

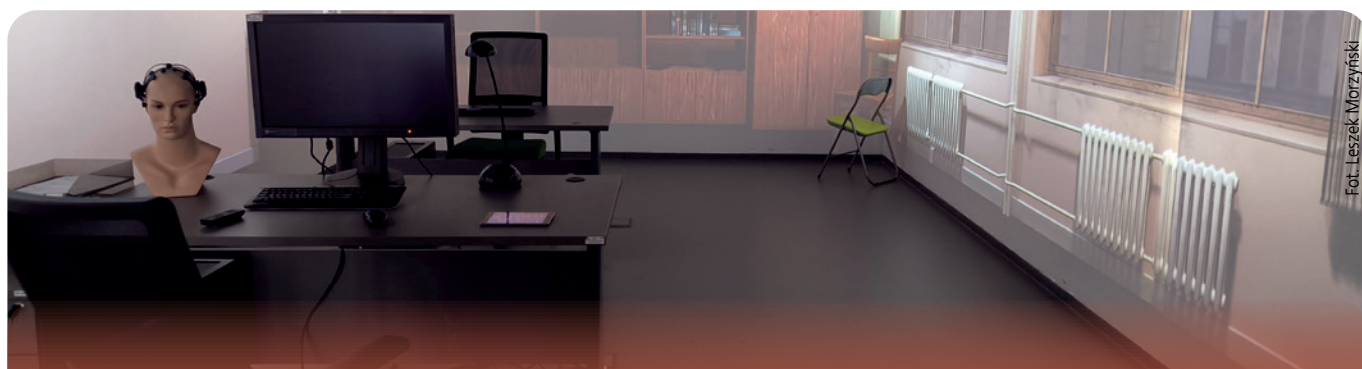


Stanowiska do badań wpływu interakcji audiowizualnych na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracowników biurowych

Leszek Morzyński^{a,b} (ORCID: 0000-0003-3534-3284)

Rafał Młyński^a (ORCID: 0000-0002-0500-0638)

Grzegorz Szczepański^a (ORCID: 0000-0003-0390-1624)



Na stanowiskach pracy umysłowej, np. w pracy biurowej, istotnym zagadnieniem jest uciążliwość warunków pracy, które mogą negatywnie wpływać na samopoczucie i koncentrację uwagi, a tym samym – na wydajność pracowników. Czynnikiem uciążliwym na stanowisku pracy biurowej może być hałas – pochodzący od wyposażenia budynku lub ze źródeł zewnętrznych – lub otoczenie wizualne. Najnowsze badania wskazują, że interakcje pomiędzy otoczeniem wizualnym a dźwiękiem mogą zmniejszać poczucie uciążliwości wywoływane przez jeden z tych czynników, a to otwiera możliwość proaktywnego kształtowania przyjaznych warunków pracy. Konieczne są jednak dalsze badania w tym zakresie. W artykule przedstawiono metodykę badań wpływu interakcji audiowizualnych na uciążliwość warunków pracy i jej efektywność, które są realizowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym (CIOP-PIB). Opisano budowę dwóch stanowisk laboratoryjnych, wykorzystywanych w tych badaniach. Pierwsze jest zlokalizowane w pomieszczeniu semi-CAVE, umożliwiającym tworzenie wirtualnego biura, a drugie – w komorze do badań akustycznych, zapewniającej wierne odtwarzanie dźwięku przestrzennego. Ponadto omówiono techniki tworzenia otoczenia audiowizualnego na tych stanowiskach oraz sposoby ich wykorzystania w prowadzonych badaniach.

Słowa kluczowe: uciążliwość hałasu, interakcje audiowizualne, praca biurowa, semi-CAVE, ambisonia

Stations for testing the impact of audiovisual interactions on the the perception of annoyance of working conditions and the efficiency of office workers

In intellectual work stands, such as office work, the annoyance of working conditions is a significant issue, as they can negatively impact well-being and concentration, and thus employee productivity. An annoyance factor in an office workstation can be noise – originating from building equipment or external sources – or the visual environment. Recent research indicates that interactions between the visual environment and sound can reduce the perception of annoyance caused by one of these factors, opening up the possibility of proactively shaping favorable working conditions. However, further research is needed in this area. This article presents a methodology for research on the impact of audiovisual interactions on the annoyance of working conditions and work efficiency, conducted at the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute (CIOP-PIB). The construction of two laboratory stations used in this research is described. The first is located in a semi-CAVE room, enabling the creation of a virtual office, and the second is located in an acoustic chamber, ensuring accurate reproduction of spatial sound. In addition, techniques for creating an audiovisual environment at these sites and ways of using them in research are discussed.

Keywords: noise annoyance, audiovisual interactions, office work, semi-CAVE, ambisonics

^a Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

^b Kontakt: l.morzynski@ciop.pl.

Wstęp

Hałas, który powszechnie występuje w środowisku pracy [1], ma szkodliwe działanie dla słuchu przy wysokich poziomach ciśnienia akustycznego [1–3], a przy znacznie niższych poziomach ciśnienia akustycznego może niekiedy wywoływać u ludzi pozasłuchowe skutki [2–4]. Uciążliwy hałas jest stresorem powodującym pogorszenie koncentracji uwagi (a w konsekwencji spadek jakości i wydajności pracy) oraz przyczyniającym się do rozwoju różnego rodzaju chorób związanych ze stresem, takich jak choroba nadciśnieniowa czy nerwice [2–4].

Stresorami w środowisku pracy mogą być również niekorzystne bodźce wizualne. Wykazano, że istnieje bezpośrednia korelacja pomiędzy zdolnością do wykonywania pracy przez pracownika a otaczającym go środowiskiem wizualnym i jego barwą [5]. Różna kolorystyka np. ścian wewnątrz pomieszczeń biurowych może mieć korzystne efekty, takie jak zwiększenie wydajności pracy, poprawa czujności, wyostrenie percepcji czy lepsza koncentracja, lub wywoływać wzrost frustracji, długofalowo większe zmęczenie czy (w przypadku niektórych barw) zmniejszenie wydajności pracy.

Zagadnienie uciążliwości warunków pracy jest istotne zwłaszcza na stanowiskach pracy wymagających koncentracji uwagi. Są to przede wszystkim stanowiska pracy umysłowej – naukowej, edukacyjnej czy biurowej – których szacunkowa liczba w Polsce osiąga nawet kilkaset tysięcy. Dla osób wykonujących swoje obowiązki na tych stanowiskach pracy źródłem uciążliwości może być zarówno hałas – pochodzący od wyposażenia technicznego budynku (np. instalacji wentylacyjnej czy klimatyzacyjnej), źródeł znajdujących się wewnątrz pomieszczeń pracy (m.in. od drukarek, komputerów i innych urządzeń) oraz od osób (np. od dźwięku rozmów), a także od źródeł zewnętrznych (np. maszyn i urządzeń pracujących na zewnątrz pomieszczeń, zakładów przemysłowych emitujących hałas do środowiska, ruchu pojazdów – hałas komunikacyjny), jak i otoczenie wizualne (bezpośrednie oddziaływanie może pochodzić np. od elementów wystroju pomieszczenia).

Poziom bodźców powodujących reakcję stresową jest często poniżej wartości normatywnych, określających wielkość ekspozycji na dany czynnik czy wielkość emisji danego czynnika. O uciążliwości hałasu decyduje nie tylko jego poziom ciśnienia akustycznego, lecz także np. zmienność w czasie czy struktura częstotliwościowa [6]. W niektórych przypadkach dalsze ograniczanie poziomu

ciśnienia akustycznego hałasu w celu ograniczenia jego uciążliwości okazuje się technicznie niemożliwe lub ekonomicznie nieuzasadnione, a wtedy trzeba poszukać innych rozwiązań tego problemu.

W ostatnich latach w literaturze naukowej pojawiły się opisy prac badawczych, których wyniki wskazują, że interakcje pomiędzy otoczeniem wizualnym pracownika a docierającym do niego dźwiękiem mogą zmniejszać uciążliwości powodowane przez jeden z tych czynników działających niezależnie [7–11]. Stwarza to możliwości proaktywnego kształtowania warunków pracy umysłowej poprzez wprowadzanie odpowiednich zmian w wizualnej lub dźwiękowej warstwie otoczenia. Szczególną rolę mogą tu odgrywać obrazy i dźwięki odwzorowujące naturę. Udowodniono naukowo, że nawet krótkotrwałe obcowanie z naturą czy ze środowiskiem zbliżonym do naturalnego wpływa (w wybranych aspektach) pozytywnie na samopoczucie, redukcję stresu i koncentrację osób przebywających w takich warunkach. Stało się to podstawą tzw. projektowania biofilicznego [12], stawiającego na pierwszym miejscu umacnianie relacji człowieka ze środowiskiem naturalnym poprzez wprowadzanie do przestrzeni otaczającej człowieka elementów naturalnych lub inspirowanych naturą. Szerzej zagadnienia te omówiono w artykule poświęconym projektowaniu biofilicznemu [13]. Należy jednak zaznaczyć, że dostępne obecnie wyniki badań na temat związku pomiędzy interakcjami audiowizualnymi a samopoczuciem i sprawnościami psychofizycznymi człowieka wyczerpują tę tematykę w niewielkim stopniu i konieczne są dalsze badania, aby zidentyfikować elementy środowiska audiowizualnego mające pozytywny wpływ na człowieka i określić stopnia tego wpływu. Z tego względu w CIOP-PIB podjęto prace badawcze dotyczące wpływu interakcji audiowizualnych na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy. Celem artykułu jest omówienie zagadnień związanych z przygotowaniem i funkcjonowaniem stanowisk laboratoryjnych niezbędnych do realizacji tych badań.

Badania wpływu interakcji audiowizualnych na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy

Realizowanie w CIOP-PIB badania wpływu interakcji audiowizualnych na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy koncentrują się na stanowiskach pracy biurowej. W badaniach uciążliwości warunków pracy zostaną

wykorzystane znane i powszechnie stosowane kwestionariusze ankietowe, takie jak skala Grandjeana, umożliwiające subiektywną ocenę obciążenia psychicznego, zmęczenia, zmian poziomu sprawności psychofizycznej, pobudzenia, nastroju czy obciążenia pracą. Z kolei do oceny wydajności pracy zostaną wykorzystane narzędzia komputerowe z Wiedeńskiego Systemu Testów, zwłaszcza test Cognitronne, badający uwagę i koncentrację, oraz test N-Back Verbal, badający sprawność pamięci roboczej, czyli cech istotnych dla wydajności pracy biurowej. W celu oceny wpływu interakcji audiowizualnych na uciążliwość warunków pracy i wydajność pracy badania te muszą być wykonywane w odpowiednio dobranym otoczeniu audiowizualnym o cechach środowiska pracy biurowej, przy czym do celów porównawczych konieczne jest stworzenie wielu różnych kombinacji takich środowisk – reprezentujących zarówno pozytywne, jak i negatywne cechy każdego z nich. Ocena zależności statystycznych pomiędzy cechami środowiska pracy a wynikami badań ankietowych i testów komputerowych wymaga oczywiście zapewnienia kontrolowanych i stałych warunków badań przez cały czas trwania eksperymentów, co trudno osiągnąć w rzeczywistym środowisku pracy. Z tego względu badania zaplanowano do przeprowadzenia w warunkach laboratoryjnych, na specjalnie przygotowanych dwóch stanowiskach badawczych, na których odtwarzane będą warunki lub cechy środowiska pracy biurowej. Takie podejście pozwala na łatwe i w pełni powtarzalne odtwarzanie wybranych cech wizualnych i akustycznych środowiska pracy. Pierwsze stanowisko badawcze, zlokalizowane w laboratorium semi-CAVE, umożliwia odwzorowywanie przede wszystkim otoczenia wizualnego, natomiast drugie stanowisko, usytuowane w komorze do badań akustycznych, służy do odtwarzania dźwięku przestrzennego środowiska pracy.

Odwzorowywanie otoczenia wizualnego na stanowisku badawczym w laboratorium semi-CAVE

Laboratoria (pomieszczenia) typu CAVE umożliwiają odwzorowywanie otoczenia wizualnego w postaci wyświetlanych obrazów na wszystkich powierzchniach tego pomieszczenia, co daje efekt zanurzenia w rzeczywistości wirtualnej (ang. *virtual reality* – VR) bez konieczności używania gogli VR, które mogłyby negatywnie wpływać na wyniki realizowanych



Fot. 1. Stanowisko badawcze w laboratorium semi-CAVE (fot. Leszek Morzyński)
 Photo 1. Research stand in the semi-CAVE laboratory (photo: Leszek Morzyński)

badan. Odtwarzanie obrazów również na podłodze i suficie wymaga jednak pomieszczenia o specjalnej konstrukcji i z odpowiednim wyposażeniem technicznym, a to wiąże się z dużymi kosztami. Rozwiązaniem pośrednim są pomieszczenia typu semi-CAVE, w których obrazy odwzorowywane są tylko na ścianach, z pominięciem podłogi i sufitu. Biorąc pod uwagę, że podłoga i sufit w biurze zazwyczaj nie podlegają większym zmianom, instalacja semi-CAVE zapewnia dobre wirtualne odwzorowanie otoczenia wizualnego w większych pomieszczeniach i przy zredukowanym koszcie.

Laboratorium semi-CAVE CIOP-PIB [15, 16], w którym zlokalizowano stanowisko badawcze, jest prostopadłościennym pomieszczeniem o wymiarach podłogi $8,6 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}$ i wysokości 6 m , w którym projekcja obrazów jest realizowana poprzez rzutowanie bezpośrednie obrazu na cztery ściany z wykorzystaniem sześciu projektorów obrazu. Projektory są umieszczone $3,8 \text{ m}$ nad podłogą i pozwalają na projekcję obrazu o wysokości $2,8 \text{ m}$. Pomieszczenie jest wyposażone w system nagłośnienia, zawierający głośniki umieszczone w części podsufitowej. Komputer odpowiedzialny za sterowanie obrazem został wyposażony w trzy wydajne karty graficzne – każda z nich obsługuje dwa rzutniki. Do wyświetlania na ścianach odpowiednio przygotowanych obrazów

wykorzystywane jest autorskie oprogramowanie CIOPViewer, które umożliwia również kalibrację torów wizyjnych semi-CAVE.

Realizacja omawianych badań wymaga zaprojektowania wirtualnego środowiska biurowego (pomieszczenia), które da się modyfikować poprzez dodawanie lub usuwanie elementów mogących wpływać na postrzeganie tego środowiska oraz na odczucia i wydajność pracy osoby zanurzonej w wykreowanej rzeczywistości. Projekt ten musi poprawnie odwzorowywać perspektywę pomieszczenia z miejsca obserwacji, tj. z miejsca, w którym będzie się znajdowała osoba badana (przy jednym z rzeczywistych biurk znajdujących się w laboratorium). Bardzo ważnym elementem, wpływającym na realizm całej sceny, jest również prawidłowe odwzorowanie widoków za oknem wirtualnego biura. Z tego względu w programach graficznych zamodelowano trójwymiarowy obraz biura wraz z jego otoczeniem zewnętrznym. Najpierw w programie do tworzenia grafiki 3D (Blender) opracowano bazowy model biura, który następnie przeniesiono do tzw. silnika Unreal. Jest to program stworzony pierwotnie z myślą o projektowaniu gier, a obecnie powszechnie wykorzystuje się go do tworzenia grafik i animacji trójwymiarowych. W silniku Unreal podstawowy model pomieszczenia biurowego uzupełniono

o niezbędne wyposażenie wewnętrzne, tekstury i świat zewnętrzny (widok za oknem) oraz wygenerowano rzuty poszczególnych obrazów z perspektywy osoby siedzącej w pomieszczeniu biurowym. Obrazy te są wyświetlane na ścianach laboratorium semi-CAVE.

W ramach prac przygotowawczych do badań opracowano kilka różnych wizualizacji pomieszczenia biurowego, w tym pomieszczenia ciemnego, z widokiem na ponurą dzielnicę przemysłową i wyposażonego w stare meble oraz biura jasnego, kolorowego, z widokiem na park. Elementy wirtualnego biura w pomieszczeniu laboratoryjnym uzupełniono o elementy rzeczywistego wyposażenia – biurka, krzesła i komputery – aby zwiększyć realizm odwzorowania. Przykładowy widok stanowiska badawczego dla wybranej wizualizacji pomieszczenia biurowego przedstawiono na fot. 1. Stanowisko dla osoby biorącej udział w badaniach znajduje się przy biurku widocznym na pierwszym planie.

Aby zbadać wpływ interakcji audiowizualnych na uciążliwość warunków pracy w laboratorium semi-CAVE, oprócz otoczenia wizualnego potrzebny jest jeszcze drugi z komponentów badanego środowiska, czyli dźwięk. Laboratorium semi-CAVE ma system odtwarzania dźwięku, złożony m.in. z głośników rozmieszczonych pod sufitem pomieszczenia, jednak



Fot. 2. Stanowisko badawcze do odtwarzania dźwięku przestrzennego (fot. Leszek Morzyński)
 Photo 2. Research stand for spatial sound reproduction (photo: Leszek Morzyński)

w realizowanych badaniach nie można go wykorzystać, ponieważ zainstalowane w laboratorium projektory obrazu są wyposażone w wentylatory chłodzące, które są źródłem szumu. Generowany przez nie hałas jest niewielki (poziom dźwięku A nie przekracza 45 dB) i nie stanowi problemu przy badaniach dotyczących jedynie warstwy wizualnej, jednak w zaplanowanych eksperymentach będą wykorzystywane dźwięki o zbliżonych poziomach dźwięku A i niekiedy podobne do szumu od wentylatorów lub identyczne (dźwięki będące hałasem). To oznacza, że hałas generowany przez wentylatory miałby istotny wpływ na wyniki badań. Z tego powodu zdecydowano, że sygnały dźwiękowe w laboratorium semi-CAVE będą odtwarzane w słuchawkach. Wybrano słuchawki zamknięte, o dużym tłumieniu dźwięków zewnętrznych, wyposażone dodatkowo w skuteczne układy aktywnej redukcji hałasu, by ograniczyć ewentualny wpływ hałasu wentylatorów na wyniki badań. Podobnie jak w przypadku otoczenia wizualnego wykreowane środowisko dźwiękowe obejmuje dźwięki nieprzyjemne i uciążliwe (np. hałas urządzeń klimatyzacyjnych, hałas uliczny, dźwięki wydawane przez

sprzęt komputerowy) oraz dźwięki przyjemne (np. odgłosy padającego deszczu lub płynącej wody, śpiew ptaków).

Stanowisko laboratoryjne do odtwarzania dźwięku przestrzennego w komorze do badań akustycznych

Stanowisko laboratoryjne do odtwarzania dźwięku przestrzennego jest zlokalizowane w komorze do badań akustycznych CIOP-PIB (izolowanej akustycznie i adaptowanej pod kątem uzyskania niskiego czasu pogłosu) i zajmuje ok. 1/3 jej powierzchni. Poziom dźwięku A tła akustycznego w komorze nie przekracza 20 dB, a czas pogłosu jest krótszy niż 0,2 s. Stanowisko to umożliwia odtwarzanie dźwięku przestrzennego zarejestrowanego w technice ambisonicznej z zachowaniem kierunków dochodzenia dźwięku, zapewniając realizm otoczenia akustycznego. W skład stanowiska laboratoryjnego wchodzi 19 głośników, w tym 17 monitorów studyjnych Avantone Mix-Cube i dwa głośniki niskotonowe Nexo LS 600. Głośniki ustawione są w kształt

półsfery o promieniu 2 m, w środku której przebywa osoba biorąca udział w badaniach. Do odtwarzania dźwięku na stanowisku wykorzystywany jest pakiet oprogramowania Rapture 3D, zawierający konfigurator matrycy głośników i odtwarzacz. W konfiguratorze matrycy wprowadzone są informacje o układzie przestrzennym głośników służących do odtwarzania dźwięku przestrzennego. Na tej podstawie program tworzy dekodery ambisoniczny, który w odtwarzaczu służy do dekodowania dźwięku zapisanego w formacie ambisonicznym do postaci odpowiadającej poszczególnym kanałom systemu odtwarzania tego dźwięku. Oprogramowanie akceptuje różne formaty ambisonicznego zapisu dźwięku.

Na potrzeby badań stanowisko laboratoryjne do odtwarzania dźwięku przestrzennego należało rozbudować o aparaturę umożliwiającą prezentację otoczenia wizualnego. Przyjęto, że będą to wielkoformatowe wyświetlacze, umieszczone w taki sposób, aby mogły tworzyć rodzaj wirtualnego okna. Aby osiągnąć jak najlepsze wrażenia wzrokowe, przyjęto, że powinny to być wyświetlacze wielkoformatowe o dużej rozdzielczości (8K).

Problemem do rozwiązania było ustawienie wyświetlaczy na stanowisku laboratoryjnym. Powinny się one znajdować poza sferą wyznaczaną przez głośniki, aby nie zaburzać wytwarzanego pola akustycznego. Ekrany zostały umieszczone blisko siebie na granicy sfery wyznaczonej przez głośniki – tak, żeby stworzyć wrażenie istnienia w tym miejscu okna. Pośrodku stanowiska urządzono stanowisko pracy biurowej – przodem do ekranów ustawiono niewielkie biurko i krzesło (fot. 2). W trakcie prowadzonych badań, w celu zwiększenia realizmu i poczucia obecności osoby na stanowisku biurowym, górne oświetlenie komory akustycznej będzie wyłączone, a zostanie zastosowane lokalne oświetlenie stanowiska pracy biurowej, tak żeby osoba badana mogła się lepiej skupić na widoku z wirtualnego okna i nie rozpraszała widokiem otaczającej komory. Podobnie jak w przypadku stanowiska semi-CAVE na potrzeby stanowiska badawczego do odtwarzania dźwięku przestrzennego również przygotowano odpowiednie próbki graficzne reprezentujące widoki za oknem oraz próbki dźwiękowe tworzące otoczenie akustyczne. Próbkę graficzne obejmują zarówno nieatrakcyjne wizualnie widoki terenów przemysłowych, jak i urokliwe widoki przyrodnicze. Próbkę dźwiękową dobraćno w taki sam sposób jak w laboratorium

semi-CAVE, przy czym dźwięki są odtwarzane z zachowaniem kierunku ich dochodzenia do odbiorcy. Dobrane obrazy i dźwięki umożliwiają stworzenie ich różnych kombinacji (np. przyjemny dźwięk – przyjemny obraz, przyjemny dźwięk – nieprzyjemny obraz itd.), co umożliwi zbadanie wpływu ich interakcji na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy.

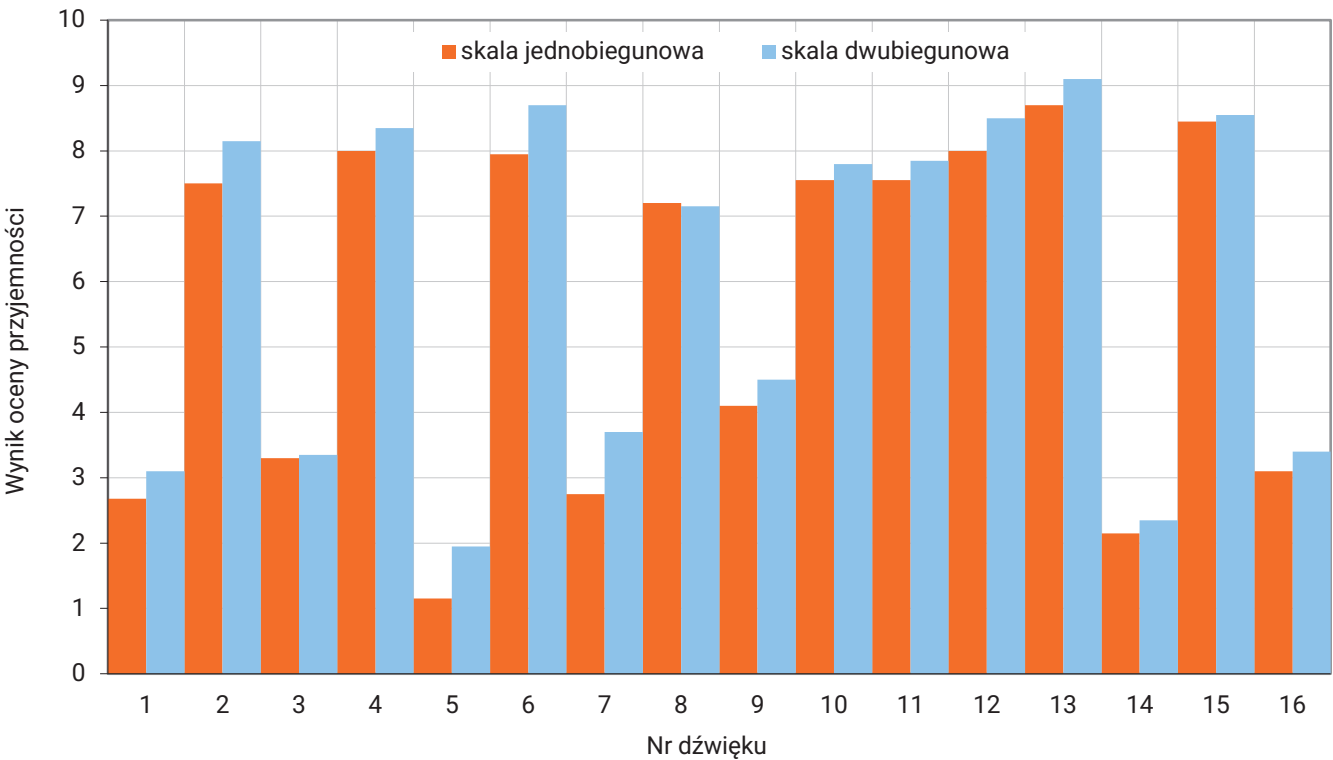
Badania przyjemności bodźców dźwiękowych i wizualnych

Jak wskazano wcześniej, zbadanie wpływu interakcji audiowizualnych na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy wymaga zastosowania bodźców dźwiękowych i wizualnych o różnym charakterze: przyjemnym, neutralnym i nieprzyjemnym. Poczucie przyjemności/nieprzyjemności danego bodźca jest kwestią subiektywną. Z tego względu pierwszy etap badań zrealizowanych na opisanych stanowiskach laboratoryjnych dotyczył oceny przyjemności przygotowanych na potrzeby badań próbek dźwiękowych i wizualnych. W ramach badań ocenie poddano osiem wizualizacji pomieszczeń biurowych na stanowisku laboratoryjnym semi-CAVE oraz 69 obrazów i 16 dźwięków na stanowisku

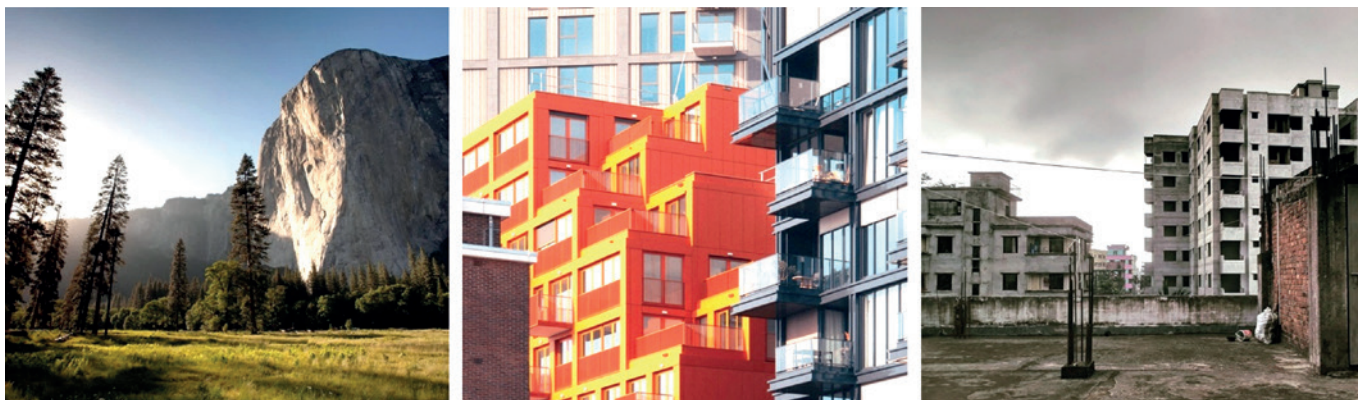
Tabela 1. Dźwięki przygotowane na potrzeby realizowanych badań poddane ocenie ich przyjemności/nieprzyjemności
Table 1. Sounds prepared for the research purposes subjected to an assessment of their pleasantness/unpleasantness

Lp.	Oceniany dźwięk
1.	Szum różowy
2.	Szum fal morskich
3.	Praca biurowa
4.	Ptaki (egzotyczne) nad jeziorem
5.	Szum biały
6.	Mały potok górski
7.	Wentylatory szafy sterowniczej typu rack
8.	Ptaki i żaby nad jeziorem
9.	Odgłosy miasta i ruch uliczny (z daleka)
10.	Duża górską rzeką
11.	Deszcz, kapiąca woda
12.	Ptaki (egzotyczne) w parku
13.	Ptaki na wsi
14.	Wentylatory projektorów obrazu
15.	Żaby nad jeziorem, nocą
16.	Ruch uliczny na dużym skrzyżowaniu

laboratoryjnym do odtwarzania dźwięku przestrzennego. W tab. 1 zamieszczono wykaz dźwięków poddawanych ocenie. W tym zbiorze znalazły się dźwięki pochodzenia naturalnego oraz dźwięki o pochodzeniu antropogenicznym, charakterystyczne dla środowiska biurowego. Ten zestaw uzupełniono o dwa dźwięki generowane w sposób sztuczny i wykorzystywane powszechnie w badaniach



Rys. 1. Wyniki oceny dźwięków w skali jedno- i dwubiegunowej dla równoważnego poziomu dźwięku A wynoszącego 45 dB, otrzymane podczas badań na stanowisku laboratoryjnym do odtwarzania dźwięku przestrzennego
Fig. 1. Sound evaluation results on a unipolar and bipolar scale for an equivalent A-weighted sound pressure level of 45 dB, obtained during tests on a laboratory stand for reproducing surround sound



Fot. 3. Obrazy, które podczas badań przeprowadzonych na stanowisku do odtwarzania dźwięku przestrzennego uczestnicy ocenili jako (w kolejności od lewej): najbardziej przyjemne, neutralne i najbardziej nieprzyjemne (fot.: Adam Kool, Maxime Galliot, Abdullah Miraz – Unsplash)

Photo 3. Images that participants rated as (in order from left): most pleasant, neutral, and most unpleasant during tests conducted on a surround sound reproduction stand (photo: Adam Kool, Maxime Galliot, Abdullah Miraz – Unsplash)



Rys. 2. Obrazy tworzące wizualizację pomieszczenia biurowego, którą uczestnicy badania ocenili jako najbardziej przyjemną

Fig. 2. Images creating a visualization of the office space that study participants rated as the most pleasant

akustycznych: szum różowy i szum biały. Ponieważ na odbiór dźwięku jako przyjemny lub nieprzyjemny może wpływać nie tylko jego charakter, lecz także poziom ciśnienia akustycznego, próbki dźwiękowe oceniano przy odtwarzaniu z dwoma różnymi równoważnymi poziomami dźwięku A: 40 dB i 45 dB. Z tego względu dźwięki do oceny były prezentowane w dwóch seriach, z naprzemiennie ustalonym równoważnym poziomem dźwięku A.

W badaniach wzięło udział 20 osób, które oceniały przyjemność prezentowanych próbek dźwiękowych i wizualnych za pomocą dwóch 11-stopniowych skal: jednobiegunowej (oceny od „0 – wcale nie przyjemny” do „10 – niezwykle przyjemny”) i dwubiegunowej (oceny od „-5 – niezwykle nieprzyjemny” do „5 – niezwykle przyjemny”). Obrazy i dźwięki oceniano najpierw według jednej, a następnie według drugiej skali, a kolejność skal dobierano losowo. W celu porównania wyników z obu skal wyniki ze skali dwubiegunowej unormowano do przedziału wartości 0–10.

Przedstawione na wykresie (rys. 1) przykładowe wyniki oceny przyjemności próbek dźwiękowych (numeracja dźwięków jest zgodna z numeracją w tab. 1) otrzymano dla równoważnego poziomu dźwięku A wynoszącego 45 dB i przy zastosowaniu obu skal oceny (jedno- i dwubiegunowej). Jako najbardziej przyjemną uczestnicy badań wskazali próbkę dźwiękową zawierającą śpiew ptaków, który można usłyszeć na polskiej wsi (dźwięk nr 13). Jako najbardziej nieprzyjemny uczestnicy ocenili natomiast dźwięk wygenerowany sztucznie, czyli szum biały (dźwięk nr 5). Dźwiękiem pochodzenia antropogenicznego, który został oceniony jako najmniej przyjemny, był dźwięk wytwarzany przez wentylatory projektorów obrazu (dźwięk nr 14). Dźwiękami, które otrzymały ocenę najbardziej zbliżoną do neutralnej, były odgłosy miasta i ruchu ulicznego słyszane z dalszego dystansu (dźwięk nr 9).

Podobnie jak w przypadku dźwięków przeprowadzone badania pozwoliły na zidentyfikowanie obrazów i wizualizacji, które zdaniem uczestników były najprzyjemniejsze, neutralne i najmniej

przyjemne. Na fot. 3 zaprezentowano obrazy wskazane – w toku badań na stanowisku laboratoryjnym do odtwarzania dźwięku przestrzennego – jako najprzyjemniejsze, neutralne i najmniej przyjemne, a na rys. 2 – obrazy rzutowane na ściany laboratorium semi-CAVE, tworzące wizualizację pomieszczenia biurowego uznaną przez uczestników za najbardziej przyjemną.

Podsumowanie

Środowisko wizualne i akustyczne mają istotny wpływ na samopoczucie i wydajność pracowników, zwłaszcza na stanowiskach pracy umysłowej. Z tego względu projektowanie przestrzeni biurowych powinno uwzględniać te czynniki oraz interakcję między nimi, aby stworzyć optymalne warunki pracy. Badania nad wpływem otoczenia na warunki pracy wymagają odpowiednich metod i narzędzi. Opisane w artykule stanowiska badawcze umożliwiają odwzorowywanie zróżnicowanego środowiska pracy biurowej

w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych na potrzeby badań wpływu interakcji audiowizualnych na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy. Wnioski z realizowanych badań posłużą do opracowania wytycznych wspomagających projektowanie biur sprzyjających dobremu samopoczuciu pracowników i ich wysokiej efektywności. Takie podejście do projektowania środowiska pracy powinno się przyczynić do ograniczenia skutków zdrowotnych nadmiernego stresu w środowisku pracy.

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Projekt nr III.PN.12 pt. „Wpływ interakcji audiowizualnych w środowisku pracy na poczucie uciążliwości warunków pracy i wydajność pracy”. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Koradecka D. (red.), *Bezpieczeństwo i higiena pracy*, Warszawa: CIOP-PIB, 2008.
- [2] Basner M. i in., *Auditory and non-auditory effects of noise on health*, „The Lancet”, 2014, 383: 1325–1331.
- [3] Themann Ch.L., Masterson E.A., *Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 2019, 146(5): 3879–3905.
- [4] Basner M. i in., *ICBEN review of research on the biological effects of noise 1011–2014*, „Noise & Health”, 2015, 17(75): 57–82.
- [5] Zużewicz K., Wolska A., *Wpływ charakterystyki widmowej światła sztucznego na aktywność dobową i poziom senności pracowników zmianowych*, „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka”, 2014, 12: 18–22.
- [6] Radosz J., Rejman M., *Hałas tonalny w środowisku pracy: przegląd badań oraz możliwości przeprowadzenia oceny w aspekcie uciążliwości*, [w:] D. Bismor, *Postępy akustyki*, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Oddział Górnośląski, 2017, s. 707–718.
- [7] Asakura T. i in., *Effect of immersive visual stimuli on the subjective evaluation of the loudness and annoyance of sound environments in urban cities*, „Applied Acoustics”, 2019, 143: 141–150.
- [8] Ma H., Shu S., *An experimental study: The restorative effect of soundscape elements in a simulated open-plan office*, „Acta Acustica united with Acustica”, 2018, 104: 106–115.
- [9] Preis A. i in., *Audio-visual interaction of environmental noise*, „Noise Control Engineering Journal”, 2016, 64: 36–45.
- [10] Haapakangas A., Hongisto V., Oliva D., *Audio-visual interaction in perception of industrial plants – Effects of sound level and the degree of visual masking by vegetation*, „Applied Acoustics”, 2020, 160: 107121.
- [11] Ma H., Shu S., *An experimental study: The restorative effect of soundscape elements in a simulated open-plan office*, „Acta Acustica united with Acustica”, 2018, 104: 106–115.
- [12] Wilson E.O., *Biophilia*, Cambridge: Harvard University Press, 1986; doi: 10.4159/9780674045231.
- [13] Podleśna M., Morzyński L., *Audiowizualne środowisko pracy. Czy odpowiedni dźwięk i obraz mogą sprzyjać poprawie warunków pracy?*, „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka”, 2024, 10: 10–13.
- [14] Baschera P., Grandjen E.P., *Effect of repetitive task with different degrees of difficulty on critical fusion frequency (CFF) and subjective state*, „Ergonomics”, 1979, 22(4): 377–385.
- [15] Wiselka M., Sawicki D., Wolska A., *Podstawowe problemy realizacyjne instalacji Semi-Cave*, „Przegląd Elektrotechniczny”, 2018, 1(11): 142–147; doi: 10.15199/48.2018.11.32.
- [16] Sawicki D. i in., *Semi-Cave as an Example of Multimedia Dedicated to Study the Impact of Audiovisual Environment on Human Psychophysiology*, Proceedings of the International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications – CHIRA, 2017.

POLECAMY

NR 3(125) 2025

**W najnowszym numerze
m.in. artykuły dotyczące:**

- diizocyjanianów
- 1,4-dioksanu
- 1-winylo-2-pirolidonu.

**Zapraszamy do bezpłatnego
publikowania w naszym czasopiśmie.**

Więcej na stronie:
https://www.ciop.pl/pimosp_strona

Podstawy
i Metody
Oceny
Środowiska
Pracy

kwartalnik

Nr 3(125)

CIOP  PIB

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy