

4.1.1 Reparto dimafonia

Nel 1992 è stato considerato il reparto dimafonia di un giornale a diffusione nazionale [1]. Le attività degli 11 addetti riguardano l'ascolto delle comunicazioni telefoniche, nonché l'ascolto delle stesse comunicazioni registrate su nastro magnetico.

Le comunicazioni si riferiscono agli articoli giornalistici dettati per telefono dai corrispondenti delle redazioni esterne. Tali comunicazioni vengono registrate su nastro magnetico mediante un dimafono (si veda più sotto) e contemporaneamente ascoltate dagli addetti al fine di controllare la qualità della ricezione in linea e di verificare l'intelligibilità del testo. In genere le comunicazioni non sono disturbate; nel caso lo fossero, l'addetto prega il corrispondente di richiamare (anche più volte). L'ascolto viene effettuato mediante una *classica cornetta telefonica* (SIP) oppure

mediante una *cornetta telefonica Siemens* che si autosostiene sul capo del dimafonista mediante un apposito archetto. Gli apparecchi telefonici sono quelli consueti: il volume e il tono della ricezione sono fissi e non possono essere modificati dall'operatore.

Le comunicazioni registrate su nastro vengono successivamente riascoltate dall'addetto mediante dimafono e trascritte sul terminale. In questo caso vengono impiegate *cuffie sovra-aurali* di cui sono dotati gli stessi dimafoni. Volume e tono della ricezione possono essere regolati dall'operatore.

Il dimafono è un particolare registratore a nastro magnetico che facilita la trascrizione del testo registrato mediante funzioni quali, ad esempio, il rallentamento della velocità di scorrimento del nastro. Nel reparto, tutte le postazioni di lavoro sono dotate di dimafoni Dictaphone 2724 con banda passante tra 100 e 5000 Hz.

4.1.2 Centralino telefonico I

Nel 1997 è stato considerato il centralino telefonico di un ente pubblico [2]. I 12 addetti ricevono le telefonate dall'esterno e le smistano ai vari numeri interni; mettono inoltre in comunicazione utenti interni con numeri esterni.

Nel locale sono presenti 8 postazioni di lavoro (Italtel Telematica, Definity S7040-J16-A1-A2, 302A-302B). I dispositivi di ricezione disponibili per ogni operatore sono una *classica cornetta telefonica* (AT&T), una *cuffia sovra-aurale* (Plantronics, Star Set Supra, NCB 594-2M 0491) e un *inserto* costituito da un piccolo cono posto a termine di un tubicino di diametro pari a 3 mm (Plantronics, Star Set II, HSB 394-2M 06 92). Il volume di ricezione della cornetta è fisso, quello della cuffia e dell'inserto è regolabile su tre livelli (I, II, III).

4.1.3 Centralino telefonico II

Dall'indagine presso il centralino di cui sopra è emerso che in alcune condizioni operative sussistevano rischi di danno uditivo per gli addetti. Per tale motivo il locale che ospita il centralino è stato ampliato, in modo che le postazioni di lavoro fossero meno vicine tra loro. Inoltre sono state messe a disposizione *cuffie sovra-aurali* ACS STR (732-6800-02) collegate ad amplificatori ACS Tri-Amp (752-1730-02). L'amplificatore è caratterizzato da un limitatore di livello sonoro dotato di due dispositivi denominati AAP (*Advanced Audio Protection*) e TLC (*TriLevel Compression*). Il primo, sempre attivo, limita il livello sonoro istantaneo a 100 dB e costituisce quindi una protezione per segnali transitori (rumori impulsivi, ecc.). Se il segnale limitato a 100 dB persiste per oltre 200 ms, viene attivato il secondo dispositivo che limita il livello sonoro a 90 dB. Il volume di ricezione della cuffia è regolabile su dieci posizioni (di fatto gli addetti operano generalmente ponendo il cursore su tre livelli crescenti per quanto riguarda l'amplificazione, denominati nel corso dell'indagine a, b, c).

Presso il centralino è sempre disponibile la *classica cornetta telefonica* (AT&T), mentre sono stati dismessi la cuffia sovra-aurale e l'inserto di cui al paragrafo precedente.

La nuova indagine, mirata alla verifica dell'efficacia degli interventi effettuati, è stata eseguita nel 1999 [3].

4.1.4 Banca telefonica

Nel 2001 è stata considerata una banca telefonica [4]. Nei due locali dell'istituto bancario lavorano complessivamente 70 addetti. Essi ricevono le telefonate dall'esterno, alle quali rispondono mentre operano sul computer, leggendo i dati riportati sul monitor e, se necessario, su supporto cartaceo.

Nei due locali sono presenti 50 postazioni di lavoro munite di centraline telefoniche Callmaster collegate a cuffie sopra-aurali Plantronics H61 U10P/A Supra Binaural, dotate di limitatore di livello sonoro. Il volume di ricezione è regolato da parte dell'operatore o sulla centralina o sul connettore della cuffia (i livelli disponibili sono 10).

4.2 Metodologia di indagine

4.2.1 Strumentazione

Per tutti i rilievi è stato utilizzato il manichino Bruel & Kjaer 4128 (4128 C nel caso dell'indagine presso la banca telefonica) munito di simulatori di orecchio destro (Bruel & Kjaer 4158) e sinistro (Bruel & Kjaer 4159) in grado di rilevare i livelli sonori in corrispondenza della membrana timpanica. Nel caso della banca telefonica, il manichino è stato dotato di un padiglione speciale (Bruel & Kjaer DZ 9752), particolarmente morbido, che, rispetto al padiglione standard (impiegato in precedenza), simula maggiormente le caratteristiche del padiglione umano e permette un'aderenza della cuffia più realistica.

Il microfono e il relativo preamplificatore installati nel manichino sono stati collegati all'alimentatore microfonico Bruel & Kjaer 5935. Il segnale in uscita è stato misurato mediante l'analizzatore digitale di frequenza in tempo reale bicanale Larson Davis 2900 (2900 B nel caso dell'indagine presso la banca telefonica).

Le linee di misura sono state calibrate mediante le sorgenti di riferimento Bruel & Kjaer 4230 o 4231 munite di supporti Bruel & Kjaer UA 1043 o UA 1546.

4.2.2 Modalità di misurazione

Gli impianti telefonici esaminati sono dotati di due uscite del segnale o comunque possono essere muniti di specifiche connessioni a Y per l'uscita. Mentre l'operatore svolgeva normalmente il suo lavoro impiegando il proprio dispositivo di ricezione collegato ad una delle due uscite dell'impianto, all'uscita rimanente veniva collegato un dispositivo di ricezione identico a quello dell'addetto in esame. Tale dispositivo veniva accoppiato al simulatore di orecchio:

- sostenendolo manualmente e premendolo contro il padiglione del manichino, nel caso della classica cornetta telefonica;
- applicandolo sulla testa del manichino, nel caso della cornetta Siemens e delle cuffie (cfr. fig. 1);
- introducendolo nel condotto uditivo del manichino, nel caso dell'inserto.

Il manichino è stato posto a circa 1 m dall'addetto.

I rilievi ripetuti sullo stesso dispositivo di ricezione sono stati eseguiti dopo aver tolto il dispositivo dalla sua sede e dopo averlo riposizionato.

Le misure hanno riguardato ambedue i simulatori di orecchio. Nel caso di dispositivi mono-aurali, è stato rilevato sia il rumore trasmesso dal dispositivo, sia il rumore di fondo del locale; nel caso di dispositivi bi-aurali, è stato rilevato il rumore trasmesso

ai due orecchi e i risultati sono stati mediati tra loro.

Presso il reparto dimafonia sono state esaminate singole comunicazioni telefoniche di durata compresa tra 3 e 12 minuti; sono stati effettuati 28 rilievi per un totale di 3 ore di monitoraggio.

Presso il centralino I e II e presso la banca telefonica sono state esaminate le comunicazioni telefoniche (e le pause tra una comunicazione e la successiva) che si verificavano in intervalli di tempo predefiniti (10 minuti nel caso del centralino, 20-30 minuti nel caso della banca). Limitando il numero di postazioni in attività, si è cercato di convogliare la maggior quantità di conversazioni telefoniche nella postazione in esame, simulando in tal modo un traffico telefonico medio o intenso. Sono stati eseguiti 36 rilievi per un totale di 6 ore di monitoraggio nel caso del centralino telefonico I, 20 rilievi per un totale di 3 ore e 20 minuti nel caso del centralino telefonico II, 12 rilievi per un totale di 5 ore nel caso della banca telefonica. Nel corso dei rilievi è stata cronometrata la durata delle pause tra una comunicazione e la successiva.

Mediante l'analizzatore di frequenza sono stati rilevati i livelli equivalenti per bande di 1/3 di ottava nell'intervallo tra 20 e 20000 Hz. L'analisi statistica dei livelli sonori (lineari e per bande di 1/3 di ottava) è stata effettuata predisponendo lo strumento con la costante di tempo *fast* e campionando il segnale 8 volte al secondo.



Figura 1 - Manichino con cuffia

4.2.3 Elaborazione dei dati

Agli spettri rilevati all'interno dei simulatori di orecchio sono state applicate dapprima la risposta in frequenza (cfr. par. 2) e successivamente la curva di ponderazione *A*. A titolo esemplificativo, nella figura 2 sono riportati i tre spettri (quello misurato, quello modificato applicando la risposta in frequenza e quello ponderato *A*) riguardanti un rilievo effettuato presso la banca telefonica.

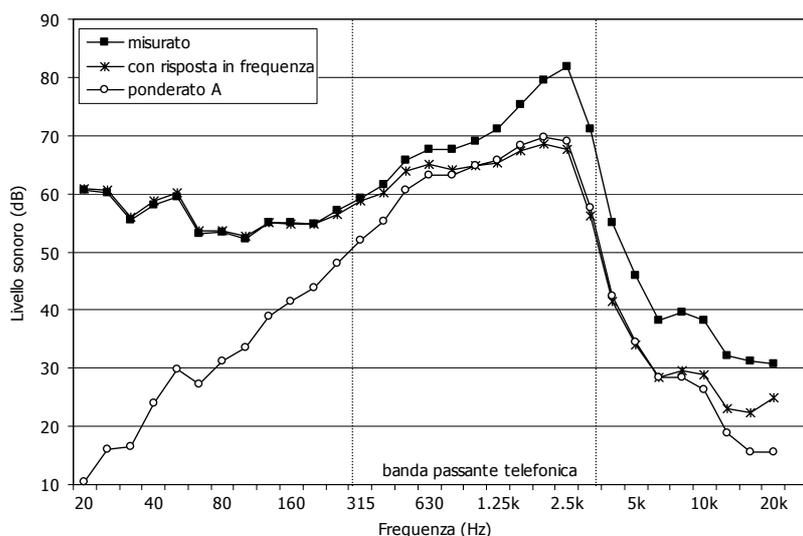


Figura 2 - Modifiche spettrali determinate dalla risposta in frequenza e dalla ponderazione *A* su un rilievo effettuato presso la banca telefonica

Dopo aver effettuato queste elaborazioni, le componenti di ciascun spettro sono state sommate tra loro in termini energetici. Si è così ottenuto il livello del rumore virtuale all'esterno dell'orecchio che determinerebbe all'interno dello stesso i livelli strumentalmente rilevati. Tale livello virtuale è quello da considerare ai fini igienistici e delle disposizioni di legge.

4.2.3.1 Risposte in frequenza tabulate

Per quanto riguarda la risposta in frequenza, sono state considerate le curve fornite dal costruttore a corredo del manichino, valide sia per il campo diffuso che per il campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente.

Come appare evidente dalla figura 3, sostanzialmente tali curve differiscono tra loro solo in corrispondenza dell'intervallo 2500-3150 Hz (dove la curva relativa al campo diffuso è più bassa di 2-3 dB) e per frequenze superiori a 6300 Hz. Queste ultime differenze, seppur notevoli, di fatto non interessano la presente ricerca dato che la banda passante telefonica risulta compresa tra 300 e 3400 Hz (cfr. fig. 2).

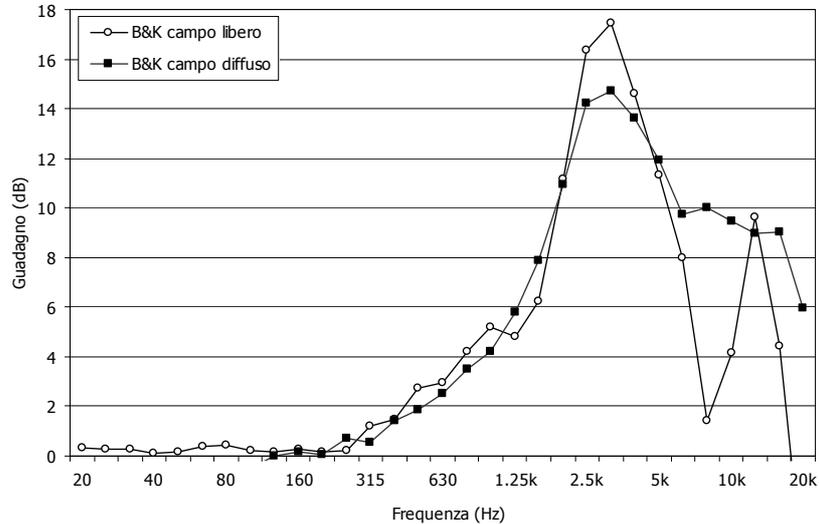


Figura 3 - Risposte in frequenza fornite dalla Bruel & Kjaer per il manichino 4128 C, valide in condizioni di campo diffuso e di campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente

Agli spettri misurati sono state inoltre applicate le risposte in frequenza fornite dal progetto di norma ISO 11904-2 [9], valide sia per il campo diffuso che per il campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente. Nelle figure 4 e 5 sono poste a confronto le risposte in frequenza fornite dal produttore e dalla ISO per le due diverse tipologie di campo acustico. Si può osservare che, a prescindere dalle alte frequenze (che come già detto non interessano il presente studio), le due curve differiscono al massimo di 2-3 dB.

4.2.3.2 Risposte in frequenza sperimentali

Per verificare di quanto le risposte in frequenza tabulate potessero differire da quelle rilevate sperimentalmente, si è proceduto a determinare le risposte in frequenza del manichino, senza particolare attenzione nei confronti del campo acustico. I rilievi sono stati eseguiti in due differenti capannoni di tipo industriale.

Si è posto il manichino su un piatto girevole controllato automaticamente. A breve distanza (2.0 m in un caso, 2.5 m nell'altro) si è installata una cassa acustica che emetteva rumore rosa. I livelli equivalenti in bande di 1/3 di ottava rilevati all'interno dei simulatori di orecchio, a diversi angoli di incidenza, sono stati mediati tra loro in termini energetici. Successivamente sono stati rilevati i corrispondenti livelli ponendo al posto della testa del manichino un normale microfono da 1/2 pollice (Bruel & Kjaer 4165) rivolto verso la sorgente. Sottraendo ai livelli rilevati all'interno degli orecchi, i livelli rilevati in corrispondenza della testa, si è determinata la risposta in frequenza del manichino in bande di 1/3 di ottava.

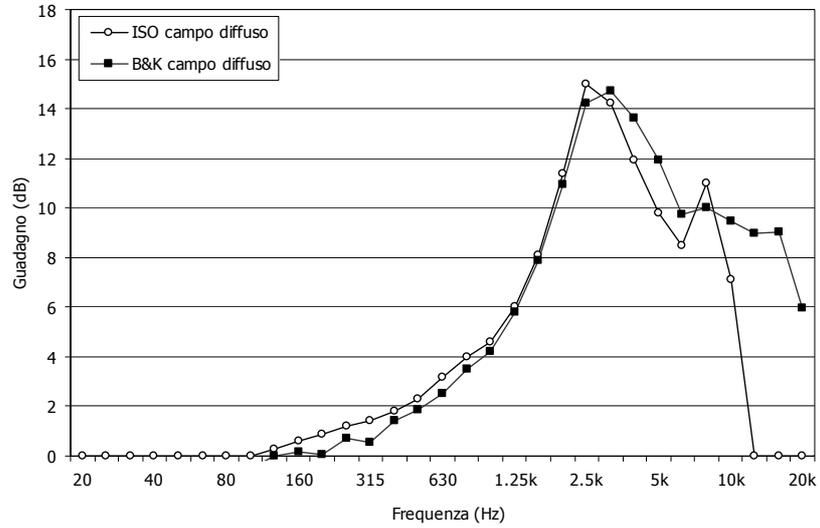


Figura 4 - Risposte in frequenza, in condizioni di campo diffuso, fornite dalla Bruel & Kjaer per il manichino 4128 C e dal progetto di norma ISO 11904-2

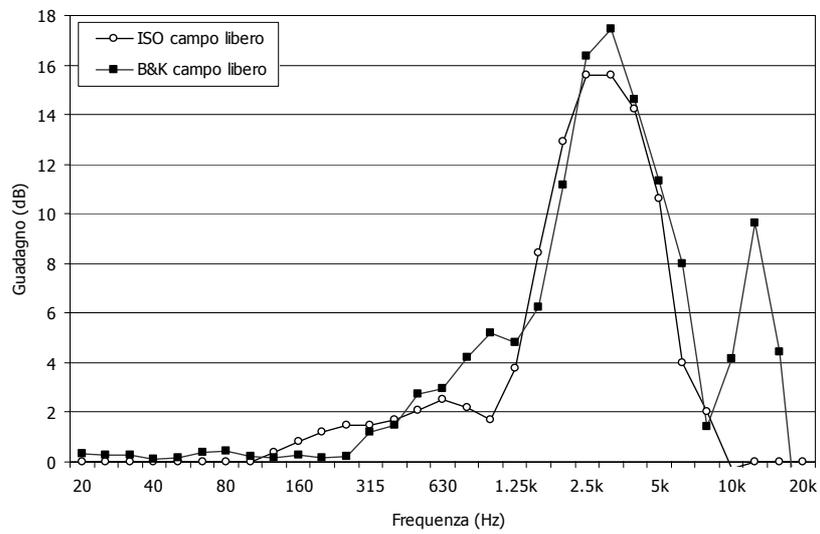


Figura 5 - Risposte in frequenza, in condizioni di campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente, fornite dalla Bruel & Kjaer per il manichino 4128 C e dal progetto di norma ISO 11904-2

Nella figura 6 le due risposte in frequenza rilevate sperimentalmente sono confrontate con quelle riportate dal produttore per il campo diffuso e per il campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente. Dalla figura emerge che le due curve sperimentali e la curva definita dal produttore per il campo diffuso hanno sostanzialmente lo stesso andamento in frequenza.

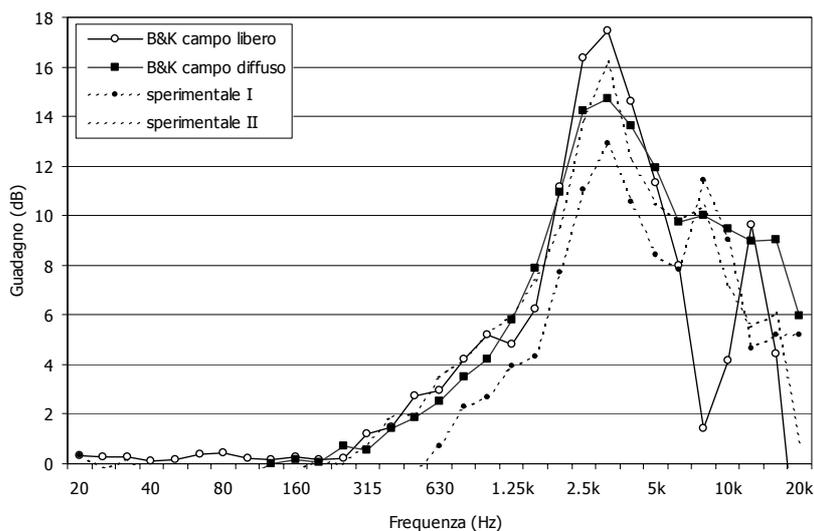


Figura 6 - Risposte in frequenza sperimentali poste a confronto con quelle fornite dalla Bruel & Kjaer per il manichino 4128 C in condizioni di campo diffuso e di campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente

4.2.4 Controllo del limitatore di livello sonoro

L'efficacia del limitatore di livello sonoro che caratterizza l'amplificatore ACS Tri-Amp (752-1730-02), impiegato presso il centralino telefonico II (cfr. par. 4.1.3), è stata verificata in laboratorio.

Diversi tipi di segnali, prodotti via *software* mediante Cool Edit e opportuna scheda sonora (Event Layla), sono stati inviati direttamente all'amplificatore-limitatore e da qui alla cuffia sovra-aurale ACS STR (732-6800-02). La cuffia è stata fatta indossare al manichino. I segnali rilevati dai microfoni dei simulatori di orecchio sono stati trasmessi alla stessa scheda sonora e analizzati mediante il medesimo software.

4.3 Risultati e osservazioni

4.3.1 Aspetti generali

Il rumore a cui sono esposti gli operatori esaminati è dovuto, generalmente in misura via via decrescente:

- 1) alla voce degli interlocutori al telefono, amplificata dal dispositivo di ricezione;
- 2) alla voce degli stessi operatori che "ritorna in cuffia" tramite il microfono del

dispositivo di ricezione;

3) al rumore di fondo del locale;

4) ad eventuali disturbi in linea;

5) ai segnali telefonici di “fax”, “linea libera”, “chiamata” e “occupato”.

Per quanto riguarda il primo aspetto, va sottolineato che il volume della voce dell'interlocutore dipende essenzialmente dall'interlocutore stesso; in alcuni casi sono stati riscontrati livelli associati alla voce degli interlocutori superiori di 20-30 dB a quelli medi. Per alcuni interlocutori di sesso femminile sono stati osservati spettri maggiormente caratterizzati dalle alte frequenze. Nel caso di livelli elevati, gli addetti che indossano la cuffia o l'inserito, a volte riducono il grado di amplificazione, a volte lasciano inalterata l'amplificazione (con ovvie conseguenze negative per l'esposizione); gli operatori che impiegano la cornetta, in genere, la allontanano dall'orecchio.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, nel corso dell'indagine presso la banca telefonica il livello della voce dell'operatore (che ritorna in cuffia) è risultato superiore a quello dell'interlocutore in 3 casi e sostanzialmente analogo in 2 casi (su 11).

Per quanto riguarda il terzo aspetto, si può sottolineare che il rumore di fondo del locale, determinato in genere dai colleghi che parlano al telefono, può creare disagio e ridurre l'intelligibilità delle comunicazioni telefoniche. Esso può avere una influenza diretta e/o indiretta: non solo può entrare in cuffia, ma può anche indurre l'operatore ad amplificare il volume della voce dell'interlocutore (quest'ultimo aspetto è generalmente il più rilevante). Da ciò l'esigenza che le postazioni di lavoro siano schermate o per quanto possibile lontane tra loro e che l'ambiente presenti caratteristiche fonoassorbenti (soffitto o controsoffitto muniti di idonei pannelli, tendaggi, ecc.).

Per quanto riguarda il quarto aspetto, si può ritenere che i disturbi di linea (oggetto di lamentele in passato) siano decisamente diminuiti negli anni grazie a tecnologie telefoniche sempre più affidabili e siano oggi generalmente assenti.

Per quanto riguarda infine il quinto aspetto, si può osservare che il segnale di “fax” è costituito da due toni puri a 1600 e 2000 Hz e che i segnali di “linea libera”, “chiamata” e “occupato” sono costituiti da un tono puro a 400 Hz.

Nell'ambito della ricerca sono stati evidenziati anche altri aspetti.

Si è osservato che i livelli delle voci dell'interlocutore e dell'operatore fluttuano in genere notevolmente. Se a ciò si associa il fatto che in una stessa conversazione telefonica vi sono necessariamente delle pause (in genere per la ricerca di informazioni o di dati da parte dell'operatore, ecc.), si può comprendere come la fluttuazione delle componenti spettrali raggiunga livelli elevati (50 dB). Sono quindi i livelli più alti, presenti per periodi di tempo più o meno brevi, che determinano, di fatto, il livello equivalente a cui sono esposti gli operatori.

Per quanto concerne le caratteristiche spettrali del rumore rilevato all'interno dei simulatori di orecchio durante le conversazioni telefoniche, è emerso che le componenti predominanti sono quelle della banda passante telefonica, tra 300 e 3400 Hz (cfr. fig. 2); la componente massima risulta in genere quella centrata sui 2500 Hz, anche grazie alla forte risonanza dell'orecchio (in particolare del condotto uditivo, cfr. par. 2).

Nel corso dell'elaborazione degli spettri, l'applicazione della risposta in frequenza, che interviene approssimativamente proprio a partire da 300 Hz, deprime le componenti di più grande interesse (tra 300 e 3400 Hz, cfr. fig. 2). Tuttavia, tali componenti vengono nuovamente esaltate in seguito all'applicazione della ponderazione A che, come è noto, agisce principalmente per le basse frequenze (cfr. fig. 2). In conclusione, quindi, sono proprio le componenti della banda passante telefonica, tra 300 e 3400 Hz, che determinano il livello complessivo ponderato A del rumore virtuale all'esterno dell'orecchio (quello da considerare ai fini igienistici e delle disposizioni di legge).

4.3.2 Dati ottenuti mediante la risposta in frequenza definita dal costruttore per il campo diffuso

La tabella 1 riassume i risultati dei 96 rilievi effettuati durante le normali attività lavorative dei dimafonisti (cfr. par. 4.1.1), dei centralinisti telefonici (cfr. par. 4.1.2 e 4.1.3) e degli addetti della banca telefonica (cfr. par. 4.1.4). Nella tabella sono riportati i livelli equivalenti elaborati mediante l'applicazione della risposta in frequenza fornita dal costruttore per il campo diffuso e ponderati A . Si è optato per questa risposta in frequenza sulla base delle osservazioni di Ianniello [7] e di Dajani et al. [16], secondo i quali i criteri di rischio impiegati in igiene del lavoro riguardano livelli sonori rilevati in condizioni di campo diffuso (cfr. par. 2). Si può osservare che anche Brammer et al. [17] impiegano la risposta in frequenza valida per il campo diffuso per la valutazione dell'esposizione lavorativa.

Dai dati relativi alla prima indagine emerge una notevole variabilità dei livelli associati a tutti e tre i tipi di dispositivi di ricezione; nelle altre tre indagini, invece, la variabilità risulta nettamente inferiore.

Nella seconda e nella terza indagine sono evidenti gli incrementi di livello dipendenti dal volume di amplificazione crescente.

Dal confronto tra i diversi dispositivi della seconda indagine emerge che l'inserito è caratterizzato dai livelli sonori più elevati.

Considerando la terza indagine, si può osservare che il limitatore di livello sonoro, agendo sui rumori più alti, riduce il livello equivalente massimo entro i 77 dB(A).

Considerando la seconda indagine e la cuffia sovra-aurale, si può osservare che in assenza del limitatore il livello equivalente massimo raggiunge gli 84 dB(A).

Complessivamente, dalla tabella 1 si evince che i livelli equivalenti a cui sono esposti gli operatori (ai fini igienistici e di legge) sono molto variabili: da un minimo di 50 dB(A) ad un massimo di 87 dB(A). In 16 casi (17 %), tutti relativi al centralino I, viene superato il livello di 80 dB(A). Si può quindi concludere che, in determinate condizioni, sussiste il rischio di danno uditivo per gli operatori.

Per quanto riguarda i livelli del rumore di fondo, stimati all'esterno dell'orecchio non impegnato con il dispositivo di ricezione, essi risultano compresi tra 42 e 49 dB(A) nel caso dei dimafonisti, tra 55 e 65 dB(A) nel caso del centralino I, tra 52 e 62 dB(A) nel caso del centralino II, mentre sono prossimi a 58 dB(A) nel caso della banca telefonica.

A termine può essere interessante osservare che l'applicazione della risposta in frequenza comporta un decremento medio del livello rilevato all'interno del simulatore di orecchio di 7.5 dB(A) (dev.std. 1.4 dB(A); min. 3.0 dB(A); max. 10.5

dB(A)). Ovviamente la variabilità di questi dati dipende dalle differenti caratteristiche spettrali del rumore esaminato, dai diversi dispositivi di ricezione considerati, dal numero di rilievi effettuati (96), ecc..

Per Ianniello [7], che impiegava un microfono miniaturizzato in corrispondenza della conca dell'orecchio, l'applicazione della risposta in frequenza comportava un decremento medio di 3.1 dB(A) (dev.std. 0.5 dB(A)) (cfr. par. 2).

Tabella 1 - Livelli sonori equivalenti stimati all'esterno dell'orecchio degli operatori impiegando la risposta in frequenza fornita dalla Bruel & Kjaer per il campo diffuso (la media dei livelli è stata calcolata aritmeticamente)

indagine	n. rilievi	n. addetti e postazioni di lavoro	dispositivo di ricezione	volume di amplificazione	livello sonoro dB(A)			
					medio	dev.std.	min	max
reparto dimafonia [1]	5	3	cornetta classica	fisso	66.8	8.1	58.2	79.7
	6	1	cornetta Siemens	fisso	67.4	5.2	61.9	76.3
	17	3	cuffia sovra-aurale	regolato dall'operatore	63.3	5.6	50.0	73.2
centralino I [2]	6	3	cornetta classica	fisso	76.6	1.7	74.4	79.0
	3	2	cuffia sovra-aurale	livello I	71.8	1.9	69.7	73.5
	6	4	cuffia sovra-aurale	livello II	77.8	1.7	75.9	80.7
	6	4	cuffia sovra-aurale	livello III	81.8	1.7	79.9	84.1
	3	2	inserto	livello I	77.3	1.3	75.9	78.5
	6	4	inserto	livello II	80.3	2.3	76.7	83.0
	6	4	inserto	livello III	84.2	1.7	82.4	87.0
centralino II [3]	8	3	cuffia sovra-aurale con limitatore di livello sonoro	livello a	69.5	1.8	67.8	73.1
	6	2	cuffia sovra-aurale con limitatore di livello sonoro	livello b	75.2	1.0	73.7	76.2
	6	2	cuffia sovra-aurale con limitatore di livello sonoro	livello c	75.7	0.6	74.9	76.6
banca telefonica [4]	12	12	cuffia sovra-aurale con limitatore di livello sonoro	regolato dall'operatore	73.0	2.7	68.3	76.7

4.3.3 Dati ottenuti mediante la risposta in frequenza definita dal costruttore per il campo libero

Come si è detto, i livelli sonori sono stati determinati per il campo diffuso. Si è comunque proceduto a calcolare gli stessi livelli per il campo libero caratterizzato da onde piane incidenti frontalmente impiegando la risposta in frequenza fornita dal

costruttore (cfr. par. 4.2.3.1).

Considerando per tutti i 96 rilievi sperimentali i valori assoluti delle differenze tra i livelli relativi al campo libero e al campo diffuso, il valor medio è risultato di 0.35 dB(A), la deviazione standard di 0.24 dB(A) e i valori minimo e massimo, rispettivamente, di 0.00 e 0.96 dB(A).

Si può quindi concludere che le differenze che erano state evidenziate nella figura 3 (2-3 dB a 2500-3150 Hz) non hanno, in pratica, effetto sui livelli sonori da considerare per l'esposizione degli addetti.

4.3.4 Dati ottenuti mediante le risposte in frequenza definite dal progetto di norma ISO 11904-2

I livelli elaborati mediante le risposte in frequenza fornite dal costruttore differiscono in misura minima dai livelli elaborati mediante le risposte in frequenza fornite dal progetto di norma ISO 11904-2 (cfr. par. 4.2.3.1).

Per quanto riguarda il campo diffuso, considerando i valori assoluti delle differenze, il valor medio è risultato di 0.40 dB(A), la deviazione standard di 0.07 dB(A) e i valori minimo e massimo, rispettivamente, di 0.24 e 0.54 dB(A). Per quanto riguarda il campo libero, considerando i valori assoluti delle differenze, il valor medio è risultato di 0.64 dB(A), la deviazione standard di 0.35 dB(A) e i valori minimo e massimo, rispettivamente, di 0.01 e 2.18 dB(A). Le elaborazioni si riferiscono a tutti i 96 rilievi sperimentali.

4.3.5 Controllo del limitatore di livello sonoro

Come si è visto (cfr. par. 4.2.4), il limitatore di livello sonoro è stato esaminato in laboratorio inviando allo stesso diversi tipi di segnali (crescenti e decrescenti a passi di 10 dB, cfr. fig. 7 in alto).

Si è rilevato che qualora il livello in ingresso al limitatore superi i 100 dB (cfr. fig. 7 in basso), il segnale in uscita, che giunge in cuffia e da qui all'orecchio (del manichino durante le prove, dell'addetto durante le attività lavorative):

- è bloccato sotto i 100 dB nel primo millisecondo;
- è ridotto di 1-4 dB nei 10-15 ms successivi;
- è mantenuto a meno 1-4 dB nei 180 ms successivi;
- è ridotto di altri 9 dB negli 80-100 ms successivi.

Concludendo, il livello in cuffia non supera mai i 100 dB e passa da 100 dB a meno di 90 dB in circa 0.3 secondi.

4.3.6 Osservazioni sui dispositivi di ricezione

Le cuffie (sovra-aurali e circum-aurali) e gli inserti presentano il vantaggio di autosostenersi sul capo o sull'orecchio e di non impegnare le mani dell'operatore.

Le cuffie circum-aurali, che isolano l'operatore dal contesto ambientale, riscaldano il padiglione, mentre gli inserti premendo all'interno del condotto uditivo determinano una sensazione di fastidio. Si può quindi concludere che le cuffie sovra-aurali sono da preferire in ambienti a basso rumore di fondo.

Per quanto riguarda la classica cornetta essa presenta il vantaggio di poter essere allontanata dall'orecchio nel caso che la voce dell'interlocutore sia di volume troppo elevato. Presenta però alcuni difetti: riscalda il padiglione, impegna una mano e ha un

peso non trascurabile. Può quindi essere consigliata solo nel caso di scarso traffico telefonico in quanto viene riposta a termine della conversazione.

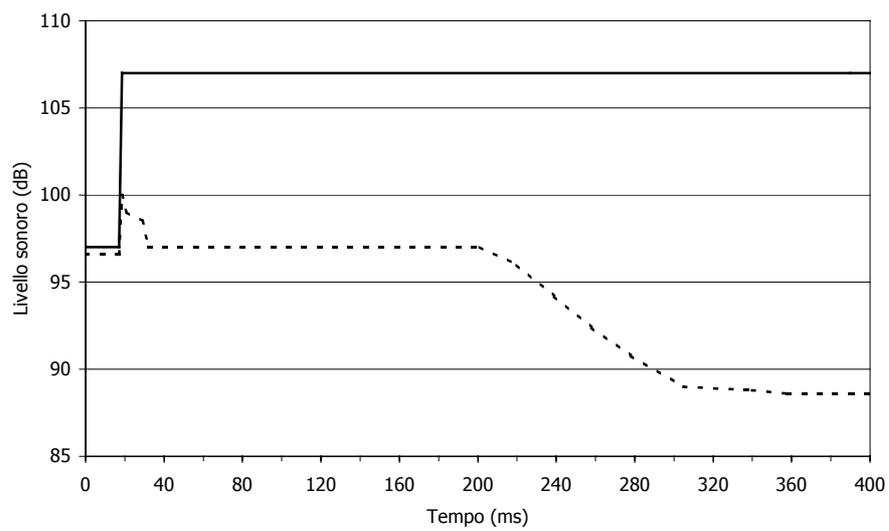
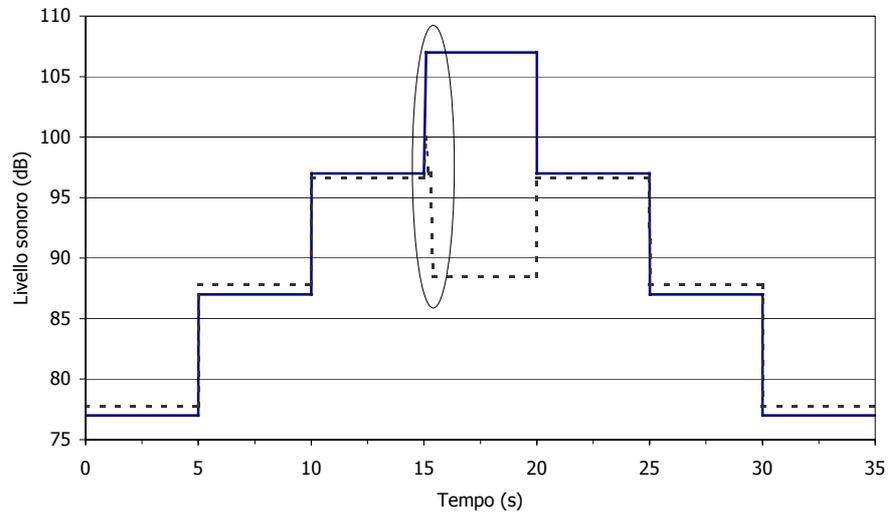


Figura 7 - Comportamento del limitatore di livello sonoro: nella figura in alto sono riportati il segnale in ingresso al limitatore (linea continua) e il segnale in cuffia (linea tratteggiata). Il particolare interno all'ellisse è evidenziato nella figura in basso

5. Conclusioni

Anche se nella letteratura esaminata [12,13] non sono stati evidenziati deficit uditivi negli operatori che impiegano dispositivi di ricezione, si può comunque affermare che questi operatori, in determinate condizioni, possono essere esposti a rischio. A queste conclusioni si può giungere sulla base dei livelli sonori riportati da alcuni ricercatori [7,15,16], nonché sulla base delle indagini sperimentali svolte dagli autori di questo lavoro.

Il rischio a cui possono essere esposti tali lavoratori deve quindi essere oggetto di una seria valutazione.

Qualora i livelli di esposizione risultassero maggiori di 80 dB(A) si dovranno individuare le cause di tale superamento al fine di poter elaborare uno specifico programma di riduzione del rischio. A questo proposito si potrà intervenire adottando limitatori di livello sonoro che, nell'ambito della ricerca, si sono rivelati notevolmente efficaci. Si potrà inoltre ridurre il rumore di fondo dell'ambiente di lavoro, separando maggiormente le postazioni e incrementando l'assorbimento acustico delle pareti e del soffitto. Si potrà infine intervenire sul grado di informazione-formazione degli addetti e sul corretto uso dei dispositivi di ricezione: una regolazione troppo alta dell'amplificazione della voce dell'interlocutore comporta necessariamente una maggiore esposizione.

(Corrispondenza: dott. Alessandro Peretti, via Ivrea 1/4, 35142 Padova. Tel. 049/656954. Fax 049/656974. E-mail: alessandro.peretti@unipd.it)

Ringraziamenti

Si ringraziano il prof. Carmine Ianniello (DETEC, Università di Napoli Federico II) e il prof. Massimo Garai (DIENCA, Università di Bologna) per la loro cortese collaborazione.

Bibliografia

- 1] Peretti A., Preti G., Meliga F. "Rischio da rumore per i dimafonisti". Atti del 22° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica. Lecce, 13-15 aprile 1994, 393-398
- 2] Peretti A., Gravino M., Farina A. "Valutazione del rischio da rumore a cui sono esposti i centralinisti telefonici". Atti del 26° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica. Torino, 27-29 maggio 1998, 351-355
- 3] Peretti A., Farina A., Baiamonte M., De Masi F., Nesler G., Zuccatti R., Cristofolini A. "Il rumore in cuffia: valutazione del rischio e bonifica presso un centralino telefonico". Atti del 2° Congresso Europeo di Igiene Industriale. Bari, 30 giugno - 3 luglio 1999, 296-299
- 4] Peretti A., Baiamonte M., Mauli F., Tisato E., Santoni G. "Rumore in cuffia: valutazione del rischio a cui sono esposti gli operatori di una banca telefonica". Atti del 20° Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana degli Igienisti Industriali, Viterbo, 19-21 giugno 2002, 371-377
- 5] Jønsson S., Matthisson A., Borg C. "Improving Telephone Handset Performace". Bruel & Kjaer, Application Note, 1997

- 6] Richter U., Fedtke T. "Determination of noise immissions from headphones and earphones by means of different head and torso simulators". Sixth International Congress on Sound and Vibration. Copenhagen, 5-8 luglio 1999, 1019-1026
- 7] Ianniello C. "Valutazione dei livelli di esposizione al rumore di operatori telefonici con un microfono nella conca del padiglione auricolare". *Rivista Italiana di Acustica*, Vo. 20, 1-2, 1996, 37-46
- 8] ISO/DIS 11904-1 (2000). "Acoustics - Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears - Part 1: Technique using microphones in real ears (MIRE-technique)"
- 9] ISO/DIS 11904-2 (2000). "Acoustics - Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears - Part 2: Technique using a manikin (manikin-technique)"
- 10] Kuhn G.F., Guernsey R.M. "Sound pressure distribution about human head and torso". *J. Acoust. Soc. Am.* Vo. 73, 1, 1983, 95-105
- 11] Yost W.A., Nielsen D.W. "Le basi della funzione uditiva". Piccin Nuova Libreria, Padova 1986
- 12] Glorig A., Whitney L.H., Flanagan J.L., Guttman N. "Hearing studies of telephone operating personnel". *Journ. of Speech and Hearing Research*, Vo. 12, 1969, 169-178
- 13] Alexander R.W., Koenig A.H., Cohen H.S., Lebo C.P. "The effects of noise on telephon operators". *Journ. of Occupational Medicine*, Vo. 21, 1, 1979, 21-25
- 14] Juan P.A., Cano-Cortes J.R. "Medida del ruido impulsivo en el auricular de operador". *Medicina Seguridad Trabajo*, Vo. 27, 107, 1979, 14-27
- 15] Chiusano S.V., Lees P.S.J., Breyse P.N. "An occupational noise exposure assessment for headset-wearing communications workers". *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, Vo. 10, 5, 1995, 476-481
- 16] Dajani H., Kunov H., Seshagiri B. "Real-time method for the measurement of noise exposure from communication headsets". *Applied Acoustics*, Vo. 49, 3, 1996, 209-224
- 17] Brammer A.J., Piercy J.E. "Monitoring sound pressures within the ear: application to noise exposure". *J. Acoust. Soc. Am.* Vo. 61, 3, 1977, 731-738