

Adam Dudarewicz

Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczynska

Mariola Śliwińska-Kowalska

OPRACOWANIE METODY OCENY POZAZAWODOWEJ EKSPOZYCJI NA HAŁAS*

DEVELOPING THE METHOD FOR ASSESSING NON-OCCUPATIONAL EXPOSURE TO NOISE

Zakład Zagrożeń Fizycznych, Instytut Medycyny Pracy, im. prof. J. Nofera, Łódź

STRESZCZENIE

Wstęp: Hałas pojawiający się w środowisku pozazawodowym, np. na dyskotekach czy koncertach rockowych, może stanowić zagrożenie dla narządu słuchu. Istniejące metody oceny ryzyka uszkodzenia słuchu (np. zawarte w normie ISO 1999:1990) pomijają udział ekspozycji pozazawodowej w szacowaniu całkowitego narażenia na hałas. Wynika to m.in. z braku uznanej metody oceny indywidualnego narażenia na hałas poza miejscem pracy, możliwej do zastosowania w badaniach epidemiologicznych. Celem pracy było opracowanie metody umożliwiającej ilościowe szacowanie poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas, możliwej do zastosowania w badaniach dużych grup osób. **Materiały i metody:** W oparciu o istniejące dane literaturowe oraz pomiary własne stworzono bazę danych o poziomach hałasu związanych z typowymi sytuacjami występującymi w środowisku ogólnym. Opracowano kwestionariusz umożliwiający uzyskanie od respondenta danych istotnych dla oceny indywidualnego narażenia na hałas pozazawodowy. W oparciu o te narzędzia opracowano procedurę szacowania wartości poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas oraz zweryfikowano jej wiarygodność, oceniając powtarzalność wyników dwóch szacowań przeprowadzonych w odstępie 3 tygodni w grupie 10 zdrowych osób oraz porównując obliczone poziomy ekspozycji na hałas z poziomami rzeczywistymi. **Wyniki:** Poziomy indywidualnej, pozazawodowej ekspozycji na hałas w poddanej badaniom grupie osób odniesione do 8 godzin (LEX, 8h), zawierały się w przedziale od 69 do 80 dB. Wykazano, że opracowana metoda pozwala na szacowanie wartości indywidualnej pozazawodowej ekspozycji na hałas z błędem 1–2 dB w stosunku do wartości mierzonych. Jej niepewność nie przekracza 4 dB. **Wnioski:** Opracowana metoda pozwala na wiarygodne szacowanie pozazawodowego narażenia na hałas i może być zastosowana w badaniach epidemiologicznych. Med. Pr. 2007;58(3):231–242

Słowa kluczowe: poziom ekspozycji na hałas pozazawodowy, poziomy hałas

ABSTRACT

Background: Noise prevailing in the non-occupational environment, such as that experienced in disco or rock concerts may be dangerous to the condition of the human hearing organ. The existing methods for assessing the risk of hearing loss (e.g., specified in ISO 1999:1990) fails to consider the contribution of non-occupational noise to the overall noise exposure. The fact that there is no generally accepted method for assessing the contribution of individual exposures to non-occupational noise to be used in epidemiological studies is one of the reasons that the effect of the quoted ISO procedure is limited. The aim of this study was to develop a method enabling quantitative assessment of the individual level of non-occupational noise exposure and estimation of the exposure uncertainty in large groups of people. **Material and Methods:** Based on the available literature data and our own results, we established a database on noise levels associated with typical circumstances prevailing in the general environment. A questionnaire was developed to enable collection of data essential for defining individual exposures to non-occupational noise. Using the questionnaire data, a procedure for assessing the level of non-occupational noise exposure was developed and its reliability was determined by assessing the repeatability of the results of two determinations performed every three weeks and comparing the calculated levels of the noise exposures with the true levels. **Results:** The values of individual non-occupational noise exposure, referred to 8h (LEX, 8h) in the study group of people, using the proposed methods ranged between 69 dB and 80 dB. This method allows to assess individual non-occupational exposures to noise at 1–2 dB error relative to the measured levels. The uncertainty of the method is within 4 dB. **Conclusions:** The proposed method enables a reliable assessment of non-occupational exposure to non-occupational noise and may be successfully applied in epidemiological studies. Med Pr 2007;58(3):231–242

Key words: non-occupational noise exposure level, noise levels

Adres autorów: ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: Mpawlusz@imp.lodz.pl

Nadesłano: 20.04.2007

Zatwierdzono: 21.05.2007

* Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr PB 0911/PO5/2004/26 pt. „Ocena środowiskowych i genetycznych czynników warunkujących podatność narządu słuchu na uszkodzenia przez hałas” finansowanego przez Departament Badań Naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego — kierownik projektu: M. Śliwińska-Kowalska, oraz zadania nr IMP/18.2/2006 pt. „Szacowanie niepewności metod oceny zawodowej i pozazawodowej ekspozycji na hałas opartych na danych zbieranych drogą badania kwestionariuszowego” finansowanego z dotacji na działalność statutową Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi — kierownik zadania: mgr A. Dudarewicz.

WSTĘP

Mimo wysiłków zmierzających do redukcji narażeń na hałas uszkodzenia słuchu spowodowane hałasem przemysłowym stanowią jedną z najczęstszych przyczyn nabytych odbiorczych zaburzeń słuchu, a zawodowe uszkodzenie słuchu plasuje się na 3.–4. pozycji wśród najczęstszych chorób zawodowych. Wskaźnik zapadalności na tę chorobę w ostatnich latach wynosił ok. 4–5 na 100 000 zatrudnionych (1).

W wielu pracach badano zależność między zawodową ekspozycją na hałas a wielkością uszkodzenia słuchu. Badania te doprowadziły do opracowania znormalizowanej metody szacowania ryzyka uszkodzenia słuchu zawartej w międzynarodowej normie ISO 1999:1990. Norma ta, bazując na poziomie ekspozycji na hałas w miejscu pracy ($L_{EX,sh}$) oraz efektywnym czasie narażenia, nie uwzględnia jednak pozazawodowego narażenia na hałas (2). Tymczasem istotną rolę w rozwoju uszkodzenia słuchu może mieć hałas poza miejscem pracy, np. hałas w wojsku czy w czasie wolnym.

W środowisku komunalnym występują liczne źródła hałasów o poziomach dźwięku A przewyższających 75 dB, czyli teoretycznie, w przypadku długotrwałej ekspozycji, stwarzające ryzyko uszkodzenia słuchu (3). W niektórych rodzajach aktywności pozazawodowej występuje hałas o poziomach przewyższających wartości proponowane przez organizacje międzynarodowe dla hałasu środowiskowego (3), a nawet wartości dopuszczalne w odniesieniu do zawodowej ekspozycji na hałas (wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń — NDN) (4). W przypadku tej ostatniej, w świetle obowiązujących w Polsce przepisów prawnych (5), równoważny poziom ekspozycji na hałas, odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy (lub 40-godzinnego tygodnia pracy), nie powinien przekraczać 85 dB (dźwięk A). Poziomy dźwięków związane z niektórymi rodzajami ekspozycji środowiskowej są tak wysokie, że w krótkim czasie może zostać przekroczona wartość poziomu ekspozycji na hałas dopuszczalny w miejscu pracy. Dotyczy to zwłaszcza poziomów hałasu występujących w trakcie uprawiania sportów motorowych, strzelectwa, myślistwa, a także podczas pobytu w dyskotekach i na koncertach rockowych (6). Również krótkotrwałe (kilkunastominutowe) przebywanie w pobliżu miejsc pracy ciężkich maszyn budowlanych może wiązać się z narażeniem na hałas przekraczającym wartości NDN.

Pozazawodowa ekspozycja na hałas może mieć szczególne znaczenie w przypadku pracowników narażonych na niego zawodowo, gdyż może prowa-

dzić do sumowania się wchłoniętych dawek energii akustycznej i szybszego pojawiania się ubytków słuchu (7).

Próby ilościowej oceny wielkości pozazawodowej ekspozycji na hałas dla indywidualnych osób wymagają kosztownych pomiarów w długich okresach czasu. Spowodowane to jest różnorodnością czynności podejmowanych w czasie wolnym przez poszczególne osoby i związaną z tym dużą zmiennością wartości poziomów dźwięków (8). Ilościowa ocena narażenia dużych populacji metodami analogicznymi do metod stosowanych w środowisku pracy (okresowe pomiary na stanowiskach pracy) jest w praktyce niemożliwa, przede wszystkim ze względu na ich czasochłonność i koszty. Najwygodniejsza metoda — dozymetryczna, oparta na pomiarach z zastosowaniem indywidualnych dozymetrów hałasu, wymaga powierzania osobom badanym sprzętu. Konieczne jest również wielokrotne powtarzanie pomiarów z powodu znacznego zróżnicowania narażenia wiążącego się ze sporadycznym występowaniem niektórych hałaśliwych zajęć lub sytuacji w ciągu dnia, tygodnia czy miesiąca. Co więcej, niepewność takich pomiarów w najlepszym przypadku jest równa 1 dB (9).

Celem pracy było opracowanie metody umożliwiającej ilościowe szacowanie poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas, możliwej do zastosowania w badaniach dużych grup osób, oraz zweryfikowanie jej wiarygodności.

MATERIAŁ I METODY

Baza danych charakteryzująca hałas w czasie aktywności pozazawodowej

Punktem wyjściowym opracowania metody oceny pozazawodowej ekspozycji na hałas było stworzenie bazy danych charakteryzującej hałas w czasie aktywności poza miejscem pracy. Pewnym ułatwieniem było to, że poziomy hałasu pojawiającego się w środowisku pozazawodowym oraz związanego z różnymi urządzeniami i rodzajami aktywności spotykanymi w czasie wolnym od pracy podlegają ograniczeniom narzuconym przez odpowiednie przepisy (10), a w związku z tym — monitorowaniu. Jest wiele publikacji zawierających wyniki pomiarów hałasów środowiskowego (6–8, 11–22). W oparciu o dostępne publikacje, materiały i sprawozdania Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska dotyczących klimatu akustycznego dużych miast z lat 1999–2003 (15, 18), materiałów reklamowych pro-

ducentów urządzeń będących źródłami hałasu w środowisku pozazawodowym, dostępnych wyników badań organizacji konsumenckich oraz dostępnych w Internecie baz danych dotyczących hałasu środowiskowego (samochodów osobowych, narzędzi z napędem mechanicznym) (20,22) ustalono i wprowadzono do bazy

danych wartości poziomów ciśnienia akustycznego związanego z poszczególnymi sytuacjami i rodzajami aktywności spotykanymi w czasie wolnym od pracy zawodowej (tab. 1 i 2).

W odniesieniu do sytuacji, dla których liczba opublikowanych danych dotyczących poziomów dźwięku

Tabela 1. Statystyczne poziomy ciśnienia akustycznego (L_{Aeq}) typowych sytuacji związanych ze środowiskiem i aktywnością pozazawodową

Table 1. Statistical A-weighted sound pressure levels (L_{Aeq}) of typical situations related to non-occupational environments and activities

Źródło ekspozycji na hałas Source of noise exposure	L_{eq}	L_{sr}	L99	L95	L90	L50	L10	L5	L1
Miejsce zamieszkania									
Living place									
lodówki fridges	42,3	38,1	34,5	35	35,5	39,5	45,5	46	55,4
hałas w mieszkaniu noise in flats	64	50	30	35	40	50	64	70	78
sprzęt AGD home electrical devices	67,1	60,1	36	37,5	39,5	64	74,5	76	80
Zainteresowania									
Hobbies									
sporty motorowe motor sports	88,9	86,9	69	70	71	82	94	98	100
instrumenty muzyczne music instrumens	90	88,9	66	69	77	84	96	98	100
narzędzia z napędem powered tools	93	85,4	65	75	86	92	98	99	103
strzelectwo shooting	100	74	70	70,5	71	74	78	82	85
Rozrywka									
Entertainment									
oglądanie telewizji wathing TV	53,4	40	43,5	44	45,9	48,3	54,8	64	65,3
komputery computers	42,3	38,1	34,5	35	35,5	39,5	45,5	46	55,4
radio i nagrania muzyczne radio and recorded music	69,5	50	64,1	65,3	65,8	67,7	71,6	74,4	78
słuchanie muzyki przez słuchawki listening the music through headphones	86,4	80,5	65	66,8	67,8	78	92	95	99
kina cinemas	71	74	70	70,5	71	74	78	82	85
koncerty, dyskoteki concerts and discotheques	98,9	99,4	84	86	88	96	104	105	106

Indeks oznacza, w jakim procencie pomiarów uzyskano poziomy dźwięku wyższe od wartości zamieszczonej w tabeli wartości poziomu dźwięku.

Index marks the percent of the measured noise levels exceeding the value defined in the table of sound level values.

Tabela 2. Statystyczne poziomy ciśnienia akustycznego (L_{Aeq}) typowych sytuacji związanych ze środowiskiem i aktywnością pozazawodową
Table 2. Statistical of A-weighted sound pressure levels (L_{Aeq}) of typical situations and activities occurring during non-occupational environment and activities

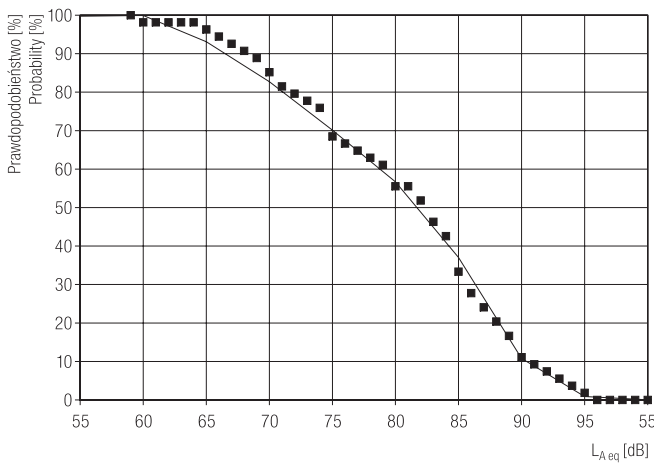
Źródło ekspozycji na hałas Source of noise exposure	L_{eq}	L_{sr}	L99	L95	L90	L50	L10	L5	L1
Miejsca publiczne Public places									
sklepy shops	61	61	42,8	45,4	46,7	53,1	63	66,4	73,9
centra handlowe marketing centers	66,8	66,8	48,7	52	54,5	65,3	69,5	70,9	75,2
sąsiedztwo zakładów neighborhood of factories	72,6	71,2	45	55	65	70	73	80	85
obiekty sportowe sport facilities	81	80	75	77	78	80	90	92	99
ruch uliczny street traffic	82,7	82,7	56,9	59,9	61,3	68	75,5	77,6	82,7
prace budowlane construction works	83,1	77,16	40	48	55	77	83	88	101
restauracje kluby restaurants and clubs	85,6	85,2	60	65	68	83	91	93	95
Transport Transport									
samochody osobowe cars	70	80,5	49	56	58	67	73	74	77
jazda na rowerze riding the bicycles	75	74	70	70,5	71	74	78	82	85
chodzenie walking	82,7	82,7	56,9	59,9	61,3	68	75,5	77,6	82,7
tramwaje trams	82,5	82,5	67,3	68,3	69,2	74,4	87,7	89,8	92,2
autobusy buses	83,9	81,9	64	65	66	77	89	93	95

Indeks oznacza, w jakim procencie pomiarów uzyskano poziomy dźwięku wyższe od wartości zamieszczonej w tabeli wartości poziomu dźwięku.

Indexes mark percent of noise level measurement exciding the value put in the table.

była niewystarczająca (strzelectwo, galerie handlowe, sklepy), przeprowadzono własne pomiary rozkładów statystycznych L_A , wykorzystując indywidualne dozymetry hałasu firmy Brüel & Kjær typu 4443. Pomiary te przeprowadzono wielokrotnie, a zmierzone poziomy były rejestrowane co minutę. Stwierdzono, że zarejestrowane wartości poziomów dźwięku podlegają rozkładowi charakterystycznemu dla danego rodzaju aktywności pozazawodowej związanej z ekspozycją na hałas.

Opracowana baza danych zawiera statystyczne rozkłady poziomów dźwięku, L_A , obserwowanych w czasie typowych sytuacji związanych z aktywnością pozazawodową (tab. 1 i 2). Zamieszczone w tabelach poziomy dźwięku opisują kształty statystycznych rozkładów, którym podlega hałas w danej sytuacji. Na rycinie 1. przedstawiono opracowane na podstawie dostępnych źródeł literaturowych i wykonanych pomiarów własnych przykładowe rozkłady hałasów w restauracjach i klubach.



Ryc. 1. Statystyczny poziom dźwięku L_{Aeq} w restauracjach i klubach.

Fig. 1. Statistical sound pressure levels L_{Aeq} in restaurants and clubs.

Kwestionariusz oceny indywidualnej pozazawodowej ekspozycji na hałas

Drugim narzędziem, w stosunku do stworzonej bazy danych o źródłach hałasu w środowisku pozazawodowym, było opracowanie specjalnego kwestionariusza pozwalającego na ocenę indywidualnego narażenia na hałas pozazawodowy.

Opracowując kwestionariusz (Załącznik A), przyjęto założenie, że jeżeli hałas zostaje zauważany i oceniany jako uciążliwy, to jako czynnik niepożądany w dłuższym okresie może powodować negatywne skutki zdrowotne. Z kolei jako podstawowe kryterium identyfikacji sytuacji związanych z ekspozycją na wysokie poziomy hałasu przyjęto utrudnienia w komunikacji słownej (3).

Głównym celem badania kwestionariuszowego było uzyskanie od poszczególnych respondentów informacji dotyczących czasu trwania oraz częstotliwości (w ciągu tygodnia lub miesiąca) różnych grup zajęć/sytuacji ocenianych przez ogół badanych jako uciążliwe ze względu na towarzyszący im hałas. W związku z powyższym w kwestionariuszu przygotowano grupy pytań dotyczących czynności i zajęć związanych z poszczególnymi obszarami aktywności pozazawodowej, tj.:

- aktywności typowych dla pozazawodowej ekspozycji na hałas, takich jak korzystanie ze środków transportu, przebywanie w miejscach użyteczności publicznej, uprawiane hobby;
- korzystania z urządzeń będących źródłami hałasu (np. narzędzi z napędem elektrycznym);

- czynności i sytuacji charakterystycznych dla aktywności pozazawodowej badanego respondenta;
- czynności lub miejsc związanych z hałasem utrudniającym komunikację słowną (trudności ze zrozumieniem mowy, konieczność porozumiewania się podniesionym głosem).

Dzięki tak przygotowanemu kwestionariuszowi można było uzyskać informacje dotyczące sytuacji związanych z ekspozycją na hałas, z jakimi ma kontakt respondent w czasie wolnym od pracy zawodowej. Kwestionariusz pozwala również na identyfikację takich sytuacji oraz ocenę średniego czasu ich trwania w ciągu tygodnia (na podstawie średniej liczby tego typu sytuacji w tygodniu oraz czasu ich trwania), a w przypadku sytuacji pojawiających się sporadycznie — na ocenę odniesioną do okresu jednego miesiąca.

Badanie ochotników

Badaniom kwestionariuszowym poddano grupę 10 ochotników (w wieku od 24 do 60 lat) z prawidłowym słuchem. Odpowiadając na pytania zawarte w opracowanym kwestionariuszu, respondenci dostarczyli informacji nt. pozazawodowej ekspozycji na hałas, tj. sytuacji i aktywności będących źródłami hałasu oraz czasu i częstotliwości ich występowania.

W celu sprawdzenia poprawności kwestionariuszowej metody oceny poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas przeprowadzono pomiary tygodniowego narażenia na hałas. Badanych wyposażono w indywidualne dozymetry hałasu dające możliwość zapisu historii czasowej mierzonego poziomu dźwięku A. Pomiary były wykonywane codziennie przez 7 dni, jednocześnie badani prowadzili dokładne zapisy dotyczące podejmowanej aktywności w czasie wolnym. Przeprowadzone obserwacje wraz z zarejestrowanymi historiami czasowymi pozwoliły na wyznaczenie dziennych profili ekspozycji na hałas w kolejnych dniach tygodnia oraz wyznaczenia średniego dla ocenianego tygodnia poziomu ekspozycji na hałas, odniesionego do 8 godzin ($L_{EX,8h}$). Równoległe wyznaczono średni poziom ekspozycji o badania kwestionariuszowe. Do tego celu wykorzystano bazę danych i średnie czasy trwania określonych sytuacji związanych z narażeniem na hałas. Pozwala to uniknąć wpływu na końcową ocenę znacznych dziennych wahań narażenia występujących w realnych warunkach, oraz tego, że pewne sytuacje występują sporadycznie (np. wizyta w dyskoteci) lub czasy trwania poszczególnych rodzajów aktywności zmieniają się w ciągu tygodnia/miesiąca. Zbadano wpływ odpowiedzi respondentów dotyczących deklarowanego czasu

„kontaktu” z sytuacjami związanymi z ekspozycją na hałas w czasie wolnym na wartość wyznaczonego poziomu ekspozycji.

Procedura ilościowej oceny pozazawodowej ekspozycji na hałas

Na podstawie wyników badań kwestionariuszowych i informacji zgromadzonych w bazie danych przygotowano procedurę ilościowej oceny indywidualnej ekspozycji na hałas.

Przez analogię do oceny narażenia na hałas w środowisku pracy, w opracowanym modelu narażenie na hałas pozazawodowy oceniono za pomocą wyznaczenia równoważnego poziomu dźwięku ($L_{Aeq,Te}$) i poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 72 h ($L_{EX,72h}$), czyli przeciętnego czasu wolnego od aktywności zawodowej w ciągu tygodnia, wartości te obliczono według poniższych równań:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left(\frac{1}{T_e} \sum_{i=1}^n t_i 10^{0.1(L_{Aeq,i})} \right) \quad [1]$$

$$L_{EX,72h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left(\frac{T_e}{72} \right) \quad [2]$$

gdzie:

- $L_{Aeq,Te}$ — równoważny poziom dźwięku A związany aktywnością pozazawodową, podany w dB,
- $L_{Aeq,ii}$ — równoważny poziom dźwięku A związany z i-tym rodzajem aktywności pozazawodowej, w dB,
- t_i — średni czas występowania i-tej sytuacji w ciągu tygodnia, podany w h,
- N — liczba różnych czynności/sytuacji związanych z ekspozycją pozazawodową na hałas,
- $T_e = \sum_{i=1}^n t_i$ — średni łączny tygodniowy czas ekspozycji na hałas pozazawodowy, podany w godzinach,
- $L_{EX,72h}$ — poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 72 h (w czasie wolnym), w dB,
- T_o — czas odniesienia, tj. przeciętny czas wolny od aktywności zawodowej w ciągu tygodnia bez uwzględnienia czasu snu,
 $T_o = (5 \times 8 \text{ h}) + (2 \times 16 \text{ h}) = 72 \text{ h}$.

Dodatkowo, by móc porównywać narażenie na hałas poza miejscem pracy z narażeniem zawodowym, wartości $L_{EX,72h}$ przeliczono na wartości poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy/40-godzinnego tygodnia pracy ($L_{EX,8h}/L_{EX,w}$).

Ponieważ poziomy $L_{Aeq,i}$ odpowiadające poszczególnym sytuacjom/czynnościom związanym z ekspozycją

na hałas podlegają rozkładowi (patrz tab. 1 i 2) o dystrybuantach $F_i(L_{Aeq,i})$, a równoważny poziom dźwięku A ($L_{Aeq,Te}$) jest funkcją n poziomów dźwięku A, charakterystycznych dla zidentyfikowanych w trakcie badania ankietowego źródeł narażenia na hałas:

$$L_{Aeq,Te} = f(t_1, L_{Aeq,1}, \dots, t_n, L_{Aeq,n}) \quad [3]$$

to wartości poziomu ekspozycji na hałas pozazawodowy $L_{EX,72h}$ podlegają rozkładowi o dystrybuancie F_n opisanemu wzorem:

$$F_n(L_{Aeq,Te}) = \prod_{i=1}^n F_i(t_i, L_{Aeq,i}) \quad [4]$$

Na podstawie zebranych danych wyznaczono rozkłady wartości indywidualnych poziomów ekspozycji na hałas pozazawodowy oraz oceniono prawdopodobieństwo ich występowania. Do wyznaczenia rozkładu wartości $L_{EX,72h}$ zastosowano metodę Monte Carlo, polegającą na wielokrotnym wyznaczaniu wartości $L_{Aeq,Te}$ (wzór 1.) w oparciu o n wartości $L_{Aeq,i}$ wylosowanych z rozkładów odpowiadających zidentyfikowanym n rodzajom aktywności pozazawodowej (tab. 1. i 2.).

Weryfikacja modelu ilościowej oceny pozazawodowej ekspozycji na hałas

Opracowaną metodę oceny pozazawodowej ekspozycji na hałas poddano weryfikacji. Sprawdzone jej powtarzalność oraz porównano zgodność wyznaczanych za jej pomocą poziomów pozazawodowej ekspozycji na hałas z wynikami pomiarów rzeczywistego narażenia na hałas. W tym celu po upływie 3 tygodni badaną grupę respondentów poddano ponownemu badaniu kwestionariuszowemu i wyznaczono poziom pozazawodowej ekspozycji na hałas, oraz u trzech osób z badanej grupy ochotników przeprowadzono dozymetryczne pomiary hałasu obejmujące 7 kolejnych dni.

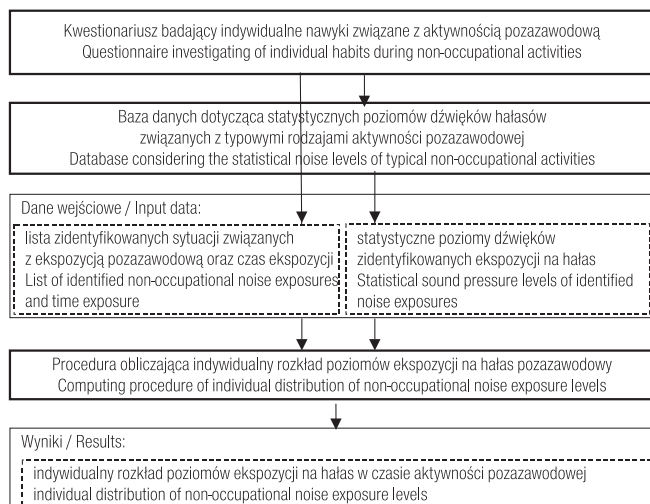
Przeanalizowano również błąd przeszacowania lub niedoszacowania wyniku oceny poziomu ekspozycji na hałas pozazawodowy pochodzący z różnych źródeł. W tym celu przeprowadzono symulację, w której dla każdej ze zbadanych osób przeprowadzono wielokrotne szacowanie $L_{EX,8h}$ przy założeniu, że deklarowane czasy kontaktu z poszczególnymi sytuacjami ekspozycji na hałas podlegają równomiernemu rozkładowi w przedziale od 0,5 t do 2 t, gdzie t jest zadeklarowanym przez respondenta czasem kontaktu z daną ekspozycją na hałas.

WYNIKI

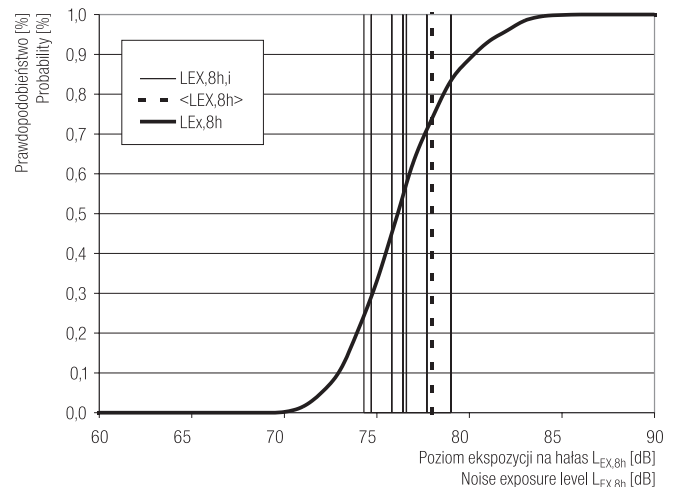
Metoda ilościowej oceny pozazawodowej ekspozycji na hałas

Schemat metody oceny poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas na podstawie badań kwestionariuszowych oraz bazy statystycznych rozkładów poziomów dźwięku A czynności i sytuacji związanych z aktywnością pozazawodową przedstawiono na rycinie 2.

W metodzie tej na podstawie kwestionariuszowego badania respondenta identyfikuje się podstawowe rodzaje aktywności pozazawodowej, podczas których jest on narażony na hałas, oraz określa się średnie czasy ich trwania w okresach jednotygodniowych. Dane te, w powiązaniu z przygotowaną bazą rozkładów poziomów dźwięków, wykorzystywane są do ilościowej oceny dziennego narażenia na hałas pozazawodowy. W określonej sytuacji, związanej z aktywnością w czasie wolnym, równoważny poziom dźwięku A, na jaki ekspozycja jest badany podczas wielokrotnego pojawiania się danej sytuacji, podlega fluktuacjom, zgodnym ze statystycznym rozkładem poziomów dźwięków charakterystycznym dla danej sytuacji (L_A) (patrz tab. 1. i 2.). Ocena indywidualnego narażenia na hałas opiera się na założeniu, że poziom ekspozycji na hałas respondenta podczas podejmowania konkretnej aktywności pozazawodowej zmienia się przy każdym „kontak-



Ryc. 2. Schemat metody oceny ekspozycji na hałas w oparciu o badania kwestionariuszowe oraz bazy statystycznych rozkładów poziomów dźwięku A w sytuacjach związanych z aktywnością pozazawodową.
Fig. 2. Schematic illustration of the method for assessing noise exposure based on the analysis of the questionnaire and database on the statistical distribution of A-weighted sound pressure levels related to non-occupational environment and activities.



Ryc. 3. Dystrybuanta rozkładu poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas $L_{EX,8h}$ oszacowanego dla przykładowego respondenta. Wyniki pomiarów dziennych poziomów ekspozycji na hałas $L_{EX,8h,i}$ (zaznaczone pionowymi ciągłymi liniami) i średni poziom ekspozycji dla całego okresu pomiarów $\langle L_{EX,8h} \rangle$ (linia przerywana).

Fig. 3. An example of cumulative distribution of estimated non-occupational noise exposure levels related to 8 hours $L_{EX,8h}$ (dB) using the questionnaire results for a single respondent. Measurements of daily non-occupational noise exposure levels $L_{EX,8h,i}$ (marked with vertical solid lines) and averaged noise exposure level $\langle L_{EX,8h} \rangle$ over the whole period of measurements (dashed line).

cie” z daną sytuacją i podlega rozkładowi związanemu ze statystycznym rozkładem poziomów dźwięków, charakterystycznemu dla danej sytuacji.

W wyniku zastosowania u wybranej osoby metody Monte Carlo otrzymuje się zbiór wartości, o rozkładzie statystycznym charakterystycznym dla poszczególnych respondentów. Przykład takich obliczeń przedstawiono w postaci dystrybuanty na rycinie 3. Dzięki tej metodzie można wyznaczyć wartości średniej lub mediany poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas wraz z przedziałami ufności ocenianych w ten sposób poziomów.

Na rycinie 3. przedstawiono porównanie wartości $L_{EX,8h}$ uzyskanych w wyniku tygodniowych pomiarów poziomu ekspozycji na hałas oraz badań kwestionariuszowych dla jednego przykładowego respondenta. Rycina obrazuje dzienne ekspozycje na hałas odniesione do 8 godzin, średni poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 godzin oraz dystrybucję oczekiwanego rozkładu poziomów pozazawodowej ekspozycji na hałas wyznaczonych w oparciu o badanie kwestionariuszowe.

Oceniono, że według opracowanej metody oceny poziomu indywidualnej, pozazawodowej ekspozycji na hałas w poddanej badaniom grupie osób wartości poziomu ekspozycji na hałas, odniesione do 8 godzin

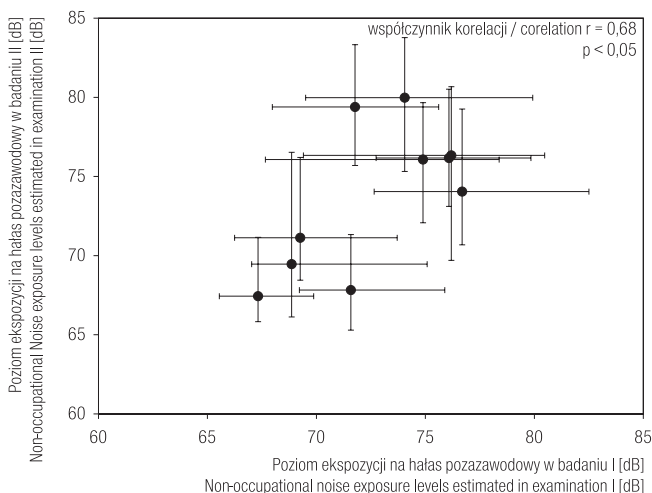
($L_{EX, 8h}$), zawierają się w przedziale 69–80 dB, natomiast oszacowane wartości maksymalne $L_{EX, 8h}$ (odpowiadające wyznaczonym górnym krańcom przedziałów ufności, przy $p = 0,90$) w przedziale 71–82 dB.

Ocena niepewności metody

Porównanie wartości indywidualnych poziomów pozazawodowej ekspozycji na hałas, uzyskanych w wyniku powtórzonych w odstępie 3 tygodni badań kwestionariuszowych, wykazały statystycznie istotną korelację (współczynnik korelacji $r = 0,68$; $p < 0,05$) między tymi wartościami. Wyniki przedstawiono na rycinie 4. W badanej grupie 10 osób niepewność (przy poziomie istotności $\alpha = 0,1$) wyznaczonego w ten sposób poziomu ekspozycji na hałas zmienia się od 2 do 6 dB — w badanej grupie średnio 5 dB (ryc. 4).

Porównanie wyników pomiarów oraz ocen badań ankietowych wykazało, że różnice między pomiarami dziennych poziomów ekspozycji na hałas a medianami rozkładów poziomów ekspozycji oszacowanymi na podstawie badań ankietowych nie przekraczają wartości 4 dB. W przypadku uśrednienia wyników kilku pomiarów dziennych (średni poziomu ekspozycji na hałas w tym przypadku z 7 dni tygodnia) różnice te maleją do 1÷2 dB.

Różnice uzyskanych według opracowanej metody ocen poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas w przypadku przeszacowania lub niedoszacowania przez respondenta czasów kontaktu z poszczególnymi źródłami ekspozycji na hałas nie przekraczały 3 dB.



Ryc. 4. Porównanie średnich poziomów ekspozycji na hałas wyznaczonych w dwóch badaniach grupy 10 osób, przeprowadzonych w odstępie 3 tygodni z 0,90 przedziałami ufności.

Fig. 4. Comparison of the average noise exposure levels estimated in 2 examinations of 10 subjects performed every 3 weeks, with 0.90 confidence intervals.

OMÓWIENIE

W pracy przedstawiono oryginalną metodę ilościowej oceny narażenia na hałas pozazawodowy. Zaletą opracowanej metody ilościowej oceny narażenia jest możliwość szybkiej oceny poziomu pozazawodowej ekspozycji na hałas dużych grup osób, w oparciu o wyniki badań kwestionariuszowych i zgromadzone w bazie danych informacje dotyczące poziomów dźwięku obserwowanych w czasie typowych sytuacji związanych z aktywnością pozazawodową.

Zgodnie z opracowaną metodą oceny, w badanej grupie osób wartości poziomu ekspozycji na hałas odniesione do 8 godzin ($L_{EX, 8h}$) przyjmują wartości z przedziału 69–80 dB, natomiast górne krańce wyznaczonych przedziałów ufności ($p = 0,90$) odpowiadające maksymalnym wartościom $L_{EX, 8h}$, wynoszą 71–82 dB. Poziomy te, w granicach niepewności, są zgodne z wynikami badań innych autorów opartych na pomiarach dozymetrycznych. Przykładowo Neitzel i wsp. (8), wykonując pomiary hałasu pozazawodowego w grupie 266 osób, uzyskali poziomy ekspozycji na hałas odniesione do 8 godzin rzędu 62–93 dB, z wartością średnią równą 78 dB. Stąd można przyjąć, że omawiana metoda umożliwia szacowanie wartości ekspozycji na hałas odzwierciedlających rzeczywiste narażenie na hałas występujące poza miejscem pracy.

Porównanie wyników pomiarów rzeczywistych poziomów pozazawodowej ekspozycji na hałas oraz ocen na podstawie badań ankietowych wykazały, że różnice między pomiarami dziennych poziomów ekspozycji na hałas a medianami rozkładów poziomów ekspozycji oszacowanymi na podstawie badań ankietowych nie przekraczają wartości 4 dB. W przypadku uśrednienia wyników pomiarów z 7 dni tygodnia różnice te maleją do 1÷2 dB.

Mniejsze różnice w przypadku uśredniania wyników pomiarów $L_{EX, 8h}$ wynikają z charakteru kwestionariusza badającego średnie czasy trwania oraz średnie liczby pojawiania się sytuacji związanych z ekspozycją na hałas w czasie aktywności pozazawodowej w ciągu tygodnia lub miesiąca.

Metoda cechuje się również dobrą powtarzalnością, o czym świadczy istotna statystycznie korelacja między seriami wartości pozazawodowej ekspozycji na hałas ($L_{EX, 8h}$) oszacowanych w oparciu o wielokrotne badania kwestionariuszowe.

Opracowana metoda szacowania wartości indywidualnej pozazawodowej ekspozycji na hałas umożliwia szybką ocenę poziomów ekspozycji na hałas w czasie aktywności pozazawodowej w dużych populacjach,

pozwała uniknąć kosztownych pomiarów indywidualnego narażenia na hałas poza miejscem pracy, wymaga jednak ciągłego aktualizowania i rozwoju bazy danych opisującej warunki akustyczne związane z różnymi rodzajami aktywności pozazawodowej.

Wyznaczony poziom ekspozycji na hałas pozazawodowy, w połączeniu z poziomem ekspozycji na hałas w środowisku pracy, umożliwia wyznaczanie całkowitego poziomu ekspozycji, co może mieć istotne znaczenie podczas szacowania ryzyka uszkodzenia słuchu wywołanego działaniem hałasu, szczególnie w przypadku osób, u których narażenie na hałas poza miejscem pracy jest większe od narażenia związanego z aktywnością zawodową lub porównywalne z nim.

PIŚMIENNICTWO

1. Szeszenia-Dąbrowska N., Wilczyńska U., Szymczak W.: Choroby zawodowe w Polsce w 2004 r. Centralny Rejestr Chorób Zawodowych IMP, Łódź 2005
2. ISO 1999:1990 Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced hearing impairment. International Organization for Standardization, Geneva 1990
3. Berglund B., Lindvall T., Schwela D.: Guidelines for Community Noise. World Health Organization (WHO), Geneva, 2000
4. Directive 2003/10/EC of European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise). Official Journal of the European Communities, No L42/38, 15.2.2003, 2003
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2002 r. nr 217, poz. 1833 (z późniejszymi zmianami z dnia 9 października 2005 r. DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769)
6. Pawlacyk-Łuszczynska M., Dudarewicz A., Bąk M., Fiszer M., Kotyło P., Śliwińska-Kowalska M.: Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2004;17(2):285–293
7. Mercier P., Hohmann B.V.: Is Electronically music too loud? *Noise Health* 2002;4(16):47–55
8. Neitzel R., Seixas N., Goldman B., Daniell W.: Contributions of non occupational activities to total noise exposure of construction workers. *Ann. Occup. Hyg.* 2004;48(5):463–473
9. PN-ISO 9612:2004: Akustyka. Zasady pomiaru i oceny ekspozycji na hałas w środowisku pracy. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004 ISO 9612:1997: Acoustics — Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment. International Organization for Standardization, Geneva 1997
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 stycznia 2002 r. w sprawie wartości progowych poziomów hałasu. DzU z 2002 r. nr 8, poz. 81
11. Suter H.: Construction Noise: Exposure, effects, and the potential for remediation; a review and analysis. *AIHA J. Occup. Environ. Hyg.* 2002;63:768–789
12. Sadhra S., Jackson C. A., Ryder T., Brown M.J.: Noise exposure and hearing loss among student employees working in university entertainment venues. *Ann. Occup. Hyg.* 2002;46(5):455–463
13. Toppila E.: Individual Hearing Conservation. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki 2000
14. Smeatham D.: Noise levels and noise exposure of workers in pubs and clubs — A review of the literature. Prepared by the Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive, Research Report 026, United Kingdom 2002 [cytowany 2 stycznia 2007 r.]. Adres: <http://213.212.77.20/research/rrpdf/rr026.pdf>
15. Informacja o wynikach kontroli: Ochrona przed hałasem na obszarach miejskich ze szczególnym uwzględnieniem głównych tras komunikacyjnych. Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2001 [cytowany 2 stycznia 2007 r.]. Adres: http://bip.nik.gov.pl/pl/bip/wyniki_kontroli_wstep/inform2002/2001166
16. Plontke S., Zenner-Tübingen HP.: Current aspects of hearing loss from occupational and leisure noise. W: Schultz-Coulon H.J. [red.]. *Environmental and Occupational Health Disorders*. Videel OHG, Germany 2004, ss. 233–325
17. Neitzel R., Seixas N., Olson J., Daniell W., Goldman B.: Non-occupational noise: exposures associated with routine activities, Seattle. *J. Acoust. Soc. Am.* 2004;(115)1:237–245
18. Stan Środowiska w województwie Mazowieckim w 2004 roku. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie, Warszawa 2005 [cytowany 2 stycznia 2007 r.]. Adres: www.wios.warszawa.pl/publikacje/pliki/StanSrodowiska2004.pdf
19. Williams W.: Noise exposure levels from personal stereo use. *Int. J. Audiol.* 2005;44:231–236
20. Digest Statistics About: Noise Pollution. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London [cytowany 2 stycznia 2007 r.]. Adres: <http://www.defra.gov.uk/environment/statistics/noise/index.htm>
21. Noise Database 1.0, European Commission, Directorate General for Enterprise and Industry [cytowany 2 stycznia 2006 r.]. Adres: http://ec.europa.eu/enterprise/mechan_equipment/noise/citizen/app/
22. Noise Levels of Common Army Equipment. United States Army Center for Health Promotion & Preventive Medicine, Aberdeen Proving Ground MD 21010–5403 [cytowany 2 stycznia 2007 r.]. Adres: <http://chppm-www.apgea.army.mil/hcp/NoiseLevels.aspx>

ZAŁĄCZNIK A

Poniższe pytania mają na celu ustalenie czasu poświęcanego na rutynowe czynności związane z dźwiękami/hałasem związanymi z poszczególnymi czynnościami lub źródłami dźwięków/hałasu.

Otocz kółkami odpowiednie odpowiedzi TAK/NIE. W miarę możliwości oceń średni czas (w godzinach lub minutach), w jakim występują dane dźwięki/hałas w ciągu dnia i wpisz go w odpowiednich miejscach (w wierszach h, jeśli jest to czas w godzinach lub min, jeśli w minutach). Następnie podaj, ile razy w tygodniu lub miesiącu ma miejsce taka sytuacja.

Podaj do 4 przykładów czynności lub miejsc związanych z hałasem, który utrudniał ci rozmowę (np. trudności ze zrozumieniem mowy, konieczność mówienia podniesionym głosem)	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często zdarza się wymieniona sytuacja?		
	czas dziennie	ile razy w	
		tygodniu	miesiącu
.....	...h/ ...min		

Czy korzystasz z następujących środków transportu?	Otocz kółkiem właściwą odpowiedź	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często korzystasz z danego środka transportu?		
		czas dziennie	ile razy w	
			tygodniu	miesiącu
autobusy	TAK NIE	.....h/ .....min		
tramwaje	TAK NIE	.....h/ .....min		
pociągi	TAK NIE	.....h/ .....min		
samochody osobowe	TAK NIE	.....h// .....min		
chodzenie pieszo (ulice, przystanki itp.)	TAK NIE	.....h/ .....min		
inny (jaki?)	TAK NIE	.....h/ .....min		

Czy bywasz w następujących miejscach publicznych?	Otocz kółkiem właściwą odpowiedź	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często przebywasz w poszczególnych miejscach?		
		czas dziennie	ile razy w	
			tygodniu	miesiącu
centra handlowe	TAK NIE	.....h/ .....min		
sklepy, obiekty usługowe	TAK NIE	.....h/ .....min		
obiekty sportowe (siłownie sale gimnastyczne itp.)	TAK NIE	.....h/ .....min		
kina, teatry	TAK NIE	.....h/ .....min		
restauracje, puby itp.	TAK NIE	.....h/ .....min		
inne (jakie?)	TAK NIE	.....h/ .....min		

Czy w miejscu twojego zamieszkania występuje hałas spowodowany przez:	Otocz kółkiem właściwą odpowiedź	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często można zaobserwować hałas związany z poszczególnymi źródłami?		
		czas dziennie	ile razy w	
			tygodniu	miesiącu
ruch uliczny	TAK NIE	..... h/ .....min		
ruch kolejowy	TAK NIE	..... h/ .....min		
zakłady przemysłowe	TAK NIE	..... h/ .....min		
zachowanie sąsiadów	TAK NIE	..... h/ .....min		
zachowanie domowników	TAK NIE	..... h/ .....min		
inne (jakie?)	TAK NIE	..... h/ .....min		

Czy w czasie wolnym wykonujesz następujące zajęcia?	Otocz kółkiem właściwą odpowiedź	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często możesz zaobserwować hałas związany z poszczególnymi zajęciami?		
		czas dziennie	ile razy w	
			tygodniu	miesiącu
słuchasz muzyki (odtwarzanej przez sprzęt audio)	TAK NIE	..... h/ .....min		
słuchasz radia, oglądasz telewizję	TAK NIE	..... h/ .....min		
uprawiasz sporty motorowe	TAK NIE	..... h/ .....min		
uprawiasz strzelectwo/myślistwo	TAK NIE	..... h/ .....min		
inne (jakie?)	TAK NIE	..... h/ .....min		

Czy w pracach domowych korzystasz z następujących, hałaśliwych urządzeń?	Otocz kółkiem właściwą odpowiedź	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często można zaobserwować hałas związany z poszczególnymi źródłami?		
		czas dziennie	ile razy w	
			tygodniu	miesiącu
sprzętu AGD: odkurzaczy, robotów kuchennych itd.	TAK NIE	..... h/ .....min		
narzędzi z napędem elektrycznym	TAK NIE	..... h/ .....min		
narzędzi z napędem spalinowym	TAK NIE	..... h/ .....min		
komputera	TAK NIE	..... h/ .....min		
inne (jakie?)	TAK NIE	..... h/ .....min		

Poniższe pytania dotyczą narażenia na hałas w obecnym miejscu pracy i w poprzednich.

Nazwa stanowiska pracy, wykonywanego zawodu	Czy występowało tam narażenie na hałas? Otocz kółkiem właściwą odповідź	Jak długo w ciągu dnia (h — godziny / min — minuty) oraz jak często można zaobserwować hałas związany z poszczególnymi źródłami?		
		czas dziennie	ile razy w	
			tygodniu	miesiącu
obecne stanowisko pracy:	TAK NIE	..... h/ .....min		
przedostatnie stanowisko pracy:	TAK NIE	..... h/ .....min		
poprzednie stanowisko pracy	TAK NIE	..... h/ .....min		
poprzednie stanowisko pracy	TAK NIE			

(A-3)