

Witold Mikulski

POZIOM NATĘŻENIA GŁOSU LEKTORÓW W ZALEŻNOŚCI OD WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNYCH SAL WYKŁADOWYCH

ASSESSMENT OF VOCAL INTENSITY IN LECTURERS DEPENDING
ON ACOUSTIC PROPERTIES OF LECTURE ROOMS

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection –
National Research Institute, Warszawa, Poland
Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych / Department of Vibroacoustic Hazards

STRESZCZENIE

Wstęp: Efekt Lombarda polega na zwiększaniu poziomu natężenia głosu w środowisku, w którym występuje hałas. W artykule przedstawiono wyniki własnych badań poziomu natężenia głosu i poziomu dźwięku A tła akustycznego podczas normalnych zajęć lektorów. Celem badań było określenie, czy ww. parametry zależą od właściwości akustycznych sal oraz ilu lektorów mówi podnosząc głos. **Materiał i metody:** Badania przeprowadzono w grupie 50 nauczycieli i wykładowców w 10 salach do prezentacji słownej o kubaturze 160–430 m³ i czasie pogłosu 0,37–1,3 s. Grupa A – 3 sale, które spełniały kryterium oparte na czasie pogłosu (maksymalna dopuszczalna wartość czasu pogłosu wg PN-B-02151-4:2015 to 0,6–0,8 s), grupa B – 3 sale, w których kryterium było spełnione na granicy, grupa C – 4 sale, które go nie spełniały. Kryterium podnoszenia głosu przyjęto na podstawie poziomu natężenia głosu (maksymalna wartość wg PN-EN ISO 9921:2005 to 65 dB). Wartości ww. parametrów określano z módów rozkładów wartości poziomu dźwięku A w czasie zajęć prowadzonych przez lektorów. **Wyniki:** Stwierdzono duże zróżnicowanie poziomu natężenia głosu lektorów. W salach z grupy A lektorzy nie mówili podniesionym głosem, natomiast głos podnosiło 21% lektorów w salach z grupy B i 60% lektorów w salach z grupy C. **Wnioski:** Właściwości akustyczne sal (określane czasem pogłosu) mają duży wpływ na natężenie głosu wykładowców (tj. podnoszenie przez nich głosu), co może wpłynąć na wzrost zagrożenia chorobami narządu głosu. Stwierdzono występowanie efektu Lombarda u nauczycieli i wykładowców prowadzących zajęcia w salach wykładowych i lekcyjnych. Med. Pr. 2015;66(4):487–496

Słowa kluczowe: hałas, poziom natężenia głosu, poziom dźwięku A głosu, głos zawodowy, efekt Lombarda, zaburzenia głosu

ABSTRACT

Background: Lombard's effect increases the level of vocal intensity in the environment, in which noise occurs. This article presents the results of the author's own study of vocal intensity level and A-weighted sound pressure level of background noise during normal lectures. The aim of the study was to define whether above-mentioned parameters depend on acoustic properties of rooms (classrooms or lecture rooms) and to define how many lecturers speak with raised voice. **Material and Methods:** The study was performed in a group of 50 teachers and lecturers in 10 classrooms with cubature of 160–430 m³ and reverberation time of 0.37–1.3 s (group A consisted of 3 rooms which fulfilled, group B consisted of 3 rooms which almost fulfilled and group C consisted of 4 rooms which did not fulfill criteria based on reverberation time (maximum permissible value is 0.6–0.8 s according to PN-B-02151-4:2015). Criteria of raising voice were based on vocal intensity level (maximum value: 65 dB according to EN ISO 9921:2003). The values of above-mentioned parameters were determined from modes of A-weighted sound pressure level distributions during lectures. **Results:** Great differentiation of vocal intensity level between lecturers was found. In classrooms of group A lecturers were not using raised voice, in group B – 21%, and in group C – 60% of lecturers were using raised voice. **Conclusions:** It was observed that acoustic properties of classrooms (defined by reverberation time) exert their effect on lecturer's vocal intensity level (i.e., raising voice), which may contribute to the increased risk of vocal tract illnesses. The occurrence of Lombard's effect in groups of teachers and lecturers, conducting lectures in rooms, was evidenced. Med Pr 2015;66(4):487–496

Key words: noise, voice intensity level, A-weighted sound pressure level of voice, occupational voice, Lombard's effect, voice disorders

Autor do korespondencji / Corresponding author: Witold Mikulski, Centralny Instytut Ochrony Pracy –
Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych,
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: wimik@ciop.pl
Nadesłano: 17 grudnia 2014, zatwierdzono: 29 maja 2015

WSTĘP

Hałas jest jednym z wielu czynników środowiska pracy, który wpływa na powstawanie dolegliwości narządu głosu [1–7]. Kiedy rośnie poziom dźwięku A tła akustycznego, nauczyciele i wykładowcy zwiększają poziom natężenia głosu [4,5,8]. Długotrwałe obciążanie i forsowanie narządu głosu może przyczynić się do powstawania chorób zawodowych narządu głosu, takich jak wtórne zmiany przerostowe fałdów głosowych oraz niedowład mięśni wewnętrznych krtani z wrzecionowatą niedomykalnością fonacyjną głosi i trwałą dysfonią [1–3,6,9].

Wzrost natężenia głosu osoby mówiącej w wyniku wzrostu hałasu tła akustycznego jest nazywany efektem Lombarda [8,10]. Jak wykazały przeprowadzone przez autora niniejszej publikacji badania natężenia głosu kilku nauczycieli w 2 salach lekcyjnych przed ich adaptacją akustyczną i po adaptacji, zmiana właściwości akustycznych sal (zwiększenie chłonności akustycznej) wpływa na poziom dźwięku A tła akustycznego (zmniejszenie hałasu), a w konsekwencji – na poziom natężenia głosu mówiących (zmniejszenie poziomu natężenia głosu) [11].

Cytowane badania ze względu na nieliczną grupę badanych należy uznać za potwierdzające ten efekt jedynie wstępnie. Z tego powodu autor niniejszej publikacji przeprowadził badania poziomu natężenia głosu w znacznie liczniejszej grupie osób w 10 salach. W niniejszym artykule podano wyniki badań określające, ilu nauczycieli i wykładowców w 3 grupach sal mówi głosem podniesionym (tj. średnim poziomem dźwięku A w odległości 1 m od mówiącego podczas prezentacji słownej, tzn. poziomem natężenia głosu większym lub równym 66 dB). Podano również wyniki badań zależności między poziomem natężenia głosu nauczycieli i wykładowców a poziomem dźwięku A tła akustycznego (z podaniem wyników dla całej grupy badanych oraz oddzielnie dla grup sal A–C). W artykule przedstawiono także wyniki badań porównania poziomu natężenia głosu nauczycieli i wykładowców z właściwościami akustycznymi sal (których dotychczas nie omówiono szerzej w literaturze).

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem analizy był poziom natężenia głosu wykładowców i nauczycieli w salach wykładowych i lekcyjnych podczas prowadzenia zajęć dydaktycznych. Parametrem go określającym jest poziom dźwięku A głosu, który wyznaczany jest jako średni poziom dźwięku A w odległości 1 m od ust mówiącego w czasie jed-

nej lekcji lub wykładu (pojedyncza próbka). W przeprowadzonej analizie zarówno nauczycieli, jak i wykładowców uznaje się za jedną grupę, dlatego określa się ich jednym mianem – lektorów. Także sale wykładowe i sale lekcyjne określa się łącznie jako sale do prezentacji słownych.

Poziom natężenia głosu lektora jest silnie skorelowany z poziomem dźwięku A tła akustycznego (efekt Lombarda), dlatego przy analizie pierwszego parametru najczęściej uwzględniano drugi. Poziom tła akustycznego określa się średnim poziomem dźwięku A tła akustycznego (mierzonym podczas lekcji w salach do prezentacji słownych w czasie, kiedy lektorzy nie mówili) (pojedyncza próbka).

W analizie uwzględniono wyniki badań własnych poziomu natężenia głosu przeprowadzonych wśród 50 lektorów (wykładowców i nauczycieli) w 10 salach do prezentacji słownych. Sale były zróżnicowane pod względem kubatury (160–430 m³) i wyposażenia (tab. 1). Czas pogłosu sal T_{mf} (wartość średnia z czasów pogłosu sal dla częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) w salach zawierał się w przedziale 0,37–1,3 s. Sale podzielono na 3 grupy:

- grupa A – sale I–III, w których właściwości akustyczne były dobre, tj. wartości czasu pogłosu były znacznie mniejsze od maksymalnie dopuszczalnych, które wynoszą 0,6–0,8 s (0,6 s – sale lekcyjne; 0,8 s – sale wykładowe według normy PN-B-02151-4 [12]);
- grupa B – sale IV–VI, w których właściwości akustyczne były na granicy odpowiednich i nieodpowiednich, tj. wartości czasu pogłosu wynosiły $\pm 10\%$ względem ww. wartości kryterialnych;
- grupa C – sale VII–X, w których właściwości akustyczne były nieodpowiednie, tj. wartości czasu pogłosu były znacznie większe od ww. wartości kryterialnych.

Pomiary czasu pogłosu wykonano metodą techniczną z uwzględnieniem szumu przerywanego oraz 2 pozycji źródła akustycznego i łącznie 6 pozycji mikrofonu zgodnie z normą PN-EN ISO 3382-2 [13].

Przeznaczenie, kubaturę oraz zmierzony i dopuszczalny czas pogłosu sal podano w tabeli 1. W grupie badawczej znajdowało się 50 lektorów (23 kobiety, 27 mężczyzn) (tab. 2).

Pomiary poziomu natężenia głosu i poziomu dźwięku A tła akustycznego podczas prezentacji słownych wykonano metodą opisaną w 1999 r. [14]. Podstawą badania jest próbka zawierająca wartości wymienionych parametrów i określana w czasie jednego wykładu lub jednej lekcji w tej samej sali.

Tabela 1. Charakterystyka sal lekcyjnych i wykładowych
Table 1. Characteristics of classrooms or lecture rooms

Grupa i numer sal Group and no. of rooms	Przeznaczenie sali Destination of classrooms or lecture rooms	Kubatura sali Cubature of classrooms or lecture rooms (V) [m ³]	Zmierzony czas pogłosu Measured reverberation time (T _{mf}) [s]	Dopuszczalny czas pogłosu Permissible reverberation time (PN-B-02151-4 [12]) (T _{mf}) [s]
A				
I	lekcyjna / classroom	160	0,37	0,6
II	wykładowa / lecture room	205	0,41	0,6
III	lekcyjna / classroom	160	0,44	0,6
B				
IV	wykładowa / lecture room	220	0,60	0,6
V	wykładowa / lecture room	220	0,65	0,6
VI	wykładowa / lecture room	430	0,75	0,8
C				
VII	wykładowa / lecture room	265	1,00	0,8
VIII	lekcyjna / classroom	160	1,10	0,6
IX	lekcyjna / classroom	160	1,20	0,6
X	lekcyjna / classroom	160	1,30	0,6

A – dobre warunki akustyczne / good acoustic conditions, B – warunki akustyczne na granicy dopuszczalnych / acoustic conditions at the border of permissible level, C – nieodpowiednie warunki akustyczne / impermissible acoustic conditions.

Tabela 2. Wiek lektorów, którzy wzięli udział w badaniu,
z podziałem na grupy sal

Table 2. Age of lecturers, who participated in the study,
divided into groups of classrooms

Grupa sal Group of rooms	Wiek badanych [w latach] Age of respondents [years]	Badani Respondents [n]		
		ogółem total	kobiety females	mężczyźni males
A	< 35	2	0	2
	35–45	4	2	2
	45–55	3	1	2
	> 55	3	2	1
B	< 35	6	1	5
	35–45	7	3	4
	45–55	8	2	6
	> 55	7	3	4
C	< 35	2	2	0
	35–45	3	3	0
	45–55	3	3	0
	> 55	2	1	1

Skróty jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.

Do określenia liczby osób mówiących podniesionym głosem przyjęto kryterium zgodne z PN-EN ISO 9921 [8]. W normie podano przedziały poziomu natężenia głosu normalnego i podniesionego. Normalne obciążenie narządu głosu występuje podczas mówienia, kiedy poziom natężenia głosu – czyli średni poziom dźwięku A głosu określany w odległości 1 m od ust mówiącego – jest niższy niż 66 dB. Jeśli poziom natężenia głosu jest równy tej wartości lub wyższy od niej, następuje tzw. podnoszenie głosu, czyli nadmierne obciążenie narządu głosu.

W niniejszym artykule jako wartość kryterialną (maksymalną dopuszczalną) przyjęto więc poziom natężenia głosu równy 65 dB. W zastosowanej metodzie wartość poziomu natężenia głosu określana jest na podstawie wartości modu o większej wartości poziomu dźwięku A wyliczanego dla jednej próbki. Wartość modu o mniejszej wartości określa poziom dźwięku A tła akustycznego.

Badania przeprowadzono w warunkach normalnie prowadzonych zajęć, dlatego żaden z lektorów nie był badany w więcej niż 1 sali. U każdego z rozpatrywanych 50 lektorów badania przeprowadzono w czasie 10–14 zajęć (łącznie 656 próbek). Wyniki badań ze względu na różne właściwości akustyczne sal analizowano oddzielnie dla każdej z 3 grup sal.

Do osób mówiących głosem podniesionym zaliczono te osoby, u których poziom natężenia głosu (średni poziom dźwięku A głosu) był równy lub przekraczał 66 dB. Mimo że badania przeprowadzono u 50 lektorów podczas normalnych zajęć nie można tej grupy uznać za reprezentatywną, ponieważ w warunkach rzeczywistych większość badanych sal nie spełnia kryterium maksymalnego czasu pogłosu (które, jak wykazano dalej, ma wpływ na poziom natężenia głosu [5,15–21]). Z tego powodu liczbę osób mówiących głosem podniesionym określono niezależnie w 3 rozpatrywanych grupach sal (A–C). W populacji lektorów procent lektorów mówiących głosem podniesionym będzie więc zbliżony do wyników uzyskanych dla sal z grupy C, ponieważ w warunkach rzeczywistych większość sal nie jest przystosowana do prezentacji słownych.

W artykule podano także wyniki pomiarów zależności poziomu natężenia głosu od poziomu ciśnienia tła akustycznego.

WYNIKI

Na rycinie 1. podano wyniki pomiarów średniego oraz minimalnego i maksymalnego poziomu natężenia głosu każdego z 50 lektorów. Można zauważyć, że w grupie badanych średni poziom natężenia głosu wynosił 58–70 dB. Lektorzy mówili zmieniając poziom natężenia głosu. Maksymalna różnica wartości poziomu natężenia głosu lektora wynosiła 0,5–16 dB.

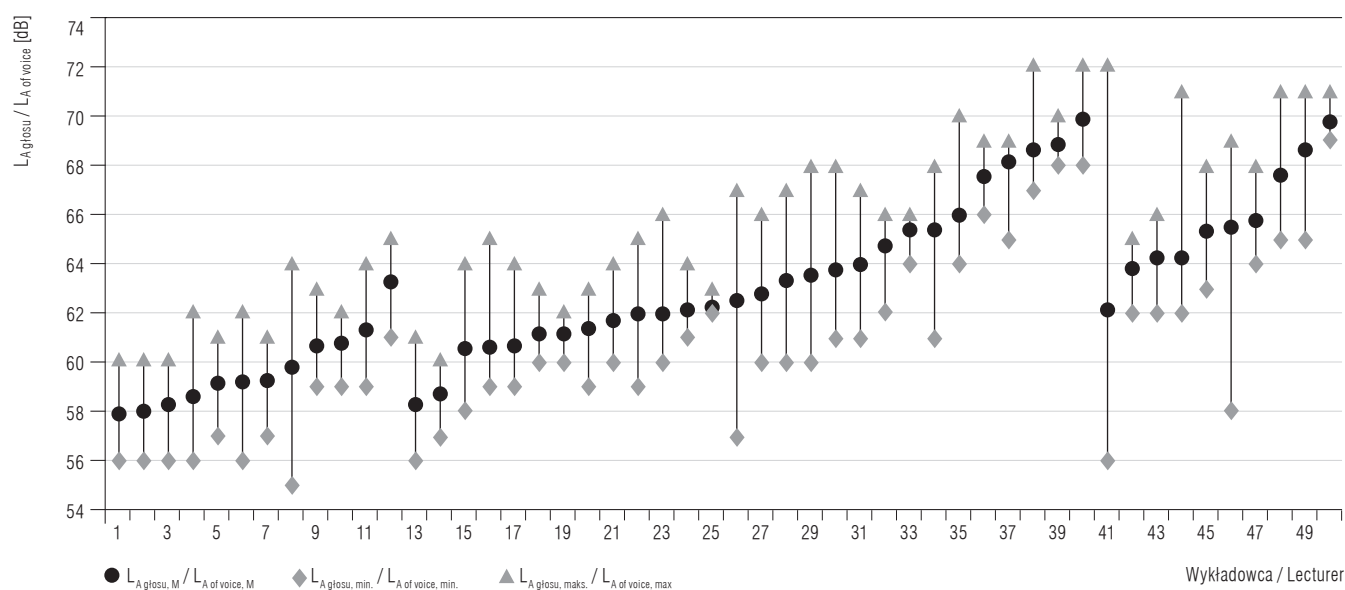
W tabeli 3. podano, ilu lektorów w poszczególnych salach mówiło ze średnim natężeniem głosu równym lub większym 66 dB (tzn. podniesionym głosem). Można zauważyć, że większa liczba lektorów mówiła takim głosem w salach o większym czasie pogłosu.

W salach, w których właściwości akustyczne były dobre (grupa A – wartości czasu pogłosu znacznie

Tabela 3. Lektorzy mówiący podniesionym głosem o średnim natężeniu ≥ 66 dB

Table 3. Lectors using raised voice with vocal intensity level of average value ≥ 66 dB

Grupa i numer sal Group and no. of rooms	Badani mówiący podniesionym głosem Respondents using raised voice [%]
A	0
I	0
II	0
III	0
B	21
IV	0
V	10
VI	38
C	60
VII	50
VIII	100
IX	50
X	50



M – mean / średnia, min. – wartość minimalna / minimal value, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value.

Ryc. 1. Średni, minimalny i maksymalny poziom natężenia głosu lektorów ($L_{A \text{ głosu, } M}$, $L_{A \text{ głosu, min}}$, $L_{A \text{ głosu, maks}}$)

Fig. 1. Average, minimum and maximum vocal intensity level of each lecturer ($L_{A \text{ of voice, } M}$, $L_{A \text{ of voice, min}}$, $L_{A \text{ of voice, max}}$)

mniejsze od wartości kryterialnych) nie stwierdzono przypadków mówienia przez lektorów podniesionym głosem (średni poziom natężenia głosu nie przekraczał 65 dB). W salach, w których właściwości akustyczne były na granicy odpowiednich i nieodpowiednich (grupa B – wartości czasu pogłosu na granicy wartości kryterialnych), ok. 21% lektorów mówiło podniesionym głosem. Z kolei w salach, w których właściwości akustyczne były nieodpowiednie (grupa C – wartości czasu pogłosu znacznie przekraczały wartości kryterialne), podniesionym głosem mówiło 60% lektorów.

Jednocześnie można zauważyć, że wraz ze wzrostem wieku lektorów rośnie procent osób mówiących głosem podniesionym (poza grupą osób powyżej 55 lat) (tab. 4). Z powodu za małej liczby osób w poszczególnych grupach wiekowych (tab. 2) nie przeprowadzono analizy pod względem wieku i płci lektorów.

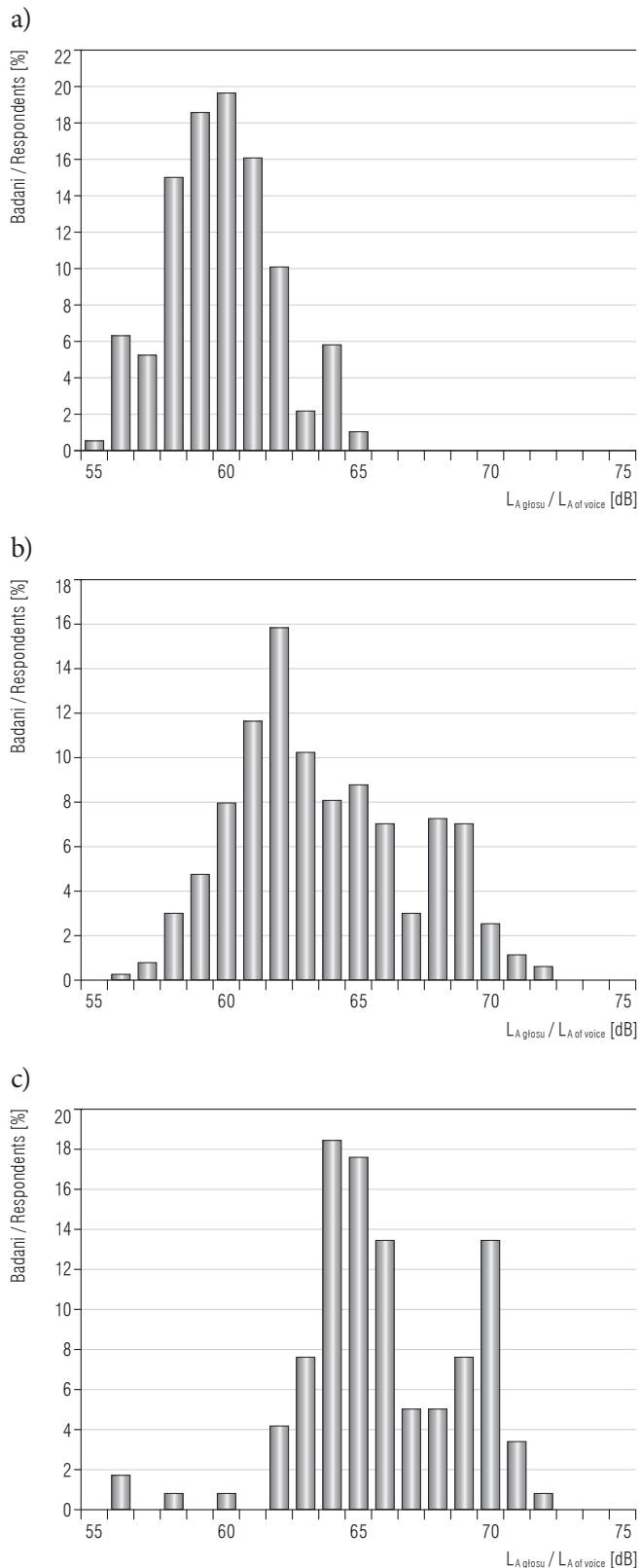
Na rycinie 2. pokazano rozkład poziomu natężenia głosu lektorów w salach z grup o różnych właściwościach akustycznych. W salach z grupy A najwięcej jest pomiarów z wynikiem poziomu natężenia głosu wynoszącym 60 dB, w salach z grupy B – 62 dB, a w salach z grupy C – 64–66 dB i 70 dB.

Jak pokazują wyniki przedstawione na rycinie 3., większy poziom dźwięku A tła akustycznego wiąże się z większym poziomem natężenia głosu lektorów (efekt Lombarda).

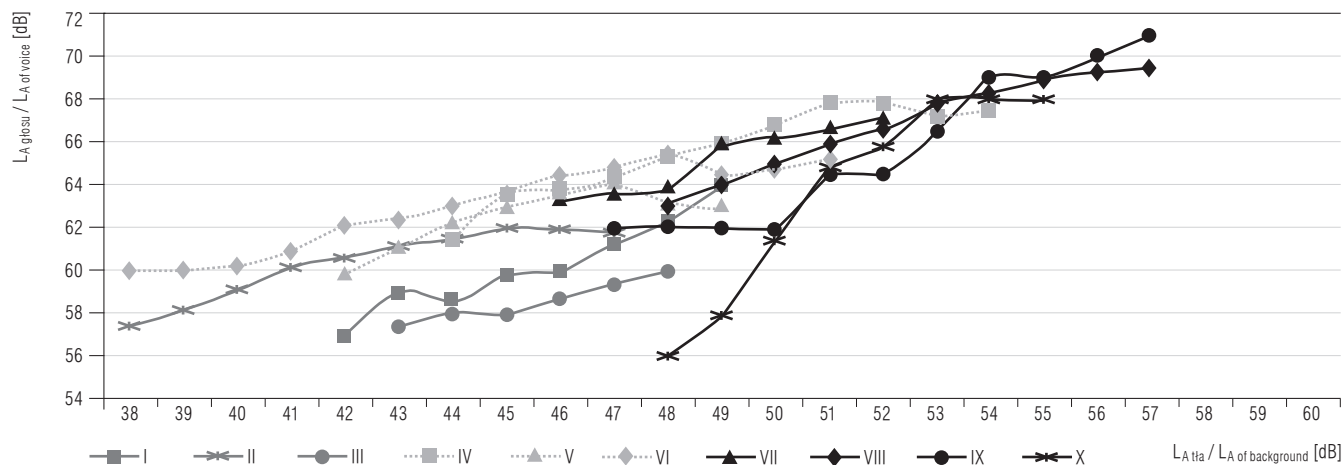
Na rycinie 4. podano wyniki badań wszystkich (N = 656) próbek – poziomu natężenia głosu oraz poziomu dźwięku A tła akustycznego. Ponieważ wartości obu parametrów są całkowite, duża część próbek ma takie same wartości. Z tego powodu na rycinie oznaczono te próbki jednym znacznikiem. Nachylenie linii regresji liniowej wszystkich wyników pomiarów wynosi 0,67, tzn. podwyższeniu poziomu dźwięku A tła akustycznego o 1 dB towarzyszy podwyższenie poziomu natężenia głosu o 0,67 dB.

Tabela 4. Wiek lektorów mówiących podniesionym głosem o średnim natężeniu ≥ 66 dB
Table 4. Age of lectors using raised voice with vocal intensity level of average value ≥ 66 dB

Wiek badanych [w latach] Age of respondents [years]	Badani mówiący podniesionym głosem Respondents using raised voice [%]
≤ 35	10,0
36–45	28,6
46–55	35,7
> 55	16,7

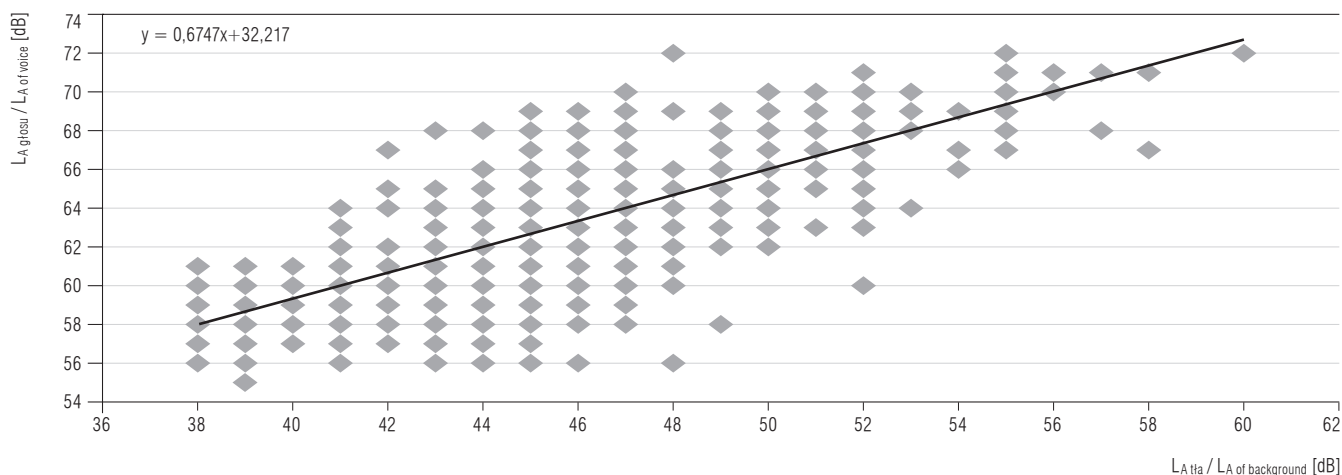


Ryc. 2. Poziom natężenia głosu (L_A głosu) lektorów w salach o różnych właściwościach akustycznych: a) grupa A, b) grupa B, c) grupa C
Fig. 2. Lectors' vocal intensity level (L_A of voice) in rooms with different acoustic properties: a) group A, b) group B, c) group C



I-X – numery sal / no. of rooms, M – mean / średnia.

Ryc. 3. Średni poziom natężenia głosu lektorów ($L_{A \text{ głosu}, M}$) i średni poziom dźwięku A tła akustycznego ($L_{A \text{ tła}, M}$) w poszczególnych salach
Fig. 3. Average lecturers' vocal intensity level ($L_{A \text{ of voice}, M}$) and average A-weighted sound pressure level of background noise ($L_{A \text{ of background}, M}$) in individual rooms



Ryc. 4. Poziom natężenia głosu ($L_{A \text{ głosu}}$) i poziom dźwięku A tła akustycznego ($L_{A \text{ tła}}$)
Fig. 4. Measurements of vocal intensity levels ($L_{A \text{ of voice}}$) and A-weighted sound pressure level of background noise ($L_{A \text{ of background}}$)

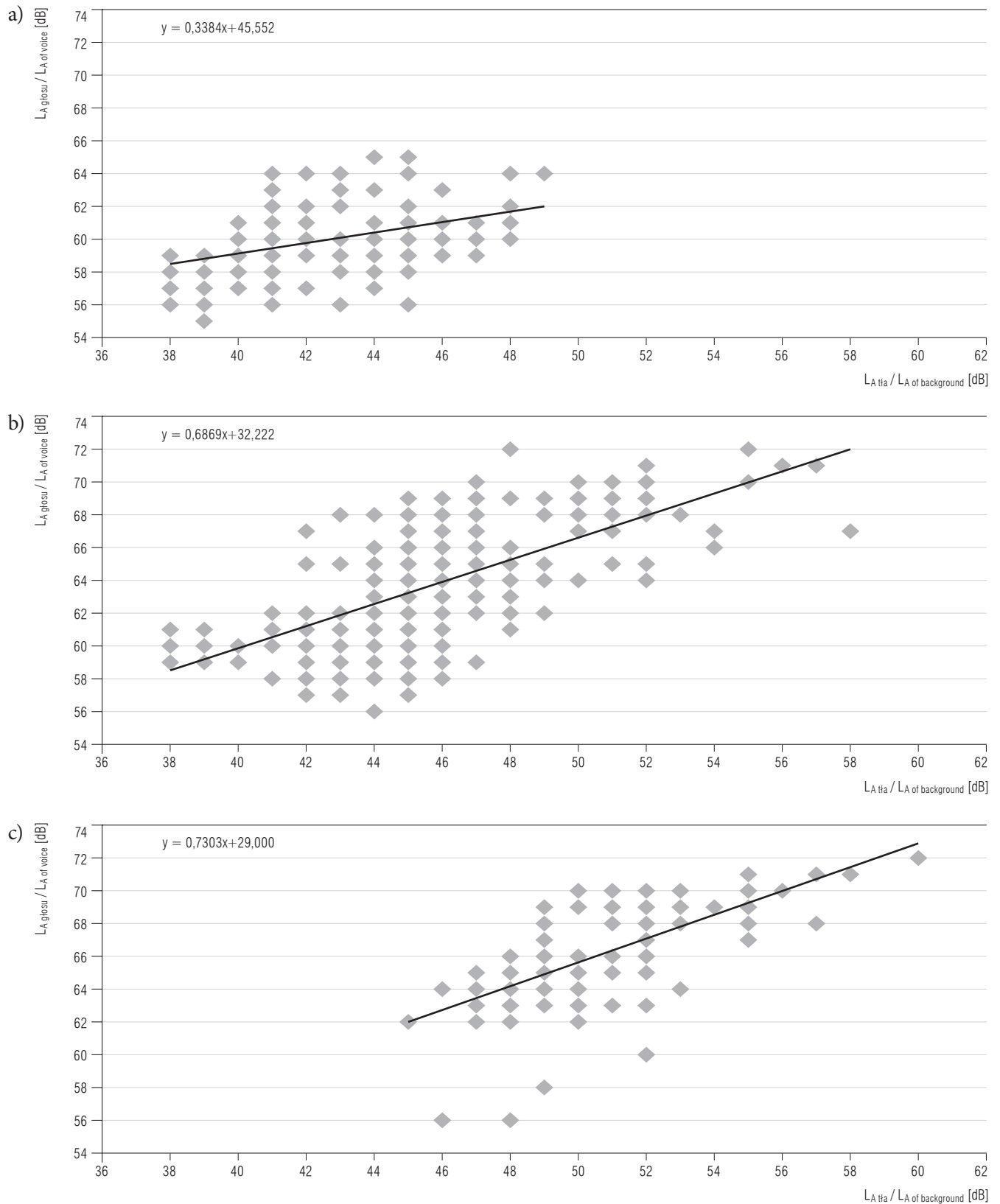
Na rycinie 5. podano wyniki badań poziomu natężenia głosu oraz poziomu dźwięku A tła akustycznego przeprowadzonych w grupach sal o różnych właściwościach akustycznych. Także w tym przypadku większe wartości poziomu dźwięku A tła akustycznego wiążą się z większymi wartościami poziomu natężenia głosu lektorów (efekt Lombarda). Nachylenie linii regresji liniowych wyników pomiarów dla sal z grupy A wynosi 0,34, z grupy B – 0,69, a z grupy C – 0,73.

OMÓWIENIE

W badaniach poziomu natężenia głosu podczas normalnych zajęć lektorów wzięło udział 50 lektorów pracujących w 10 salach do prezentacji słownych (łącznie

nie 656 próbek pomiarowych składających się z poziomu natężenia głosu i powiązanego z nim poziomu dźwięku A tła akustycznego, ryc. 1 i 4). Wyniki potwierdzają efekt Lombarda polegający na wzroście natężenia głosu mówiącego przy wzroście hałasu tła akustycznego [4,5,11,14–16,18,22–24]. Poziom natężenia głosu lektorów przedstawiony na rycinie 1. świadczy zarówno o dużym zróżnicowaniu poziomu natężenia głosu lektorów (58–70 dB), jak i dużej różnicy wyników próbek każdego z lektorów (największa różnica poziomu natężenia głosu lektora to 16 dB).

Mimo że poziom natężenia głosu lektorów zawiera się w dosyć szerokim zakresie (55–72 dB), lektorzy najczęściej mówili głosem o poziomie natężenia ok. 62 dB. Efekt Lombarda można także zaobserwować na rycinie



Ryc. 5. Poziom natężenia głosu ($L_{A \text{ glosu}}$) i poziom dźwięku A tła akustycznego ($L_{A \text{ tła}}$) w grupach sal o różnych właściwościach akustycznych: a) grupa A, b) grupa B, c) grupa C

Fig. 5. Vocal intensity levels ($L_{A \text{ of voice}}$) and A-weighted sound pressure level of background noise ($L_{A \text{ of background}}$) in groups of lecture rooms with different acoustic properties: a) group A, b) group B, c) group C

nie 5., na której przedstawiono wyniki pomiarów w układzie współrzędnych takim jak na rycinie 4., ale z osobnym podaniem wyników dla grup sal. Podobnie jak na rycinie 2. wykresy dla sal z grupy A (spełniających wymagania) są w lewej dolnej ćwiartce wykresu, tzn. w wymienionych salach stwierdzono najmniejsze wartości poziomu natężenia głosu i najmniejsze wartości poziomu tła akustycznego. Z kolei wykresy dla sal grupy C (niespełniających wymagań) znajdują się w większości w prawej górnej ćwiartce ryciny, tzn. występują w nich największe wartości poziomu natężenia głosu i największe wartości poziomu tła akustycznego.

W warunkach rzeczywistych większość sal lekcyjnych i wykładowych [15–21] ma warunki akustyczne klasyfikujące je do grupy sal C (za duży czas pogłosu). Należy więc szacunkowo przyjąć (wg tabeli 3), że w populacji ogólnej ok. 60% lektorów mówi podniesionym głosem. Wniosek ten potwierdzają opublikowane wyniki badań [np. 5], zgodnie z którymi takim głosem mówi 61% lektorów.

W niniejszej publikacji weryfikowano efekt Lombarda oraz tezę o istnieniu relacji między poziomem natężenia głosu lektorów a właściwościami akustycznymi sal lekcyjnych i wykładowych. Efekt wpływu właściwości akustycznych sal na poziom natężenia głosu lektorów pokazują wyniki pomiarów podane w tabeli 2. i 3. Wynika z nich, że w salach z krótkim czasem pogłosu żaden z lektorów nie musi podnosić głosu. W salach z dużym czasem pogłosu 2 na 3 lektorów musi podnosić głos, czyli nadmiernie obciążają oni narząd głosu. Efekt ten można zaobserwować na rycinie 2. W salach o krótkim czasie pogłosu poziom natężenia głosu najczęściej wynosi 60 dB, natomiast w salach o za dużym czasie pogłosu – 64–65 dB i 70 dB. Dowodzi to znacznego wpływu akustyki sal na natężenie głosu wykładowców.

W obejmującym ok. 200 pozycji przeglądzie literatury na temat zwiększenia poziomu natężenia głosu lektorów zależnie od zwiększającego się poziomu dźwięku A tła akustycznego [25] podano, że wraz ze wzrostem poziomu dźwięku A tła akustycznego o 1 dB poziom natężenia głosu zwiększa się o ok. 0,5 dB. Według innych publikacji, np. Bradleya, przyrost ten wynosi 0,82 dB [26]. Zależność tych parametrów pokazano w niniejszej publikacji na rycinach 4. i 5. Parametr „a” linii regresji określa, o ile rośnie poziom natężenia głosu lektorów w przypadku wzrostu poziomu dźwięku A tła akustycznego o 1 dB. Wynosi on 0,67 dla wszystkich wyników, natomiast dla sal z grupy A – 0,34, z grupy B – 0,69 i z grupy C – 0,73. Wynika z tego, że istnieje zależność zarówno między poziomem natężenia głosu a poziomem dźwięku A tła

akustycznego, jak i między poziomem natężenia głosu a właściwościami akustycznymi sal (np. określanymi czasem pogłosu).

Przyrost poziomu natężenia głosu przy wzroście poziomu dźwięku A tła akustycznego o 1 dB wynosi 0,2 dla poziomu dźwięku A tła akustycznego o wartości 50 dB, a 0,5 dla poziomu dźwięku A tła akustycznego o wartości 80 dB [25]. Można więc tę tendencję powiązać z wynikami uzyskanymi dla grup sal A, B i C, jeśli weźmie się pod uwagę występujące w nich poziomy dźwięku A tła akustycznego (ryc. 1). Związek między poziomem natężenia głosu lektorów a czasem pogłosu potwierdza część doniesień literaturowych [14,15,25,27]. Autorzy innej publikacji podają, że skrócenie czasu pogłosu o połowę skutkuje zmniejszeniem natężenia głosu o 6 dB [25]. Inni badacze podjęli nawet próbę określenia bardziej skomplikowanej relacji, w której poziom natężenia głosu lektora zależy od poziomu dźwięku A tła akustycznego, czasu pogłosu, objętości pomieszczenia (która również wpływa na czas pogłosu) i innych parametrów [27]. Opublikowano również doniesienie niepotwierdzające tego efektu [24].

Reasumując, wyniki badań przedstawione w niniejszym artykule potwierdzają istnienie związku między właściwościami akustycznymi sal a poziomem natężenia głosu. Związek ten wynika prawdopodobnie z pośredniego wpływu właściwości akustycznych pomieszczeń na poziom dźwięku A tła akustycznego, który z kolei wpływa na poziom natężenia głosu lektorów.

Na podstawie wyników badań przedstawionych w tabeli 4. można stwierdzić, że wraz z wiekiem rośnie odsetek lektorów mówiących z większym poziomem natężenia głosu. Ponieważ badania przeprowadzono z udziałem 50 lektorów w warunkach rzeczywistych, autor nie dokonywał szczegółowej analizy wyników z podziałem na płeć lektorów i grupy wiekowe. Tak podzielone grupy byłyby bowiem za mało liczne do przeprowadzenia analizy.

WNIOSKI

Wielkość efektu Lombarda – określanego przyrostem poziomu natężenia głosu lektora w przypadku zwiększenia poziomu dźwięku A tła akustycznego – zależy od akustycznych właściwości sal. W salach o krótkim czasie pogłosu (spełniających wymagania akustyczne) efekt wynosił 0,34, a w salach o średnim i długim czasie pogłosu – ok. 0,7. Stwierdzono, że różnica w poziomie natężenia głosu lektora (różnica wartości próbek tego samego lektora) rosła, kiedy warunki akustyczne

sal do prezentacji słownych były coraz gorsze (zwiększający się czas pogłosu). W salach o krótkim czasie pogłosu (znacznie krótszym niż maksymalny dopuszczalny) nie stwierdzono podnoszenia głosu przez lektorów (jednocześnie hałas tła był najmniejszy). W salach, w których czas pogłosu znacznie przekraczał maksymalny dopuszczalny dla sal do prezentacji słownych (większość sal, w których prowadzi się zajęcia edukacyjne), ok. 60% lektorów podnosiło głos.

Wyniki badań wskazują, że jednym ze sposobów zmniejszenia natężenia głosu lektorów jest adaptowanie sal w sposób, który pozwala zmniejszyć czas pogłosu i hałas tła akustycznego.

PODZIĘKOWANIA

Autor dziękuje Pani mgr inż. Izabeli Warmiak z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego za pomoc w wykonaniu badań.

PIŚMIENNICTWO

1. Gębska M., Wojciechowska A., Żyżniewska-Banaszak E.: Zasady i metody rehabilitacji chorych z zawodowymi zaburzeniami głosu. *Ann. Acad. Med. Stetin.* 2011;57(2):78–84
2. Śliwińska-Kowalska M., Niebudek-Bogusz E., Pawlaczek-Łuszczynska M., Zamysłowska-Szmytke E., Kotyło P., Dudarewicz A. i wsp.: Zasady orzekania o predyspozycjach zawodowych do pracy w narażeniu na hałas lub nadmierny wysiłek głosowy oraz diagnostyka i profilaktyka chorób narządu słuchu i narządu głosu. Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Warszawa 2011
3. Gębska M., Wojciechowska A., Weber-Nowakowska K., Żyżniewska-Banaszak E.: Podstawy higieny narządu głosu w pracy nauczycieli i wykładowców. *Bezpiecz. Pr.* 2013;2:18–21
4. Jónsdóttir V.I.: The voice an occupational tool. A study of teacher's classroom speech and the effects of amplification. University of Tampere, Tampere 2003
5. Kristiansen J., Lund S., Persson R., Shibuya H., Nielsen P., Scholz M.: A study of classroom acoustics and school teachers' noise exposure, voice load and speaking time during teaching, and the effects on vocal and mental fatigue development. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 2014;87(8):851–860, <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-014-0927-8>
6. Niebudek-Bogusz E., Woźnicka E., Zamysłowska-Szmytke E., Śliwińska-Kowalska M.: Correlation between acoustic parameters and voice handicap index. *Folia Phoniatr. Logop.* 2010;62(1–2):55–60, <http://dx.doi.org/10.1159/000239064>
7. Åhlander V., Rydell R., Löfqvist A.: Speaker's comfort in teaching environments: Voice problems in Swedish teaching staff. *J. Voice* 2011;25(4):430–440, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.12.006>
8. PN-EN ISO 9921:2005. Ergonomia – Ocena porozumiewania się mową. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2005
9. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2009 r. w sprawie chorób zawodowych. *DzU* z 2009 r. nr 105, poz. 869
10. Cutiva C., Burdorf A.: Factors associated with voice-related quality of life among teachers with voice complaints. *J. Commun. Disord.* 2014;52:134–142, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2014.05.003>
11. Mikulski W., Jakubowska I.: Wyniki badań zmniejszenia natężenia głosu nauczycieli oraz zmniejszenia hałasu tła akustycznego w salach lekcyjnych po wykonaniu adaptacji akustycznej. *Bezpiecz. Pr.* 2013;6:10–12
12. PN-B-02151-4:2015-06. Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2015
13. PN-EN ISO 3382-2:2010. Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń – Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2010
14. Hodgson M.R., Rempel R., Kennedy S.: Measurement and prediction of typical speech and background-noise levels in university classrooms during lectures. *J. Acoust. Soc. Am.* 1999;105:226–233
15. Mikulski W., Jakubowska I.: Efekt Lombarda w salach lekcyjnych o zróżnicowanych właściwościach akustycznych – wyniki badań własnych. W: Leniowska L., Brański A. [red.]. *Postępy akustyki*. Polskie Towarzystwo Akustyczne, Rzeszów 2013, ss. 442–447
16. Mikulski W.: Wyniki badań wpływu adaptacji akustycznych sal lekcyjnych na jakość komunikacji werbalnej. *Med. Pr.* 2013;64(2):207–215
17. Radosz J., Mikulski W.: Ocena właściwości akustycznych pomieszczeń pracy nauczycieli na przykładzie wybranych szkół podstawowych. *Bezpiecz. Pr.* 2012;6:16–19
18. Mikulski W., Radosz J.: Acoustics of classrooms in primary schools – Results of the reverberation time and the speech transmission index assessments in selected buildings. *Arch. Acoust.* 2011;36(4):777–794, <http://dx.doi.org/10.2478/v10168-011-0052-6>

19. Augustyńska D., Kaczmarska A., Mikulski W., Radosz J.: Assessment of teachers' exposure to noise in selected primary schools. *Arch. Acoust.* 2010;35(4):521–542, <http://dx.doi.org/10.2478/v10168-010-0040-2>
20. Augustyńska D., Kaczmarska A., Mikulski W., Radosz J.: Ocena narażenia na hałas nauczycieli na przykładzie 3 szkół podstawowych w Warszawie. *Bezpiecz. Pr.* 2012;2:16–19
21. Radosz J.: Global index of the acoustic quality of classrooms. *Arch. Acoust.* 2013;38(2):159–168, <http://dx.doi.org/10.2478/aoa-2013-0018>
22. Astolfi A., Puglisi G.E., Pavese L.: Long-term vocal parameters of primary school teachers and classroom acoustics with and without an acoustical treatment. *Proceedings of the 7th Forum Acusticum*. 7–12 września 2014; Kraków, Poland. Elsevier, Amsterdam 1996 [cytowany 2 grudnia 2014]. Adres: http://www.fa2014.agh.edu.pl/fa2014_cd/article/RS/R03C_3.pdf
23. Pelegrin-Garcia D., Brunskog J.: Speakers' comfort and voice level variation in classrooms: Laboratory research. *J. Acoust. Soc. Am.* 2012;132(1):249–260, <http://dx.doi.org/10.1121/1.4728212>
24. Kristiansen J., Lund S.P., Persson R., Nielsen P.M., Scholz M.: A field study of school teachers' noise exposure, teachers' speech levels and duration of speech during classroom teaching. *Proceedings of the Baltic-Nordic Acoustic Meeting*. 18–20 czerwca 2012; Odense, Denmark [cytowany 2 grudnia 2014]. Adres: http://www.bnam2012.com/papers/Kristiansen_39.pdf
25. Nijs L., Saher K., den Ouden D.: Effect of room absorption on human vocal output in multitalker situations. *J. Acoust. Soc. Am.* 2008;123(2):803–813, <http://dx.doi.org/10.1121/1.2821410>
26. Sato H., Bradley J.: Evaluation of acoustical conditions for speech communication in active elementary school classrooms. *J. Acoust. Soc. Am.* 2008;123(4):2064–2077, <http://dx.doi.org/10.1121/1.2839283>
27. Whitlock J., Dodd G.: Classroom acoustics – Reverberation and the cafe effect... is the Lombard effect the key? *Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics*. 2–7 września 2007; Madrid, Spain [cytowany 2 grudnia 2014]. Adres: http://www.sea-acustica.es/WEB_ICA_07/fchrs/papers/rba-04-006.pdf