

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA  
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY**

**mgr inż. arch. Karolina Warzocha**

**ARCHITEKTURA SAL PRÓB W SZKOŁACH MUZYCZNYCH  
ORAZ JEJ WPŁYW NA AKUSTYKĘ WNĘTRZ**

**rozprawa doktorska**

**promotor:**

**dr hab. inż. arch. Andrzej K. Kłosak, prof. PK**

**KRAKÓW 2023**



***mojemu Mężowi***





*Autorka rozprawy pragnie w tym miejscu podziękować wszystkim,  
dzięki którym ta praca powstała.*

*W szczególności dziękuję promotorowi pracy  
**profesorowi Andrzejowi K. Kłosakowi** za poświęcony czas,  
długie merytoryczne dyskusje, cierpliwość przy wyjaśnianiu  
zagadnień akustycznych oraz przekazaną wiedzę.*

***Profesorowi Wacławowi Serudze** dziękuję za opiekę promotorską  
w początkowym etapie pisania pracy, cenne wskazówki i okazaną pomoc.*

*Moim **Rodzicom i Teściom** dziękuję za wsparcie i ich poświęcenie  
w celu umożliwienia mi pisania tej pracy.*

*Mojemu **mężowi Jakubowi** dziękuję za ciągłą mobilizację,  
poświęcenie i cierpliwość.*

*Autorka*



# SPIS TREŚCI

<b>Rozdział I</b>	<b>Geneza, cel, zakres i metodologia oraz teza pracy</b>	11
1.1.	Geneza pracy	11
1.2.	Główny cel i zadania	17
1.3.	Zakres opracowania	18
1.3.1.	Ograniczenia funkcjonalne	18
1.3.2.	Ograniczenia czasowe	19
1.3.3.	Ograniczenia terytorialne	19
1.4.	Teza pracy	19
1.5.	Metodologia i układ pracy	20
DO		
<b>Rozdział II</b>	<b>Stan badań</b>	23
2.1.	Relacje między architekturą i akustyką w obiektach użyteczności publicznej – przegląd literatury	23
2.2.	Relacje między architekturą i akustyką w obiektach dedykowanych muzyce – przegląd literatury	25
2.3.	Relacje między architekturą i akustyką w projektowaniu sal prób muzycznych - przegląd literatury	28
2.3.1.	Izolacyjność akustyczna przegród sal prób muzycznych	28
2.3.2.	Wielkość sal prób muzycznych	35
2.3.3.	Akustyka pomieszczenia a jego przeznaczenie	48
2.3.4.	Niepożądane zjawiska akustyczne we wnętrzu	54
<b>Rozdział III</b>	<b>Kryteria oceny sal prób muzycznych</b>	65
3.1.	Kryteria oceny jakości <i>architektonicznej</i> sal prób muzycznych	67
3.2.	Kryteria oceny jakości <i>akustycznej</i> sal prób muzycznych	76
3.3.	Podsumowanie - zestawienie kryteriów oceny jakości architektonicznej i kryteriów oceny jakości akustycznej wraz ze skalami ocen	89

<b>Rozdział IV</b>	<b>Analiza możliwości kształtowania sal prób muzycznych i ich klasyfikacja</b> .....	91
4.1.	Kryteria doboru przykładów sal prób wybranych do analizy.....	91
4.2.	Sale prób indywidualnych – analiza i klasyfikacja.....	94
4.3.	Sale prób małych zespołów muzycznych – analiza i klasyfikacja.....	127
4.4.	Sale prób dużych zespołów muzycznych – analiza i klasyfikacja.....	156
4.5.	Podsumowanie możliwości kształtowania sal prób muzycznych i ich klasyfikacji.....	168
<b>Rozdział V</b>	<b>Analiza wpływu wybranych parametrów funkcjonalno - przestrzennych na poziom komfortu akustycznego w salach prób muzycznych</b> .....	173
5.1.	Wpływ kształtu sali prób na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu.....	174
5.2.	Wpływ kubatury i sposobu wykończenia przegród sali prób na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu - wstępne założenia.....	191
5.3.	Wpływ kubatury i sposobu wykończenia przegród sal prób indywidualnych na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu.....	194
5.4.	Wpływ kubatury i sposobu wykończenia przegród sal prób małych zespołów muzycznych na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu.....	211
5.5.	Podsumowanie analizy wpływu wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych na poziom komfortu akustycznego w salach prób muzycznych.....	225
<b>Rozdział VI</b>	<b>Podsumowanie i wnioski</b> .....	229
6.1.	Podsumowanie i wnioski końcowe.....	229
6.2.	Proponowane kierunki dalszych badań.....	234
<b>Rozdział VII</b>	<b>Literatura, spis ilustracji</b> .....	235
7.1.	Literatura.....	235
7.2.	Lista aktów prawnych.....	243
7.3.	Lista norm .....	244
7.4.	Lista dokumentów niestanowiących aktów prawnych.....	245

7.5.	Spis ilustracji.....	246
7.6.	Spis tabel.....	250
7.7.	Spis wykresów.....	254
7.8.	Spis histogramów.....	256

Załącznik 1	Muzyka jako hałas w miejscu pracy i nauki - przegląd literatury.
Załącznik 2	Autorska analiza wzoru współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ).
Załącznik 3	Ankieta – analiza danych, interpretacja i wnioski.
Załącznik 4	Częstotliwość 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między modami w salach prób muzycznych.
Załącznik 5	Kod źródłowy programu w języku JAVA, wykorzystany do wyznaczenia wartości współczynnika FSI dla danych wymiarów pomieszczenia.
Załącznik 6	Wyznaczenie kubatury i wymiarów sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym.
Załącznik 7	Autorska metoda doboru materiałów wykończeniowych wewnątrz sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym.
Załącznik 8	Autorska metoda modelowania sylwetek użytkowników sal prób muzycznych wraz z instrumentami muzycznymi; ustawienia użytkowników w sali prób muzycznych.
Załącznik 9	Wpływ kierunkowości instrumentu muzycznego oraz obecności nauczyciela gry na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu.
Załącznik 10	Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych przed i po adaptacji akustycznej.
Załącznik 11	Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób małych zespołów muzycznych przed i po adaptacji akustycznej.



# Rozdział I

## Geneza, cel, zakres i metodologia oraz teza pracy.

### 1.1. Geneza pracy.

Pomysł na temat pracy doktorskiej narodził się podczas uczestniczenia w pracach nad projektem adaptacji akustycznej sal prób muzycznych w jednej z krakowskich publicznych szkół muzycznych. Zgodnie z projektem architektonicznym zrealizowano osiem sal o rzucie w kształcie okręgu, przeznaczonych na próby wokalne, muzyczne i zajęcia teoretyczne. Kształty sal i ich kubatura wygenerowały niepożądane zjawisko ogniskowania dźwięku. Konieczny był dodatkowy projekt adaptacji akustycznej tych pomieszczeń, co zwiększyło koszt inwestycji oraz opóźniło oddanie obiektu do użytku.

Przegląd istniejącej literatury i opracowań dowiódł, że brak jest pozycji podejmujących problem kształtowania sal prób muzycznych z punktu widzenia architekta i akustyka równocześnie. Architekci opracowujący koncepcję budynku zawierającego w swoim planie funkcjonalnym sale prób muzycznych, często nie są świadomi jakie konsekwencje dla komfortu akustycznego użytkowników wnętrza będą miały podjęte przez nich decyzje. Nie zdają sobie sprawy jak zmiana nawet jednego parametru funkcjonalno-przestrzennego<sup>1</sup> pomieszczenia może polepszyć lub pogorszyć jego parametry akustyczne.

Problem ten jest szczególnie widoczny w pracach konkursowych na opracowanie koncepcji architektoniczno-urbanistycznej szkół muzycznych lub innych obiektów przeznaczonych do kreowania muzyki. W Polsce w ciągu ostatnich 10-ciu lat ogłoszono i zrealizowano kilka tego typu konkursów architektonicznych. Na podstawie przeprowadzonej analizy materiałów udostępnionych przez organizatorów poszczególnych konkursów, można wywnioskować, że jedynym narzuconym parametrem dotyczącym sal prób muzycznych, jest ich powierzchnia zawarta w programie funkcjonalnym budynku. Z punktu widzenia akustyki jest to parametr mało istotny, czysto ergonomiczny. Powstaje zatem pytanie, czy sugerowane powierzchnie sal są wystarczające do uzyskania odpowiedniej jakości akustycznej w ich wnętrzach.

Rozmowy przeprowadzone z osobami decydującymi w sprawach programów funkcjonalnych i projektów architektonicznych nowych obiektów muzycznych, wykazały brak świadomości u tych osób możliwości polepszenia warunków użytkowania tego typu pomieszczeń. Wynika to z braku wiedzy z zakresu akustyki, a dokładnie wpływu architektury na akustykę wnętrz. Autorka zauważyła tendencję do powielania dawnych schematów układów funkcjonalnych wynikających z czysto ergonomicznych i ekonomicznych obliczeń. Obecnie wiedza na temat akustyki wnętrz i jej wpływu na komfort użytkowania

---

<sup>1</sup> Pod pojęciem „parametry funkcjonalno-przestrzenne” autorka rozumie między innymi powierzchnię, kubaturę, wysokość oraz proporcje sali prób muzycznych.

pomieszczenia oraz zdrowie użytkowników, jest znacznie większa. Z tego względu autorka uznała za konieczne sprawdzenie możliwości kształtowania i poddanie ocenie istniejących sal prób muzycznych, na podstawie przeprowadzonej w tym celu analizy stanu badań, uwzględniając również najnowsze pozycje naukowe z zakresu architektury i akustyki sal dedykowanych muzyce.

Dlaczego sale prób muzycznych są tak istotne?

Pierwszą kwestią, którą należy poruszyć jest wpływ muzyki na ludzki organizm, a dokładnie odpowiedź na pytanie: czy muzyka może być "hałasem"? Encyklopedia PWN<sup>2</sup> definiuje "hałas" jako "dźwięk niepożądany, którego działanie może być uciążliwe lub szkodliwe dla człowieka". Według Słownika Języka Polskiego<sup>3</sup> hałas to "dźwięk niepożądany lub szkodliwy dla zdrowia ludzkiego". Potocznie mówi się o hałasie jako o "dźwięku nieprzyjemnym". O ile muzyki nie można nazwać "dźwiękiem niepożętym" czy "nieprzyjemnym", ponieważ jest ona intencjonalnym produktem i celem pracy artystów, o tyle jej szkodliwość dla zdrowia osób zawodowo związanych z muzyką, została wielokrotnie potwierdzona [Jansen (2009), Phillips (2008 a, 2008 b, 2010), Pawlaczyk-Łuszczynska (2013, 2017), Stadio (2018), Schmidt (2019), Pietrzak (2021)]. Oznacza to, że w przypadku ryzyka ekspozycji wykonawców na dźwięki o wysokim poziomie głośności, muzykę należy traktować jako hałas, pomimo jej walorów artystycznych i estetycznych.

W przypadku sal prób muzycznych poziom ekspozycji wykonawców na dźwięk jest istotnym problemem. Klasyczne instrumenty muzyczne mają taką samą moc akustyczną niezależnie od otoczenia. Nie można ich "przyciszyć" jak w przypadku instrumentów ze wzmocnieniem elektroakustycznym. Jednak właśnie otoczenie, a ściślej mówiąc - wnętrze, w którym rozbrzmiewa muzyka, decyduje o tym, jak głośno dźwięki instrumentów klasycznych są odbierane. Innymi słowy wnętrze jest "wzmacniaczem" brzmienia instrumentu. Sale prób są dużo mniejsze niż sale koncertowe, a głośność instrumentu odbierana w pomieszczeniu o małej kubaturze jest znacznie wyższa, niż tego samego instrumentu we wnętrzu o dużej objętości. Oczywiście istotny jest również sposób gry, repertuar muzyczny i jego dynamika. Istnieje szkoła, według której należy ograniczać wielkość sal prób muzycznych oraz izolację akustyczną między nimi i tym samym niejako zmuszać muzyków do grania ciszej [James (2005)]. Poza ewidentnymi oszczędnościami finansowymi, ma to również nauczyć muzyków grania poniżej poziomu szkodliwego dla ich słuchu. Jednak to podejście nie jest popularne wśród projektantów i całkowicie nieakceptowane w środowisku muzycznym. Zarówno muzycy, jak i akustycy podkreślają, że warunki przestrzenne nie mogą w żaden sposób ograniczać ekspresyjności gry.

Wybór sal prób muzycznych, jako tematu niniejszej pracy, nie jest przypadkowy. Są to pomieszczenia, w których muzycy, zarówno ci najmłodsi – uczniowie szkół muzycznych, jak i zawodowi muzycy, praktykują wiele godzin dziennie, narażając swój słuch na głośne dźwięki. Zawodowi muzycy znacznie więcej czasu spędzają na próbach niż koncertując. W przypadku

<sup>2</sup> <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/ha%C5%82as.html> [dostęp: grudzień 2020]

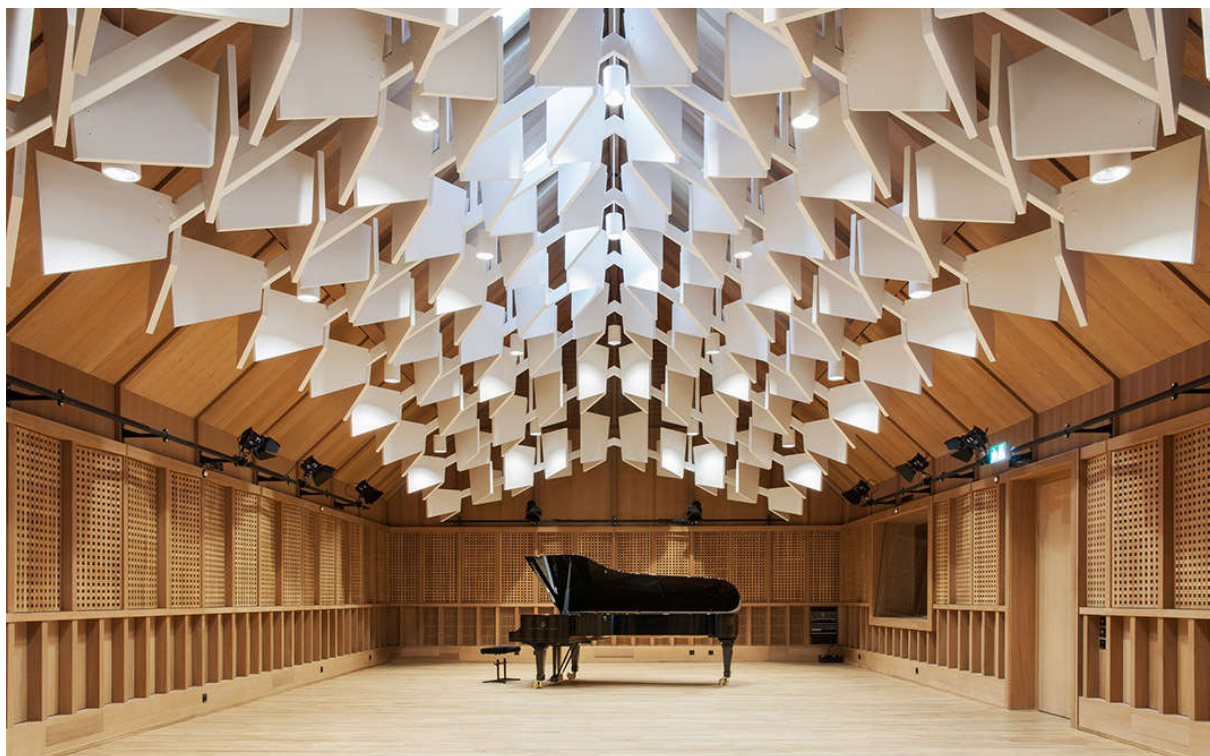
<sup>3</sup> <https://sjp.pl/ha%C5%82as> [dostęp: grudzień 2020]



uczniów i studentów kierunków muzycznych, ta dysproporcja jest jeszcze wyraźniejsza. Ekspozycja na dźwięki podczas prób stanowi większą część ich dziennej dawki, a wkład samych ćwiczeń indywidualnych jest często wyższy niż składowa będąca wynikiem prób grupowych i występów w sali koncertowej [Gade (2010)]. W podobnej sytuacji znajdują się nauczyciele muzyki, którzy towarzyszą swoim podopiecznym podczas wielogodzinnych prób muzycznych. Liczne badania i kontrole szkół oraz instytucji związanych z muzyką wykazały znaczne przekroczenia normowych wartości parametrów charakteryzujących hałas w miejscu pracy [Phillips (2008 a), Kozłowski (2013), Washnik (2016)]. W środowisku medycznym coraz częściej pojawiają się sygnały o złym stanie słuchu wśród nauczycieli muzyki i zawodowych muzyków [Pawlaczyk-Łuszczynska (2017)]. Częste i wielogodzinne ekspozycje na dźwięki o wysokim poziomie głośności, już od najmłodszych lat, mogą skutkować ubytkami słuchu oraz innymi nieprzyjemnymi symptomami związanymi z narządem słuchu.

Poza konsekwencjami zdrowotnymi, muzycy narzekają na problemy z uzyskaniem odpowiedniego tonu i barwy dźwięku podczas prób w małym i dodatkowo źle zaadaptowanym akustycznie pomieszczeniu [Halmrast (2014)]. W szkołach muzycznych, podczas zajęć nauczyciele mają trudności z oceną gry podopiecznych. Niewłaściwa akustyka sali powoduje, że nauczyciel nie wie czy nieprawidłowy dźwięk to wynik błędu ucznia, czy złej akustyki pomieszczenia [Patrick (1967)]. Największe problemy mają muzycy w niewielkich salach prób, przeznaczonych na ćwiczenia indywidualne lub ćwiczenia małych grup instrumentalnych np. kwartet smyczkowy, kwintet dęty blaszany. A właśnie małe sale są najliczniejsze i najczęściej użytkowane, szczególnie w budynkach edukacji muzycznej [Osman (2010)].

Proces projektowania i realizacji obiektów dedykowanych muzyce, jest bardzo złożony. Jego przebieg i efekt końcowy zależy od współpracy inwestora, architekta i akustyka. Kwestie finansowe często odgrywają pierwszorzędną rolę, kosztem jakości estetycznej oraz akustycznej. Pominięcie zaleceń akustycznych zawartych w projekcie to najłatwiejszy sposób na obniżenie kosztów inwestycji. Szczególnie jeśli dotyczy to sal prób, które nie są salami koncertowymi i nie pełnią funkcji reprezentatywnych. Heringa (2014) trafnie opisał proces projektowania sal prób jako kompromis między jakością a nakładem finansowym. Projekt sali koncertowej stanowi zawsze największą część budżetu przeznaczonego na budowę całego obiektu. Dzięki czemu takie sale charakteryzują się wysoką jakością pod względem architektonicznym i akustycznym. Jednak tylko światowej sławy muzycy mogą w nich ćwiczyć. Pozostali, w tym uczniowie i studenci, muszą praktykować w salach znacznie mniejszych, których adaptacja akustyczna powstała przy ograniczonym nakładzie finansowym, a końcowy efekt wizualny wnętrza jest „dziełem przypadku”.



Ilustracja 1. Jazz Campus, Basel, Szwajcaria – sala kameralna. Architektura: Buol & Zund.  
[[www.appliedacoustics.ch](http://www.appliedacoustics.ch), dostęp: maj 2018]



Ilustracja 2. Jazz Campus, Basel, Szwajcaria – sala prób kilkusobowych zespołów muzycznych. Architektura:  
Buol & Zund. [[www.appliedacoustics.ch](http://www.appliedacoustics.ch), dostęp: maj 2018]

Kolejnym problemem jest współpraca na linii architekt - akustyk i wzajemny brak zrozumienia priorytetów "drugiej strony". Wielu architektów uważa rekomendacje akustyków za drugorzędne i obniżające walor estetyczny wnętrza [Shield (2018)]. Z kolei akustycy rzadko biorą pod uwagę aspekt estetyczny zaproponowanych przez nich rozwiązań akustycznych, skupiając się jedynie na ich właściwościach dźwiękowych. Ów konflikt trafnie opisał Apfel (1998), który zauważył, że wiele sal prób muzycznych zdaje się być zaprojektowanych przez *"głuchych architektów i ślepych akustyków"*<sup>4</sup>. Potrzeba odpowiedniej akustyki w takich pomieszczeniach jak sale prób muzycznych jest kwestią bezsporną, jednak odbiór wizualny wnętrza jest równie istotny. Mając na uwadze, że uczniowie szkół muzycznych, nauczyciele muzyki oraz zawodowi wykonawcy, to osoby o wykształceniu artystycznym, wrażliwe na piękno otoczenia, należy zapewnić im wnętrza, które swoją estetyką podkreślą rangę tworzonej przez nich muzyki. Tym bardziej, że stale pojawiające się nowe rozwiązania technologiczno-materiałowe pozwalają na kreowanie przestrzeni sal prób, których zarówno akustyka, jak i estetyka będą na wysokim poziomie (Ilustracja 1-3).

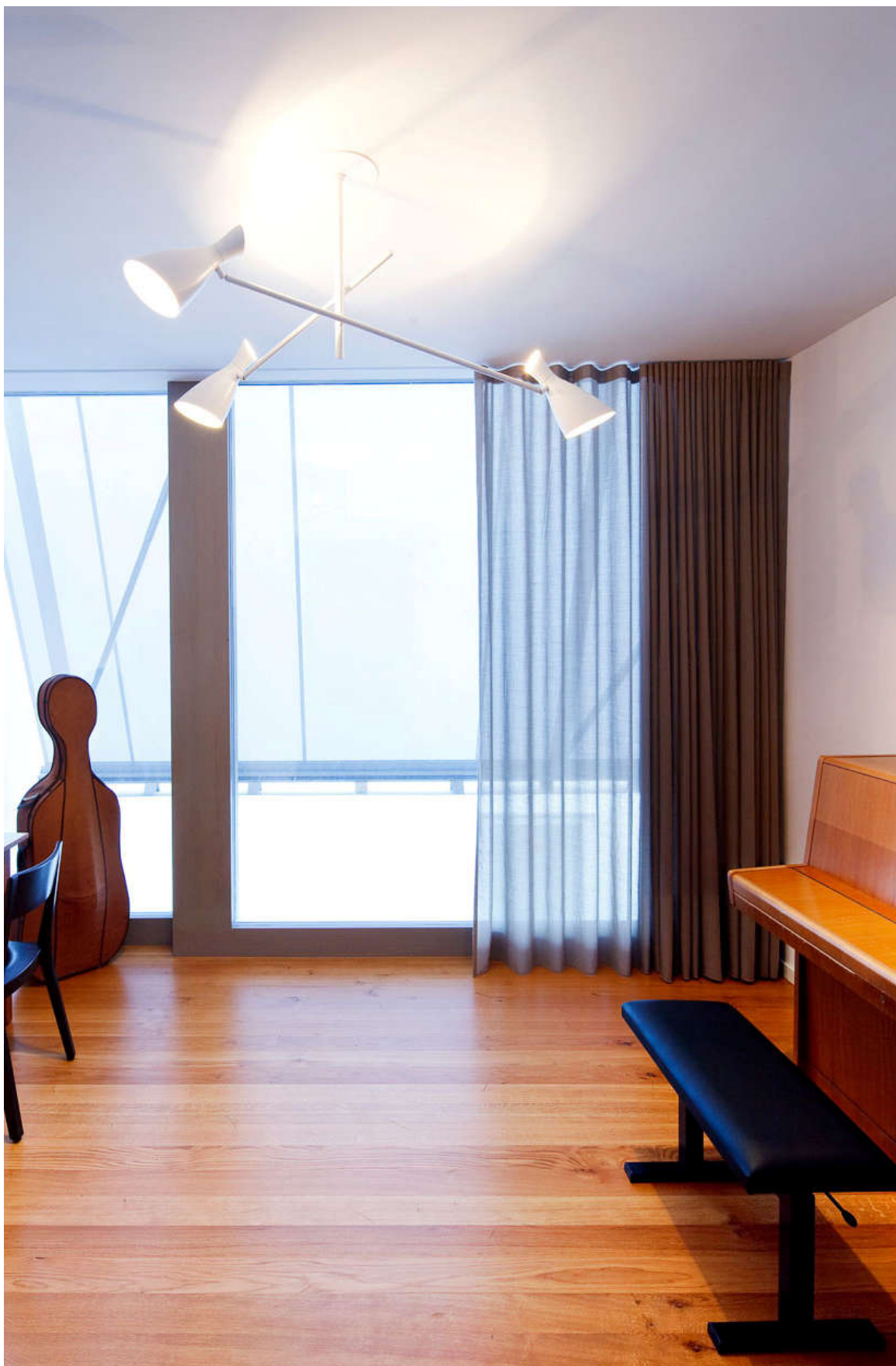
Problematyka projektowania sal prób muzycznych jest coraz lepiej opracowywana pod względem akustycznym, lecz w dalszym ciągu istnieje potrzeba przełożenia wyników badań i analiz akustyków na język architekta. Brak jest prostych algorytmów pozwalających na prawidłowe projektowanie tego typu pomieszczeń już na etapie koncepcji architektonicznej, które uwzględniałyby wszystkie postulaty akustyków i tym samym pozwalały uniknąć problemów na etapie użytkowania.

Niniejsza praca ma na celu znalezienie relacji między architekturą, rozumianą jako połączenie formy, funkcji i konstrukcji, a akustyką wnętrza, co przełoży się na lepszy komfort akustyczny<sup>5</sup> sal prób muzycznych. Podjęta problematyka być może ułatwi dialog między architektem i akustykiem oraz przyczyni się do zmniejszenia negatywnych skutków częstego narażenia słuchu na hałas, jakim dla ucha ludzkiego może być również muzyka.

---

<sup>4</sup> tłumaczenie z j. ang. "deaf architects and blind acousticians" [Apfel (1998)]

<sup>5</sup> Pod pojęciem „komfortu akustycznego” autorka rozumie obiektywne parametry akustyczne pomieszczenia jak czas pogłosu, głośność dźwięku w pomieszczeniu oraz brak negatywnych zjawisk akustycznych jak koloryzacja dźwięku, echo trzepoczące, czy ogniskowanie dźwięku.



Ilustracja 3. Music House of the Einsiedeln Abbey School - sala prób indywidualnych. Architektura: Diener & Diener Architekten. [www.mawa-design.de, dostęp: marzec 2018, fot.: Udo Geisler]



## 1.2. Główny cel i zadania.

Cel niniejszej pracy został wstępnie nakreślony w genezie, jako poszukiwanie relacji między architekturą sal prób muzycznych, a akustyką ich wnętrza. Z uwagi na bardzo złożoną i wielowątkową problematykę, która poruszana jest z rozprawie, autorka uznała za konieczne sprecyzowanie głównego celu pracy poprzez rozbięcie go na cztery zadania:

1. uporządkowanie kryteriów oceny jakości architektonicznej oraz kryteriów oceny jakości akustycznej;
2. przeprowadzenie analizy możliwości kształtowania sal prób muzycznych z punktu widzenia ich formy, funkcji i konstrukcji;
3. dokonanie klasyfikacji wybranych sal prób muzycznych w zakresie architektonicznym i akustycznym, na podstawie wybranych właściwości i parametrów funkcjonalno-przestrzennych;
4. zbadanie zależności między wybranymi parametrami funkcjonalno-przestrzennymi sal prób muzycznych a komfortem akustycznym w ich wnętrzu.

Pierwsze z powyższych zadań obejmuje wyodrębnienie tych właściwości i parametrów funkcjonalno-przestrzennych sal prób muzycznych, które są istotne już na etapie koncepcji projektu oraz będą miały wpływ na przyszłe funkcjonowanie i odbiór danego wnętrza. Poprzez parametry funkcjonalno-przestrzenne autorka rozumie kształt sali, jej proporcje, wysokość i kubaturę. Dodatkowe właściwości to usytuowanie sali w bryle budynku, sąsiedztwo innych pomieszczeń i zastosowane materiały wykończeniowe. Powstanie listy kryteriów wraz ze skalami ocen, w przyszłości pozwoli projektantom na szybką i obiektywną ocenę jakości architektonicznej i akustycznej sal prób muzycznych oraz ich porównanie.

Drugim zadaniem pracy jest analiza możliwości kształtowania sal prób przeprowadzona na wybranych, funkcjonujących już salach prób instrumentalnych. Analiza ta pozwoli ukazać tendencje ostatnich lat w projektowaniu budynków edukacji muzycznej.

Trzecim zadaniem, składającym się na główny cel pracy, jest sklasyfikowanie analizowanych sal prób muzycznych na podstawie wcześniej uporządkowanych kryteriów oraz porównanie wyników oceny jakości architektonicznej z oceną jakości akustycznej tych sal. Metoda porównawcza będzie uwzględniała nie tylko rozwiązania architektoniczne sal, ale również przeznaczenie pomieszczeń tj. skład zespołu ćwiczeniowego korzystającego z analizowanych wnętrza, gdzie pojęcie składu zespołu ćwiczeniowego oznacza rodzaj oraz ilość instrumentów w danym zespole. Podsumowaniem trzeciego zadania będzie wyodrębnienie głównych problemów analizowanych sal.

Czwartym, ostatnim zadaniem w niniejszej pracy jest zbadanie jak zmiana jednego parametru funkcjonalno-przestrzennego sali prób muzycznych wpływa na jakość akustyczną w jej wnętrzu. Ze względu na złożoność problematyki oraz liczne parametry i właściwości, którymi można scharakteryzować te pomieszczenia, autorka postanowiła ograniczyć zakres analizy akustycznej do kilku podstawowych zagadnień, które są istotne już na etapie koncepcji projektu. Wybrane zagadnienia są następujące:

- wpływ proporcji wymiarów sali prób na komfort akustyczny w jej wnętrzu;
- wpływ zmiany sposobu wykończenia przegród ograniczających wnętrze sali prób na komfort akustyczny;
- wpływ zmiany kubatury sali na komfort akustyczny w jej wnętrzu.

## **1.3. Zakres opracowania.**

### **1.3.1. Ograniczenia funkcjonalne.**

Biorąc pod uwagę różnorodność obiektów budowlanych, w których znajdują zastosowanie sale prób muzycznych, autorka postanowiła ograniczyć zakres analiz wyłącznie do sal zlokalizowanych w szkołach muzycznych: podstawowych, średnich i wyższych. Analizie zostaną poddane jedynie pomieszczenia nowe, zrealizowane i już funkcjonujące - zaprojektowane ze wskazaniem funkcji dydaktyczno-muzycznej jako wiodącej.

Ograniczenia zakresu pracy o charakterze funkcjonalnym dotyczą następujących aspektów:

- a) przeznaczenie obiektu budowlanego, w którym zlokalizowane są sale prób muzycznych - skupiono się na obiektach edukacji muzycznej (szkoły muzyczne I i II stopnia, zespoły szkół muzycznych, akademie muzyczne). Z zakresu pracy wyłączono opery, filharmonie, teatry muzyczne i wokalne, domy, ośrodki i centra kultury, studia nagrań oraz kompleksy sakralne z zapleczem dydaktyczno-muzycznym;
- b) przeznaczenie sali - analiza obejmuje sale dedykowane próbom muzycznym z wiodącą funkcją ćwiczeniową oraz sale projektowane równocześnie pod inne funkcje np. wykładowe;
- c) rodzaj ćwiczeń muzycznych - z analiz wyłączono sale dedykowane próbom wokalnemu, skupiając się na salach przeznaczonych dla prób instrumentalnych bez wzmocnienia elektroakustycznego, ewentualnie dla prób zespołów mieszanych, gdzie wiodącą rolę pełnią instrumenty bez wzmocnienia elektroakustycznego;
- d) liczebność zespołu ćwiczeniowego - w zakresie pracy znajdują się sale do ćwiczeń indywidualnych (1-2 muzyków), sale przeznaczone dla małych zespołów (3-12 muzyków) oraz dla większych zespołów muzycznych (powyżej 12 muzyków). Z zakresu analiz wyłączono sale kameralne ze stałą częścią dla widowni, dopuszczając sale prób większych zespołów muzycznych, które incydentalnie pełnią rolę sal kameralnych z mobilną widownią. Z zakresu pracy wyłączono duże sale koncertowe z widownią.

### **1.3.2. Ograniczenia czasowe.**

Analizą objęto sale prób instrumentalnych, zlokalizowane w obiektach edukacji muzycznej, które zostały oddane do użytku po 2007 roku. Wybrany zakres czasowy ma związek z Europejskim Programem Operacyjnym Infrastruktura i Środowisko - Priorytet XI "Kultura i dziedzictwo kulturowe" na lata 2007-2013 oraz jego kontynuacją - Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko - Oś Priorytetowa VIII "Ochrona dziedzictwa kulturowego i rozwój zasobów kultury" na lata 2014-2020. Według danych<sup>6</sup> <sup>7</sup> udostępnionych przez Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego w pierwszej edycji unijnego programu dotacje otrzymało 66 szkół i wyższych uczelni artystycznych (muzyczne, plastyczne, teatralne), z których 41 inwestycji dotyczy obiektów edukacji muzycznej. W kolejnej edycji były to 24 szkoły i uczelnie artystyczne. Unijny Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko - Priorytet XI "Kultura i dziedzictwo kulturowe" oraz jego kontynuacja przyczyniły się do wyrównania szans na rozwój edukacji artystycznej w Polsce, w stosunku do pozostałych państw Europy Zachodniej i Północnej. Zbliżone możliwości finansowe są ważnym parametrem w analizie porównawczej. Z tego też powodu, wybór okresu po 2007 roku jako zakresu czasowego niniejszej pracy jest zasadny.

### **1.3.3. Ograniczenia terytorialne.**

Wybrane do badań placówki edukacji muzycznej, to obiekty zlokalizowane na terenie Polski i Europy Zachodniej. W przypadku polskich szkół muzycznych, zdecydowano o nie ograniczaniu zakresu terytorialnego do jednego województwa. W celu ukazania tendencji w projektowaniu obiektów edukacji muzycznej i sal prób nie tylko na terenie Polski, autorka poszerzyła zakres terytorialny pracy o wybrane kraje europejskie. Ograniczono się do pobliskich państw Europy Zachodniej, charakteryzujących się wysoko rozwiniętą gospodarką oraz długoletnią tradycją edukacji muzycznej wśród młodych obywateli. Wybrane kraje europejskie to Francja, Niemcy, Holandia oraz Szwajcaria.

## **1.4. Teza pracy.**

**Dobór w fazie projektowej kształtu i kubatury sali prób muzycznych, dostosowany do składu zespołu ćwiczeniowego, ma decydujący wpływ na osiągnięty w jej wnętrzu poziom komfortu akustycznego jej użytkowników.**

---

<sup>6</sup> [http://www.mkidn.gov.pl/media/docs/2013/20130416\\_Prezentacja\\_edukacja.pdf](http://www.mkidn.gov.pl/media/docs/2013/20130416_Prezentacja_edukacja.pdf) [dostęp: maj 2018 r.]

<sup>7</sup> <https://www.gov.pl/web/kultura/podsumowanie-naborow-konkursowych-w-ramach-viii-osi-priorytetowej-poiis> [dostęp: maj 2018 r.]

## 1.5. Metodologia i układ pracy.

W pracy przyjęto następujący sposób realizacji poszczególnych jej zadań:

- Kryteria oceny jakości architektonicznej oraz kryteria oceny jakości akustycznej sal prób muzycznych wyznaczono na podstawie analizy dostępnej literatury krajowej i zagranicznej z zakresu architektury oraz z zakresu akustyki, a także na podstawie wyników autorskiej ankiety przeprowadzonej na cele niniejszej pracy i skierowanej do osób zawodowo związanych z muzyką.<sup>8</sup>
- Analiza możliwości kształtowania sal prób muzycznych została przeprowadzona na podstawie dostępnej literatury, opracowań związanych z podejmowaną tematyką, udostępnionych dokumentacji projektowych oraz autorskich inwentaryzacji wykonanych w ramach niniejszej pracy w wybranych szkołach muzycznych. Analizie poddano te same właściwości sal prób muzycznych, które przypisano poszczególnym kryteriom oceny jakości architektonicznej i jakości akustycznej.
- Klasyfikację wybranych sal prób muzycznych w zakresie architektonicznym i akustycznym przeprowadzono na podstawie wcześniejszej analizy możliwości kształtowania sal prób muzycznych oraz ustalonych kryteriów oceny. Sale prób poddano ocenie zgodnie z przyjętymi skalami ocen. Następnie porównano wyniki oceny jakości architektonicznej z wynikami oceny jakości akustycznej dla wszystkich analizowanych sal prób.
- Ocenę wpływu zmian wybranych parametrów funkcjonalno - przestrzennych sal prób muzycznych na komfort akustyczny w ich wnętrzu wykonano poprzez stworzenie komputerowych, przestrzennych modeli wnętrz tych sal wraz z odzwierciedleniem w ich wnętrzach ćwiczących osób i właściwości akustycznych ich instrumentów, a następnie przeanalizowanie wpływu zmiany kubatury i wykończenia wnętrz tych pomieszczeń na ich akustykę.<sup>9</sup> Analizę rozszerzono ponadto o porównanie rozkładu modów we wnętrzach szerokiego zakresu wymiarów sal prób muzycznych, różniących się proporcjami głównych wymiarów (długości, szerokości i wysokości).

Praca składa się z siedmiu rozdziałów zawierających podrozdziały oraz z jedenastu załączników zamieszczonych na końcu pracy. Rozdziały zostały wzbogacone o tablice, wykresy, autorskie rysunki oraz ilustracje. Wszystkie te elementy opatrzone opisami. W przypadku ilustracji niestanowiących własności autora, podano źródło ich pochodzenia.

Część analityczną pracy stanowią Rozdziały III, IV oraz V. Rozdział III pracy poświęcono opisowi poszczególnych kryteriów oceny jakości architektonicznej i jakości akustycznej, wraz ze skalami ocen przypisanymi dla każdego kryterium (zadanie nr 1). Rozdział IV obejmuje analizę możliwości kształtowania sal prób muzycznych oraz ich klasyfikację (zadanie nr 2 i 3)

---

<sup>8</sup> Treść ankiety, analizę i interpretację wyników przedstawiono w Załączniku 3 niniejszej pracy.

<sup>9</sup> Szczegółowy opis zaprojektowanych modeli sal prób muzycznych oraz przeprowadzonej analizy akustycznej znajduje się w Rozdziale V niniejszej pracy.



na podstawie kryteriów wyodrębnionych w Rozdziale III. Całość zestawiono w tabelach dla każdej z analizowanych sal oddzielnie. Rozdział V stanowią wyniki analizy rozkładu modów, symulacji komputerowych i obliczeń akustycznych, których celem jest ocena wpływu zmian wybranych parametrów funkcjonalno - przestrzennych sal prób muzycznych na komfort akustyczny w ich wnętrzu (zadanie nr 4). Każdy rozdział tworzący część analityczną pracy zakończony jest podsumowaniem. W Rozdziale VI spisano wnioski podsumowujące całość pracy oraz wskazano planowane kierunki dalszych badań. Rozdział VII, ostatni, stanowi spis literatury, która miała wpływ na treść i formę niniejszej pracy.



## Rozdział II

### Stan badań.

#### 2.1. Relacje między architekturą i akustyką w obiektach użyteczności publicznej - przegląd literatury.

Akustyka architektoniczna jest dziedziną naukową stosunkową młodą. Łączy zagadnienia fizyki i techniki ze sztuką projektowania architektonicznego. Za prekursora tej dziedziny uznaje się amerykańskiego fizyka Wallace'a C. Sabine'a, który w latach 1895-1898 prowadził badania mające na celu poprawę akustyki w nowopowstałej sali wykładowej w Fogg Art Museum należącej do Uniwersytetu Harvarda [Cavanaugh (2010)]. Efektem tych prac był, stosowany do dziś, wzór pozwalający obliczyć czas pogłosu pomieszczenia:

$$T_{60} = 0,161 * V/A^{10}$$

Według wzoru Sabine'a czas pogłosu pomieszczenia jest wprost proporcjonalny do kubatury sali, a odwrotnie proporcjonalny do chłonności akustycznej powierzchni ograniczających pomieszczenie i innych elementów w nim występujących (np. meblowanie). Dodatkowo W. Sabine wyznaczył współczynniki pochłaniania dźwięku dla wielu popularnych materiałów budowlanych, co w połączeniu z wykorzystaniem powyższego wzoru dało architektom możliwość szybkiego oszacowania wstępnych warunków akustycznych sali, znając jedynie jej kubaturę i zastosowane we wnętrzu materiały.

Dalszy rozwój akustyki architektonicznej nastąpił w II połowie XX wieku. Był związany głównie z budową nowych obiektów kultury zawierających w swoim programie funkcjonalnym duże sale koncertowe lub audytoria.

Zaprojektowanie wnętrza, które ma spełniać zarówno wysokie wymagania estetyczne, jak i akustyczne, jest sporym wyzwaniem. Jego powodzenie zależy od współpracy architekta i akustyka. Wzajemne zrozumienie odmiennych priorytetów jest tu kluczowe. Architekt musi być świadom konsekwencji akustycznych przyjętych układów przestrzennych. Akustyk natomiast, powinien mieć na uwadze, że zaproponowane przez niego rozwiązania będą miały bezpośredni wpływ na efekt wizualny - tak istotny dla architekta, który koniec końców będzie odpowiadał za całość projektu [Kulowski (2011)]. Pośród dostępnej literatury polskiej i zagranicznej (głównie anglojęzycznej), jest wiele znaczących pozycji podejmujących problematykę projektowania sal koncertowych i widowiskowych (teatralne, operowe) z punktu widzenia architekta i akustyka równocześnie. Należy tu wymienić słynne publikacje książkowe L.L. Beranek'a (1960) (1996) i M. Barron'a (1993) oraz polską pozycję autorstwa A. Kulowskiego (2011) skierowaną głównie do architektów. Ten temat został również podjęty w pracach habilitacyjnych T. Kamisińskiego (2013) i A.K. Kłosa (2020), w rozprawach

---

<sup>10</sup> gdzie: V - kubatura pomieszczenia [m<sup>3</sup>], A - całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia [m<sup>2</sup>]

doktorskich A.K. Kłosaka (2007), J. Jabłońskiej (2009), K. Lipińskiej (2011) oraz licznych badaniach K. Rudno-Rudzińskiego (2007). Biorąc pod uwagę ilość oraz szczegółowość wspomnianych publikacji, mogłoby się wydawać, że temat został wyczerpany. Nic bardziej mylnego. Jak słusznie zauważa A. Kulowski (2011) - w zamyśle architekta każdy kolejny projekt jest niepowtarzalnym dziełem, który nie może być ograniczony poprzez sztywno przyjęte ramy akustyki. W dalszym ciągu należy szukać nowych rozwiązań, które zapewnią lepszą symbiozę obu dziedzin.

Dalszy przegląd polskiej literatury wykazał wiele pozycji poruszających kwestie relacji między funkcją akustyczną a formą architektoniczną w następujących obiektach użyteczności publicznej:

- obiekty sakralne - publikacja książkowa A. Kulowskiego (2007) oraz Z. Engela et al., rozprawy doktorskie: D.M. Wróblewska (2000), K. Kosała (2004), M. Ociepka-Miśkowiec (2018);
- budynki przemysłowe - praca habilitacyjna J.P. Piechowicza (2013), rozprawa doktorska W. Mikulskiego (2001);
- obiekty biurowe - prace badawcze W. Mikulskiego dla Centralnego Instytutu Ochrony Pracy.

Ostatnie dwie dekady w Polsce to liczne badania jakości akustycznej pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji werbalnej w budynkach edukacji - prace naukowe W. Mikulskiego w ramach badań Centralnego Instytutu Ochrony Pracy (CIOP) oraz rozprawy doktorskie: Y. Smyrnova (2005), P. Leśna (2010), J. Radosz (2015). Nie można pominąć cennych badań i publikacji dotyczących akustyki budowlanej autorstwa członków Instytutu Techniki Budowlanej (ITB): J. Sadowski (1971) (1976), B. Szudrowicz, E. Nowicka, J. Nurzyński.

## **2.2. Relacje między architekturą i akustyką w obiektach dedykowanych muzyce - przegląd literatury.**

Kolejnym etapem analizy literatury było zawężenie poszukiwań do tematyki projektowania obiektów dedykowanych muzyce, a w szczególności obiektów edukacji muzycznej. Poza wspomnianymi pozycjami skupiającymi się jedynie na dużych salach koncertowych, autorka nie znalazła żadnej publikacji, która w równie kompleksowym zakresie architektury i akustyki podejmowałaby problematykę projektowania sal prób muzycznych. W literaturze polskiej najbliższa tematyce niniejszej pracy jest rozprawa doktorska J. Gila (2015), w której autor dokonuje analizy i oceny przegród budowlanych między salami prób w obiektach edukacji muzycznej, rozprawa doktorska T. Fideckiego (1997), w której autor wyznaczył moc akustyczną instrumentów muzycznych oraz rozprawa doktorska A. Pietrzak (2020), w której autorka dokonuje oceny ekspozycji muzyków na dźwięk za pomocą nowej metody tzw. dwukanałowej dozymetrii hałasowej.

Można zatem wywnioskować, że istnieje wyraźna luka w literaturze poruszającej kwestie projektowania sal do prób muzycznych w sposób kompleksowy. Częściowo tą lukę wypełniają publikacje głównie angielskojęzyczne, które można podzielić na dwa główne nurty:

- nurt "*architektoniczny*" - literatura dedykowana architektom, będąca zbiorem wytycznych ergonomicznych, ekonomicznych i w niewielkim stopniu akustycznych przy projektowaniu obiektów związanych z muzyką. Nurt reprezentują opracowania wydane m.in. przez Department of Education (Wielka Brytania) [D2] oraz Department of Public Instruction (USA) [D3] i Wenger Corporation (USA) [D10, D11, D12, D13].
- nurt "*akustyczny*" - zalecenia normowe wydane przez Department for Education and Education Funding Agency (Wielka Brytania) [N2], American National Institute Standards (USA) [N1], Polski Komitet Normalizacyjny [N6, N7, N8], Standards Norway [N5] i Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO) [N3, N4] oraz liczne publikacje naukowe opisujące badania akustyczne sal prób muzycznych wraz z zaleceniami akustycznymi będącymi wynikami tych badań - artykuły naukowe stanowiące analizę parametrów akustycznych sal prób autorstwa Bolt'a (1946), Knudsen'a (1950), Lane'a (1955), Patrick'a (1967), aż po najnowsze badania takich akustyków jak Rindel J.H. (2014 a/b/c, 2020, 2021), Gade A.C. (2010, 2012, 2014), Kahle E. (2014), Heringa P. (2009, 2014), Osman R. (2010).

Oba aspekty zostały omówione i porównane w dalszej części niniejszej pracy jako bardziej szczegółowa analiza stanu badań.

Analiza dostępnej literatury pozwoliła autorowi wyodrębnić jeszcze jeden istotny nurt (poza architektonicznym i akustycznym), jakim jest problematyka ubytków słuchu u muzyków. Początkowo mogłoby się wydawać, że ten czysto medyczny aspekt nie jest w żaden sposób związany z tematyką niniejszej pracy. Niemniej jednak powodem ubytków słuchu i innych nieprzyjemnych symptomów dotyczących zawodowych muzyków jest częsta ekspozycja na głośne dźwięki muzyczne. Jak wykazują badania - za nadmiar tej ekspozycji odpowiadają m. in. zbyt małe i źle zaadaptowane akustycznie sale prób. Jako jeden z trzech głównych sposobów przeciwdziałania konsekwencjom nadmiernej ekspozycji na dźwięki muzyczne, wymienia się odpowiednio zaprojektowane sale dedykowane muzyce. Mając na uwadze rangę problemu oraz bezsprzeczne powiązania z tematem przewodnim pracy, autorka zapragnęła zgłębić to zagadnienie i włączyć je do przeglądu literatury niniejszej rozprawy w formie Załącznika 1. Jego treść ma na celu uświadomienie projektantom, że dokonywane przez nich wybory stricte architektoniczne mogą mieć znaczny wpływ nie tylko na ogólne funkcjonowanie danego wnętrza, ale również na zdrowie użytkowników tych pomieszczeń.

Akustyka wnętrz, jako dziedzina nauki, zaczęła rozwijać się na początku XX wieku, kiedy to W.C. Sabine rozpoczął badania czasu pogłosu w pomieszczeniu [Sabine (1900)]. W latach 40-tych ukazały się prace naukowe Volkman'a (1942) i Bolt'a (1946), w których autorzy

próbowali wyznaczyć najkorzystniejsze pod względem akustycznym proporcje wnętrz. Pierwsze naukowe artykuły podejmujące kwestię akustyki sal prób muzycznych opublikowano w latach 50-tych XX wieku. Knudsen (1950) podkreślał rangę odbić fal dźwiękowych, które pozwalały muzykom słyszeć własny instrument jak i pozostałych członków zespołu. Uważali oni, że wymiar i kształt wnętrz dedykowanych muzyce powinien być taki sam jak pomieszczeń służących do komunikacji słownej, ale przy dłuższym czasie pogłosu ( $RT=1,2$  s). Odpowiednie warunki akustyczne miały zapewnić nierównoległe ściany, nierówności na suficie oraz materiały odbijające dźwięk blisko dyrygenta lub nauczyciela. Taki sam czas pogłosu rekomendował Carter (1955). W celu ustalenia wielkości pomieszczenia, proponował przyjąć  $20 \text{ ft}^2$  ( $1,86 \text{ m}^2$ ) na jednego muzyka. Autorzy kolejnych publikacji - Kessler (1955) i Young (1956), dostrzegli potrzebę zaangażowania muzyków, studentów i nauczycieli kierunków muzycznych w proces projektowania tego typu pomieszczeń. Dzięki przeprowadzonym ankietom i rozmowom z użytkownikami sal, okazało się, że warunki akustyczne panujące w salach prób nie powinny ściśle pokrywać się z tymi jakie charakteryzują sale koncertowe. W salach prób muzycy preferowali niższy czas pogłosu (1.0 s lub mniej) niż w trakcie występów w salach koncertowych. Lane (1955) opublikował wyniki badań małych sal w szkole muzycznej i wyznaczył minimalną wartość izolacji akustycznej dla przegród pionowych między salami prób<sup>11</sup>, optymalny czas pogłosu oraz minimalny wymiar pomieszczenia do nauki gry na instrumencie wynoszący  $12 \times 20$  [ft] ( $3,6\text{m} \times 6\text{m}$ ). Równocześnie stwierdził, że niemożliwe jest zapewnienie muzykom sal prób o wymiarach uznawanych przez nich za satysfakcjonujące w ramach budżetu przeznaczonego na budowę tego typu obiektów. Z kolei Patrick (1967) zwrócił uwagę na częsty brak porozumienia między akustykiem i architektem a nauczycielami muzyki. Według autora, nawet akustycy z muzycznym wykształceniem nie potrafią do końca zrozumieć problemów jakie wiążą się z procesem nauczania gry na instrumencie. Proces ten wymaga innego akustycznego podejścia niż aranżacja sali koncertowej. Próba przeniesienia akustyki typowej dla dużej sali widowiskowej do znacznie mniejszych pomieszczeń prób instrumentalnych zawsze kończy się niepowodzeniem. Dlatego Gade A.C. (1981, 1989) zaangażował zawodowych muzyków i przy współpracy z nimi próbował znaleźć zależności między subiektywnym odbiorem sali prób a mierzalnymi parametrami akustycznymi.

W maju 1989 roku w ramach międzynarodowej konferencji naukowej *117th Meeting of the Acoustical Society of America* w Syracuse, odbyła się sesja naukowa *"Music Education Facilities since 1975"* w całości poświęcona projektowaniu obiektów edukacji muzycznej. Efektem sesji jest opublikowany pod przewodnictwem McCue E. i Talaske R.H. zbiór esejów, w których autorzy zwracają uwagę na istotne aspekty i problemy związane z procesem projektowym tego typu obiektów [McCue (1990)]. Autorzy skupili się szczególnie na układach funkcjonalnych obiektów edukacji muzycznej oraz izolacji akustycznej między pomieszczeniami.

---

<sup>11</sup> Minimalne wartości izolacyjności akustycznej przegród budowlanych wyznaczone przez Lane (1955) są obecnie nieaktualne ze względu na większe wymogi parametru, lepsze możliwości pomiarów oraz rozwój technologii budownictwa.

W ostatnich latach wielu światowej sławy akustyków podjęto się tematyki jakości akustycznej sal prób muzycznych: Gade A.C. (2010, 2012, 2014), Kahle E. (2014), Rindel J.H. (2014 a/b/c, 2020, 2021), Peak H. (2003), Nijs L. (2005), Wenmaeters R. (2014, 2015 a/b), Heringa P. (2009, 2014). Wszyscy są zgodni co do kwestii braku kompleksowego opracowania tematu, przy jednoczesnym podkreśleniu rangi problemu, jakim jest poprawne projektowanie sali prób muzycznych.

Pozycje literaturowe, które podejmują aspekt architektoniczny niniejszego zagadnienia, to opracowania w formie poradników dla architektów, wydane przez brytyjskie i amerykańskie instytucje oraz korporacje specjalizujące się w danej tematyce. Pobieźny przegląd niniejszych pozycji pozwala uznać je za zbiór kompleksowych zaleceń w kwestii ergonomii, ekonomii i akustyki. Jednak głębsza analiza tych opracowań uwidacznia luki w omawianej tematyce a przede wszystkim spore rozbieżności w stosunku do wyników badań akustycznych.

To co łączy oba nurty literaturowe (architektoniczny i akustyczny) dotyczące projektowania sal prób muzycznych, to lista najczęściej popełnianych błędów przy projektowaniu i adaptacji sal prób muzycznych:

- niewystarczająca izolacyjność akustyczna przegród pionowych zewnętrznych oraz wewnętrznych - między poszczególnymi salami ćwiczeniowymi;
- źle dobrana kubatura pomieszczeń, co w konsekwencji sprawia, że wnętrza są za głośne dla użytkowników;
- nieodpowiedni czas pogłosu, bez możliwości szybkiej i prostej modyfikacji w trakcie użytkowania sali;
- źle dobrany kształt i proporcje pomieszczenia, co generuje niepożądane zjawiska akustyczne jak koloryzacja dźwięku, ogniskowanie dźwięku czy efekt echa trzepoczącego.

Powyższa lista błędów projektowych dotycząca sal prób muzycznych stała się dla autorki pretekstem do podziału dalszych analiz stanu badań zgodnie z problemami, które dotyczą projektowania tego typu pomieszczeń dedykowanych muzyce. Jednocześnie autorka uznała zastosowanie owego podziału jako najlepszy sposób na przedstawienie podobieństw, różnic oraz luk w tematyce projektowania sal prób muzycznych, które uwidoczniły się w trakcie analizy i porównywania literatury z zakresu akustyki i z zakresu architektury.

## 2.3. Relacje między architekturą i akustyką w projektowaniu sal prób muzycznych - przegląd literatury.

### 2.3.1. Izolacyjność akustyczna przegród sal prób muzycznych.

Przeгляд dostępnej literatury wykazał, że kwestia izolacyjności akustycznej przegród ograniczających sale prób muzycznych jest tematem najlepiej opracowanym spośród wymienionych powyżej problemów dotyczących tego rodzaju pomieszczeń. Pozycje literaturowe dedykowane architektom poświęcają tej problematyce najwięcej miejsca, podkreślając rangę problemu i wskazując możliwości jego eliminacji [D3, D4, D8, D11]. Również liczne publikacje przedstawiające badania akustyczne izolacyjności ścian pomieszczeń dedykowanych muzyce i wyniki tych badań, dowodzą coraz lepszego opracowania tematyki izolacyjności akustycznej [Miller (1993), James (2005), Gil (2015)].

Literatura naukowa dzieli problem dotyczący izolacyjności akustycznej sal prób muzycznych na dwie kategorie:

- niewystarczająca izolacyjność akustyczna przegród pionowych zewnętrznych;
- niewystarczająca izolacyjność akustyczna przegród pionowych wewnętrznych - głównie ścian między salami ćwiczeń muzycznych.

W celu ograniczenia wpływu hałasu z zewnątrz na poszczególne pomieszczenia budynku, normy wprowadzają górne wartości poziomu hałasu w pomieszczeniu (poziom tła akustycznego wyrażonego jako poziom ciśnienia akustycznego  $L_{A,eq}$ <sup>12</sup>), które są efektem zarówno przenikania do wnętrza hałasów z zewnątrz (np. hałas komunikacyjny, hałas lotniczy, czynniki atmosferyczne), jak i hałasu będącego wynikiem eksploatacji budynku (np. system wentylacji, oświetlenie, instalacje wodno-kanalizacyjne). Zarówno norma amerykańska [N1]<sup>13</sup> jak i brytyjska [N2]<sup>14</sup> ustaliły graniczną wartość dopuszczalnego poziomu hałasu w pomieszczeniach muzycznych na poziomie nie wyższym niż  $L_{A,eq}=35dB$ .<sup>15</sup>

Analizowane pozycje literaturowe z nurtu architektonicznego [D2, D3, D4] podkreślają konieczność zapewnienia odpowiedniej izolacji akustycznej ścian zewnętrznych, rozumianej jako czysto fizyczny parametr przegrody, jednocześnie wskazując rozwiązania stricte architektoniczne, które korzystnie wpływają na końcowy efekt odczuwalny we wnętrzu. Zaleca się odpowiedni dobór lokalizacji obiektu edukacji muzycznej poprzez unikanie

---

<sup>12</sup>  $L_{A,eq}$  - miarodajny równoważny poziom dźwięku skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, która uwzględnia czułość ucha ludzkiego na dźwięki o różnych częstotliwościach;

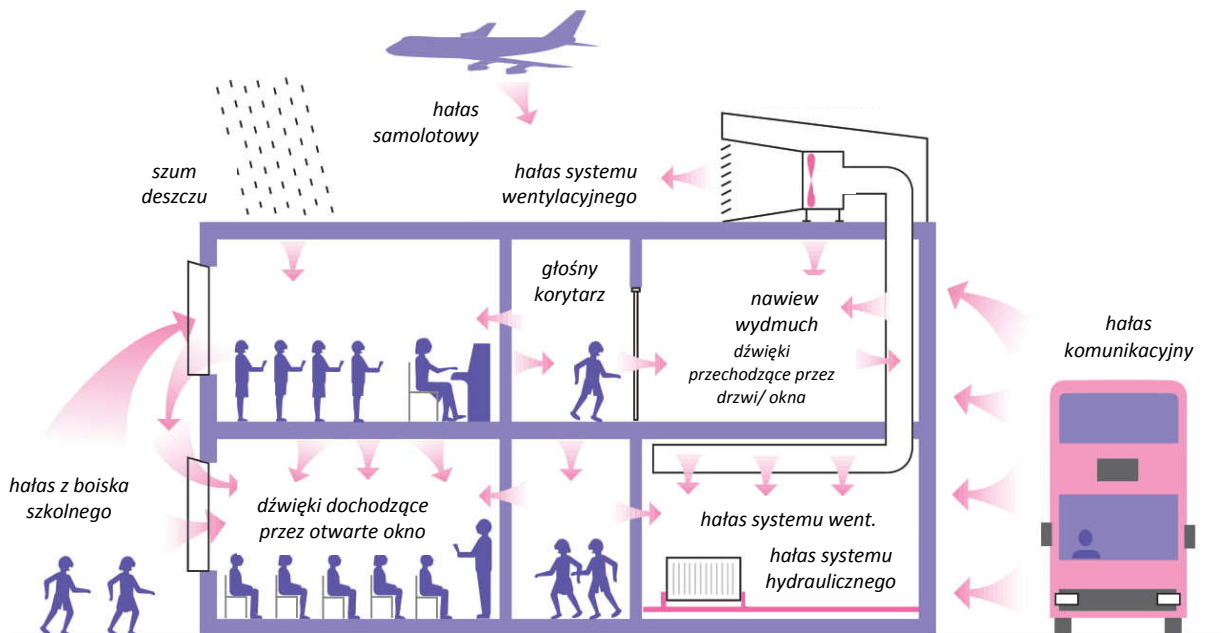
<sup>13</sup> Norma [N1] definiuje parametr jako tzw. *background noise level* mierzony w pomieszczeniu wykończonym, umeblowanym, bez użytkowników; podana wartość dotyczy pomieszczeń edukacyjnych o kubaturze do 566 m<sup>3</sup> (20000 ft<sup>3</sup>);

<sup>14</sup> Norma [N2] definiuje parametr jako tzw. *indoor ambient noise level* (IANL) mierzony w pomieszczeniu wykończonym, umeblowanym, bez użytkowników; podana wartość dotyczy sal prób muzycznych w obiektach nowo-zaprojektowanych;

<sup>15</sup> W publikacji autorstwa Osman (2010) znajduje się zestawienie granicznych wartości poziomu tła akustycznego (*background noise level*) na podstawie wcześniejszych pozycji literaturowych.



bezpośredniego sąsiedztwa ciągów komunikacyjnych o średnim i wysokim natężeniu ruchu, targowisk, boisk szkolnych itp. [D2]. Korzystnym i często sugerowanym w literaturze zabiegiem architektonicznym jest wykorzystanie sąsiednich obiektów kubaturowych lub administracyjnych segmentów szkół muzycznych jako barier akustycznych. W celu uzyskania jak najlepszego efektu izolacyjności na linii sala prób - otoczenie zewnętrzne, niektóre publikacje architektoniczne zalecają ograniczenie przeszkleń w przegrodach zewnętrznych do minimum [D3]. Z drugiej strony podkreśla się konieczność zapewniania oświetlenia naturalnego w sali prób jak długo to możliwe [D4] i zaleca się stosowanie okien podwójnie szklonych z maksymalnie szeroką przestrzenią pomiędzy przeszkleniami [D4]. Jeśli nieunikniona jest lokalizacja sal wewnątrz bryły budynku, alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie świetlików. Jednak ten sposób doświetlenia pomieszczenia niesie ze sobą problemy akustyczne - chociażby dźwięk odbijających się od świetlika kropel deszczu, który jest trudny do wyeliminowania [D4].



Ilustracja 4. Źródła hałasu mogące zakłócać przebieg próby muzycznej [D4, tłumaczenie: autorka].

W kwestii izolacyjności akustycznej sal prób muzycznych, literatura naukowa najwięcej uwagi poświęca odpowiedniej izolacyjności przegród wewnętrznych. Wynika to ze specyfiki tych pomieszczeń co wyjaśnia Gil (2015) w swojej rozprawie doktorskiej - w przypadku sąsiadujących ze sobą sal prób muzycznych źródłem hałasu w pomieszczeniu nadawczym są instrumenty muzyczne o dużej mocy akustycznej w szerokim zakresie częstotliwości, natomiast tolerancja na dźwięki z sąsiedniej sali prób jest bardzo niska. Według ankiety opublikowanej przez Lamberty (1980), 86% studentów wskazało, że podczas prób najbardziej przeszkadzają im dźwięki muzyczne z sali obok, a tylko dla 9% większym problemem był hałas z zewnątrz. Gil (2015), powołując się na Miller'a (1993), zaznacza, że szczególnej uwagi wymagają sale do nauki gry na instrumencie - nauczyciele są wyjątkowo wrażliwi na dźwięki z sąsiednich pomieszczeń, a ocena gry podopiecznego wymaga niezakłóconej koncentracji.

Jak podkreśla Paek (2003) istotne jest, aby izolacja akustyczna między salami prób była skuteczna w całym spectrum częstotliwości, w tym także w niskich częstotliwościach charakterystycznych m.in. dla perkusji. Z tego względu Gil (2015) proponuje podział instrumentów muzycznych ze względu na poziom ciśnienia akustycznego i widm częstotliwościowych. W swojej rozprawie doktorskiej wyznacza nowe kryteria izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych dla przegród między salami prób:  $(R'_w + C_A) \geq 67$  dB<sup>16</sup> w przypadku sal z wykorzystaniem instrumentów dętych i  $(R'_w + C_B) \geq 54$  dB<sup>17</sup> dla pozostałych instrumentów. Obowiązująca wówczas norma PN-B-02151-3:1999 [N6] wymagała osiągnięcia izolacyjności na poziomie  $R'_{A,1} = \text{min. } 45$  dB<sup>18</sup> między tradycyjnymi salami lekcyjnymi, bez uwzględnienia sal muzycznych. W 2015 roku zastąpiła ją nowa norma PN-B-02151-3:2015-10 [N7], w której pojawił się wymóg izolacyjności  $R'_{A,1} = \text{min. } 58$  dB między salą lekcyjną a salą do zajęć muzycznych. Dla porównania<sup>19</sup> - minimalna wartość izolacyjności od dźwięków powietrznych dla przegród pionowych między salami muzycznymi wg normy brytyjskiej BB93 [N2] to  $D_{nT,w} = \text{min. } 55$  dB<sup>20</sup>, a wg amerykańskiej wynosi  $STC = \text{min. } 60$  dB<sup>21</sup> [N1]. Jak udowadnia James (2005) to nadal są zbyt niskie wartości.<sup>22</sup> W ramach badań udało mu się uzyskać izolacyjność na poziomie  $D_{nT,w} = 69$  dB w sali perkusyjnej, przy spełnieniu wymaganego poziomu tła akustycznego oraz czasu pogłosu we wnętrzu. Pomimo izolacyjności na poziomie dużo wyższym niż wymagany (różnica wyniosła 14 dB), sąsiednia sala okazała się niezdatna do użytku podczas prób perkusyjnych. Według James'a (2005) zadowalającą wartością izolacyjności byłoby  $D_{nT,w} = 90$  dB, ale jest to trudne do uzyskania.

Zastosowanie między salami prób przegród o wysokiej izolacyjności akustycznej, wyrażonej jako parametr liczbowy, może okazać się niewystarczające, ponieważ dotyczy ona dźwięków powietrznych. Istotnym i często pomijanym aspektem izolacyjności akustycznej jest transmisja dźwięków materiałowych, w tym uderzeniowych między salami prób. Dotyczy to szczególnie transmisji dźwięków niskoczęstotliwościowych generowanych przez pianina i

<sup>16</sup>  $R'_w$  - wskaźnik ważony przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'$  [dB]. Przybliżona izolacyjność akustyczna właściwa  $R'$  uwzględnia straty na izolacyjności ze względu na przenoszenie boczne dźwięku np. ścianami prostopadłymi do przegrody, której izolacyjność jest mierzona;

$C_A$  - widmowy wskaźnik adaptacyjny - współczynnik korekcyjny dotyczący dźwięków jakie wytwarzają instrumenty muzyczne o niewielkiej zawartości energii akustycznej w niskim paśmie częstotliwości np. instrumenty dęte, skrzypce. Wskaźnik został wyliczony i wprowadzony do literatury przez Gil'a (2015).

<sup>17</sup>  $C_B$  - widmowy wskaźnik adaptacyjny - współczynnik korekcyjny dotyczący dźwięków jakie wytwarzają instrumenty muzyczne o dużej zawartości energii akustycznej w niskim paśmie częstotliwości np. fortepian, kontrabas. Wskaźnik został wyliczony i wprowadzony do literatury przez Gil'a (2015).

<sup>18</sup>  $R'_{A,1}$  - wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'$  [dB], uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny  $C$  dotyczący hałasów użytkowych np. rozmowa, muzyka, zabawa dzieci.

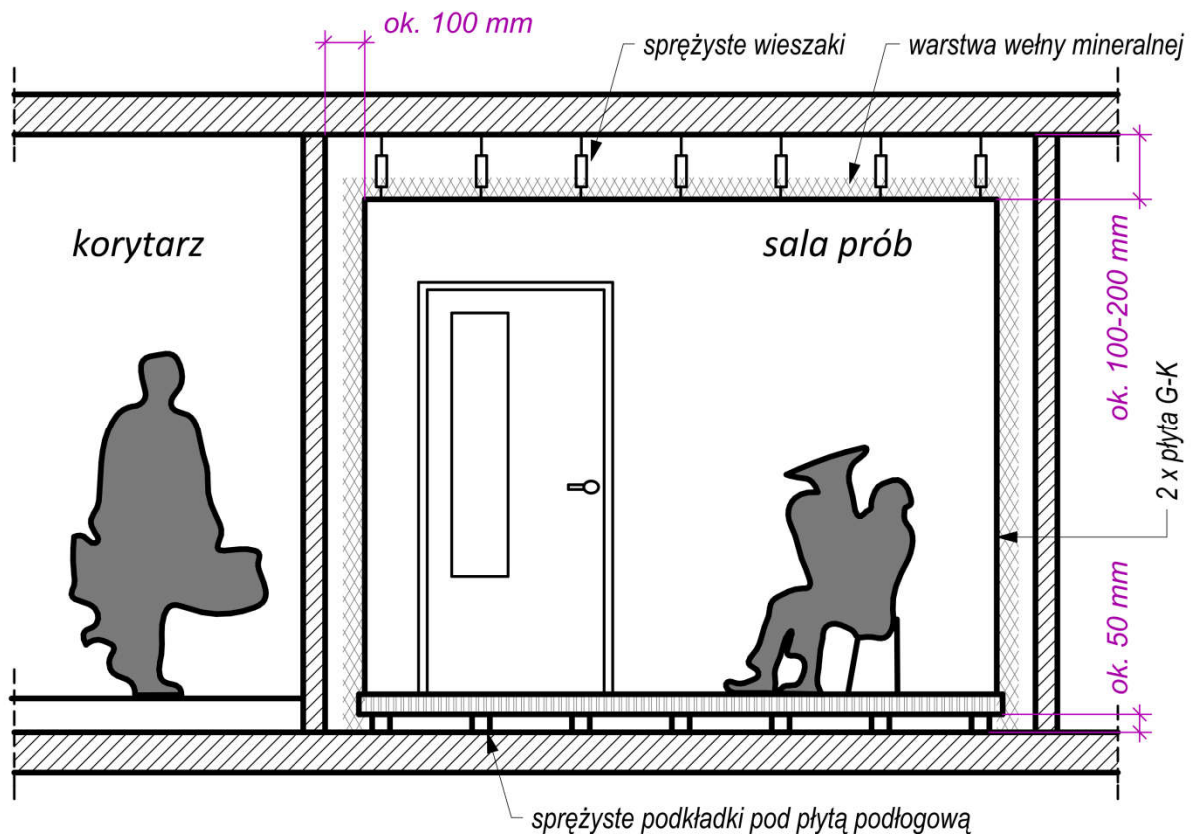
<sup>19</sup> Autorka ma świadomość, iż wszystkie wymienione wskaźniki dotyczące izolacyjności akustycznej przegród zostały obliczone różnymi metodami lub uwzględniają różne wskaźniki korekcyjne. Brak prostych i szybkich metod na ujednoczenie wymienionych wskaźników uniemożliwia ich precyzyjne porównanie. Zostały one podane w celach orientacyjnych.

<sup>20</sup>  $D_{nT,w}$  - ważony wskaźnik wzorcowej różnicy poziomów  $D_{nT}$

<sup>21</sup>  $STC$  - klasa transmisji dźwięku (z ang. *sound transmission class*) - jedno-liczbowy wskaźnik wyrażający izolacyjność akustyczną przegrody, drzwi lub okna, uzyskany w warunkach laboratoryjnych; stosowany w amerykańskim systemie normalizacyjnym, zbliżony wartościami do europejskiego parametru  $R_w$ .

<sup>22</sup> James (2005) odniósł się do minimalnej izolacyjności akustycznej wskazanej przez BB93 [N2].

fortepiany. Są to instrumenty muzyczne o dużej masie, których sztywny styk z podłogą często generuje dźwięki materiałowe przenikające do sąsiednich pomieszczeń, z pominięciem drogi powietrznej i izolacyjności akustycznej ścian od dźwięków powietrznych. Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie tzw. podłogi pływającej ciężkiej o podwyższonych parametrach wibroakustycznych. Można to uzyskać stosując na konstrukcji stropu warstwę elastyczną z kalibrowanej wełny mineralnej oraz wylewkę betonową o dużej masie, bez dodatków mineralnych, z dylatacją obwodową obejmującą wszystkie warstwy. Efektywne jest również stosowanie ciężkiej płyty zbrojonej na elastomerach (Ilustracja 5). Warto podkreślić, że w szkołach muzycznych w niemal każdej sali prób znajduje się pianino lub fortepian, tak więc powyższe zalecenia powinny dotyczyć wszystkich sal.



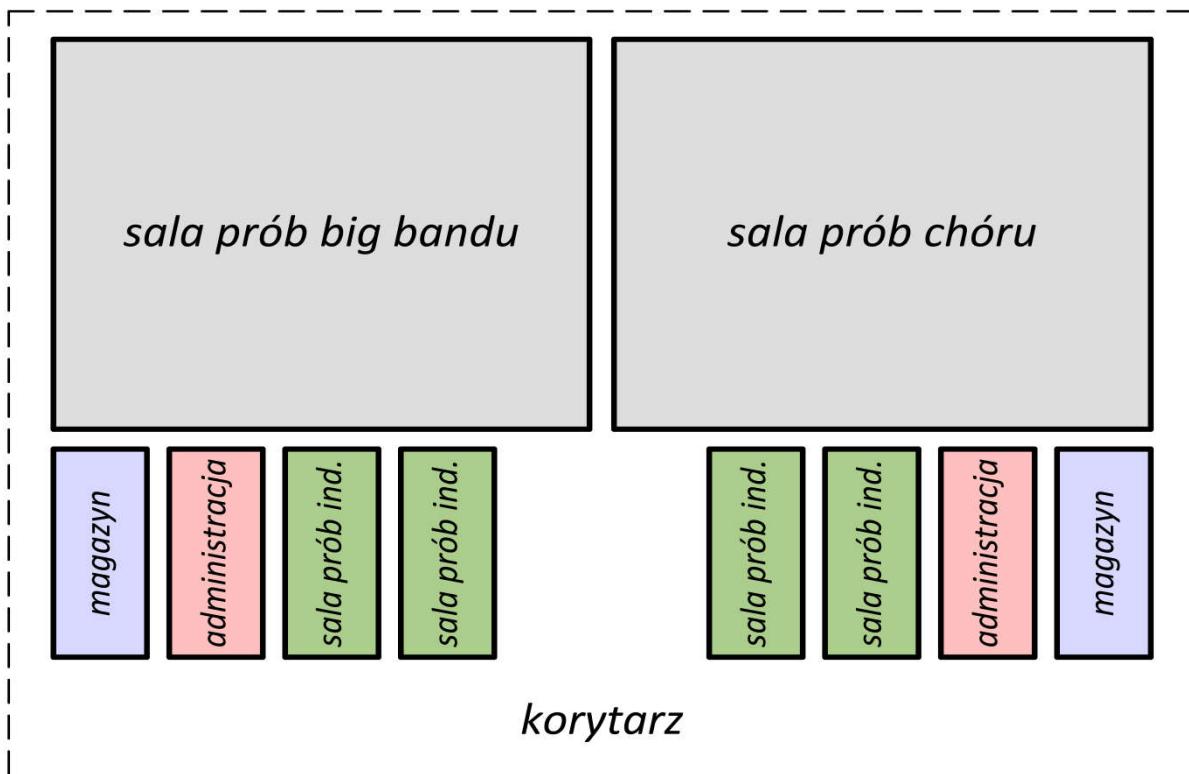
Ilustracja 5. Konstrukcja *box-in-box* [opracowanie: autorka, na podstawie D4].

Wartości izolacyjności akustycznej przedstawione w BB93 [N2] mogą być wystarczające w przypadku sal śpiewu, sal dedykowanych instrumentom dętym drewnianym i strunowym, ale są zbyt niskie dla pianina, instrumentów dętych blaszanych i perkusyjnych. Dlatego James (2005), podobnie jak Gil (2015), sugeruje strefowanie sal prób muzycznych w zależności od rodzaju instrumentu, co ma pozwolić na uzyskanie odpowiedniej izolacyjności między salami, przy minimalizowaniu kosztów realizacji. Z tego względu w publikacji architektonicznej [D4] pojawiło się zalecenie, aby sale dedykowane najgłośniejszym instrumentom (perkusyjne, dęte blaszane) oraz sale prób dużych zespołów lokalizować na parterze, w jak największej odległości od pozostałych sal prób. Zarówno pozycja [D4] jak i Gil (2005) proponują konstrukcję *box-in-box* w przypadku najgłośniejszych pomieszczeń. Ideą konstrukcji *box-in-*

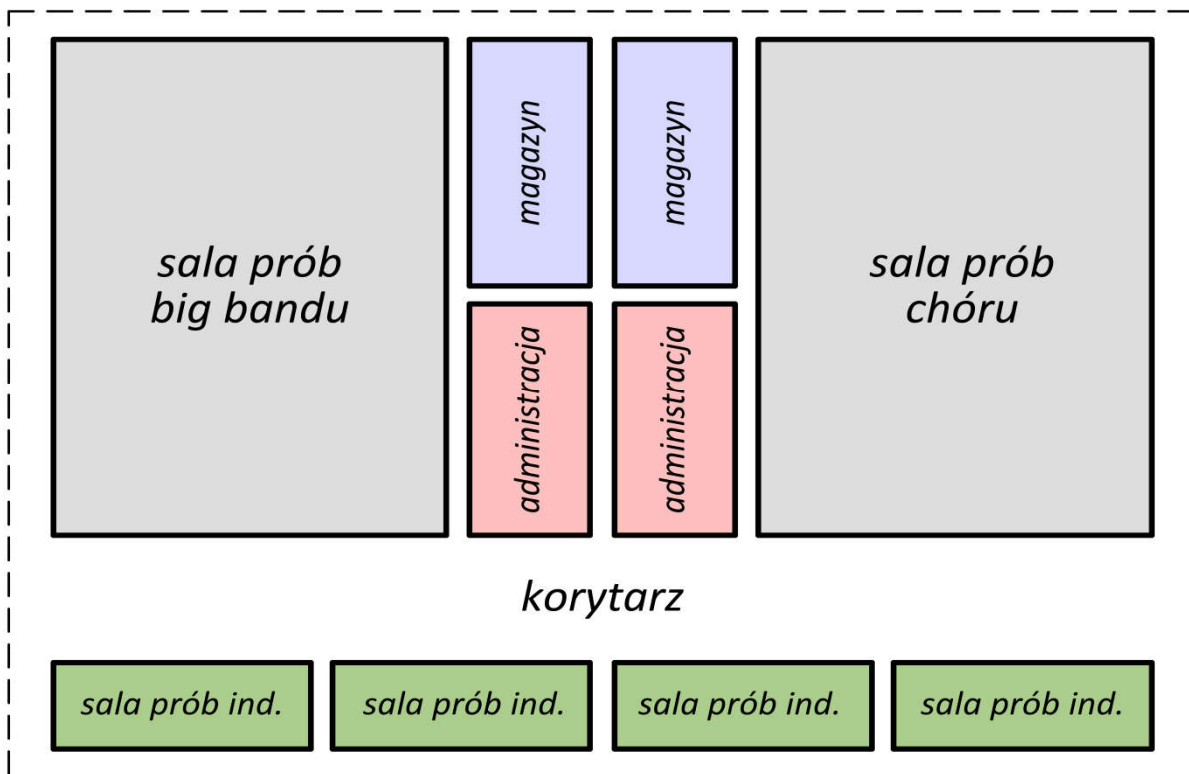
*box* (Ilustracja 5) jest odizolowanie sali od głównej konstrukcji budynku np. poprzez lekką konstrukcję z płyt gipsowo-kartonowych na ruszcie stalowym przymocowanym do podłogi i sufitu [D4, Gil (2015)].

Przegląd literatury naukowej wskazuje, że osiągnięcie satysfakcjonującej izolacyjności akustycznej przegród między salami prób muzycznych przy zastosowaniu obecnie dostępnej technologii, wiąże się z wysokimi kosztami i stratą kubatury (konieczność zastosowania grubych przegród zmniejsza powierzchnię netto budynku). Pozycje literaturowe przeznaczone dla architektów sugerują kilka rozwiązań funkcjonalno-przestrzennych, które mogą zwiększyć poziom izolacyjności akustycznej bez ingerencji w fizyczne parametry przegrody. W publikacjach z nurtu architektonicznego [D2, D8, D11] najczęściej rekomenduje się stosowanie tzw. stref buforowych, szczególnie między salami prób przeznaczonymi dla licznych i głośnych zespołów muzycznych (Ilustracja 6-7), pod postacią pomieszczeń administracyjnych, korytarzy lub magazynów instrumentów. Jest to korzystne rozwiązanie również w kwestii organizacji zajęć - uczniowie mają ułatwiony dostęp do instrumentów, oszczędzają czas, a ryzyko uszkodzenia instrumentu podczas zwiększonej mobilności muzyków na drodze *sala prób - magazyn* maleje [D11]. Pozycja literaturowa [D4] zaleca unikania bezpośredniego sąsiedztwa pomieszczeń higieniczno - sanitarnych ze względu na hałas instalacji wodno - kanalizacyjnej.

Często sugerowanym w literaturze zabiegiem architektonicznym jest stosowanie przedsionków, które oddzielają salę prób od ciągu komunikacyjnego [D3, D4]. Przekłada się to na lepszą izolacyjność na linii *sala-korytarz*, a także między sąsiednimi salami prób. Efektywność akustyczna tego rozwiązania została udowodniona również w badaniach przeprowadzonych w jednej z krakowskich szkół muzycznych [Zastawna (2014)]. Rozwiązanie takie prowadzi jednak do dalszej utraty powierzchni użytkowej. Alternatywnym rozwiązaniem dla przedsionków jest zastosowanie podwójnych drzwi prowadzących do sali prób.

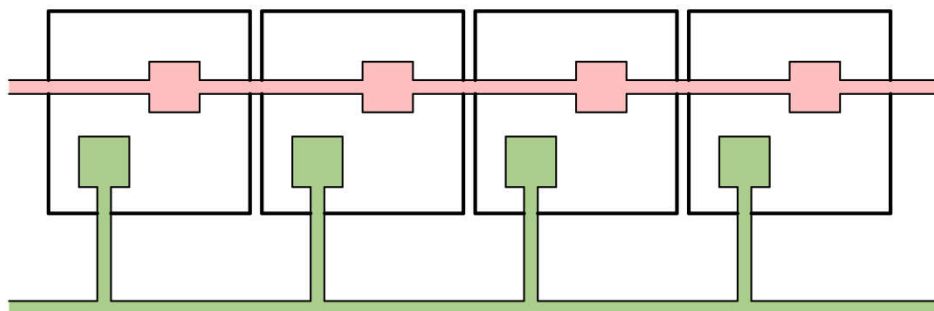


Ilustracja 6. Nieprawidłowe rozplanowanie układu sal prób muzycznych - brak stref buforowych między pomieszczeniami przeznaczonymi na próby dużych zespołów muzycznych i chóru.  
[opracowanie: autorka, na podstawie D12]

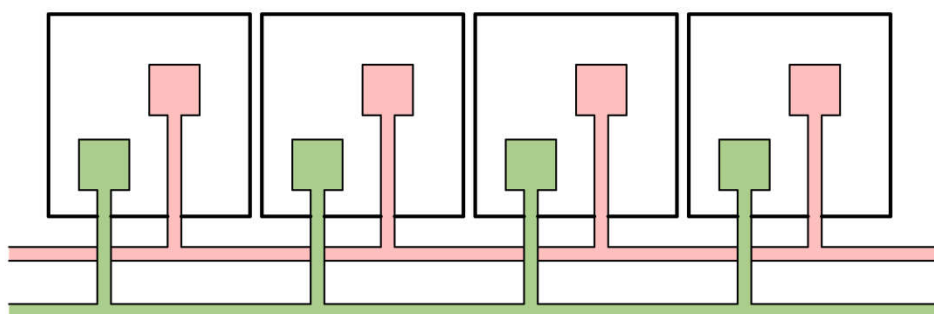


Ilustracja 7. Prawidłowe rozplanowanie układu sal prób muzycznych - wykorzystanie magazynów i pomieszczeń biurowych jako stref buforowych. [opracowanie: autorka, na podstawie D12]

W kwestii izolacyjności akustycznej przegród między salami prób, publikacje architektoniczne [D2, D12] podejmują istotną kwestię projektowania przebiegu kanałów instalacyjnych (wentylacja, klimatyzacja, elektryka). Zaleca się unikania łączenia sal kanałami wentylacyjnymi, a jeśli jest to nieuniknione - zastosowania pomiędzy salami odpowiednio dobranych tłumików akustycznych oraz izolacji akustycznej wokół kanałów. Rekomenduje się prowadzenie kanałów wentylacyjnych sal prób bezpośrednio do kanału zbiorczego na korytarzu (Ilustracja 8-9). Pozycja literaturowa [D3] dodatkowo zaleca lokalizować mijankowo kontakty instalacji elektrycznej w ścianach między salami.



Ilustracja 8. Przykład nieprawidłowo zaprojektowanej instalacji wentylacyjnej - bezpośrednie połączenia kanałami wentylacyjnymi między sąsiednimi salami prób. [opracowanie: autorka, na podstawie D12]



Ilustracja 9. Przykład prawidłowo zaprojektowanej instalacji wentylacyjnej - brak bezpośredniego połączenia kanałami wentylacyjnymi między salami prób, zastosowanie kanału zbiorczego poza salami. [opracowanie: autorka, na podstawie D12]

### 2.3.2. Wielkość sal prób muzycznych.

Wejście w życie zapisów unijnej Dyrektywy 2003/10/WE [A1]<sup>23</sup> przyczyniło się do zwiększenia zainteresowania jakością sal dedykowanych muzyce, jako miejsca pracy zawodowych muzyków i nauczycieli muzyki oraz miejsca nauki. Liczne badania akustyczne dowiodły, że najczęstszym problemem tych pomieszczeń jest poziom dźwięku jaki generują instrumenty muzyczne.<sup>24</sup> Muzycy określają te wnętrza jako za głośne i zbyt hałaśliwe. Według akustyków jest to konsekwencja zbyt małych kubatur oraz nieodpowiednich adaptacji akustycznych pomieszczeń. Według Kahle (2014) nadmierna głośność sali muzycznej jest "zabójczym kryterium" - jeśli pomieszczenia są zbyt głośne, to z czasem przestaną być użytkowane zgodnie z przeznaczeniem. Takie aspekty jak odpowiedni czas pogłosu, możliwość uzyskania barwy, intonacji dźwięku to kwestie drugorzędne - są one mile widziane, ale jeśli pomieszczenie jest zbyt głośne, to dodatkowe aspekty przestają mieć znaczenie. Niekiedy studenci wolą ćwiczyć w lobby lub na klatkach schodowych niż w małych salach do tego przeznaczonych. Problem zbyt dużej "głośności" sali prób można częściowo rozwiązać poprzez dodanie elementów pochłaniających dźwięk, a co za tym idzie skrócenie czasu pogłosu i zmniejszenie poziomu dźwięku w pomieszczeniu. Jednak efekt takich działań jest ograniczony. Jak wykazał Halmrast (2014) muzycy podświadomie rekompensują sobie zbyt wytłumioną przestrzeń bardziej intensywną grą. W efekcie redukcja poziomu dźwięku w pomieszczeniu jest niższa. Do podobnych wniosków doszedł Gade (2010). Zwrócił on uwagę, że do kwestii zbyt głośnej muzyki nie można podchodzić jak do zbyt głośnego hałasu. Hałas przemysłowy jest dźwiękiem niepożądanym, więc naturalnym sposobem przeciwdziałania są ochronniki słuchu i montaż materiałów dźwiękochłonnych. W przypadku muzyki jest inaczej - jeśli pomieszczenie będzie zbyt mocno wytłumione lub zlikwiduje się wczesne odbicia tak istotne podczas gry, to muzycy intuicyjnie zaczną grać głośniej lub uznają salę za niezdatną. Zamiast dodawać elementy pochłaniające dźwięk, należy skupić się na wielkości sal prób muzycznych.

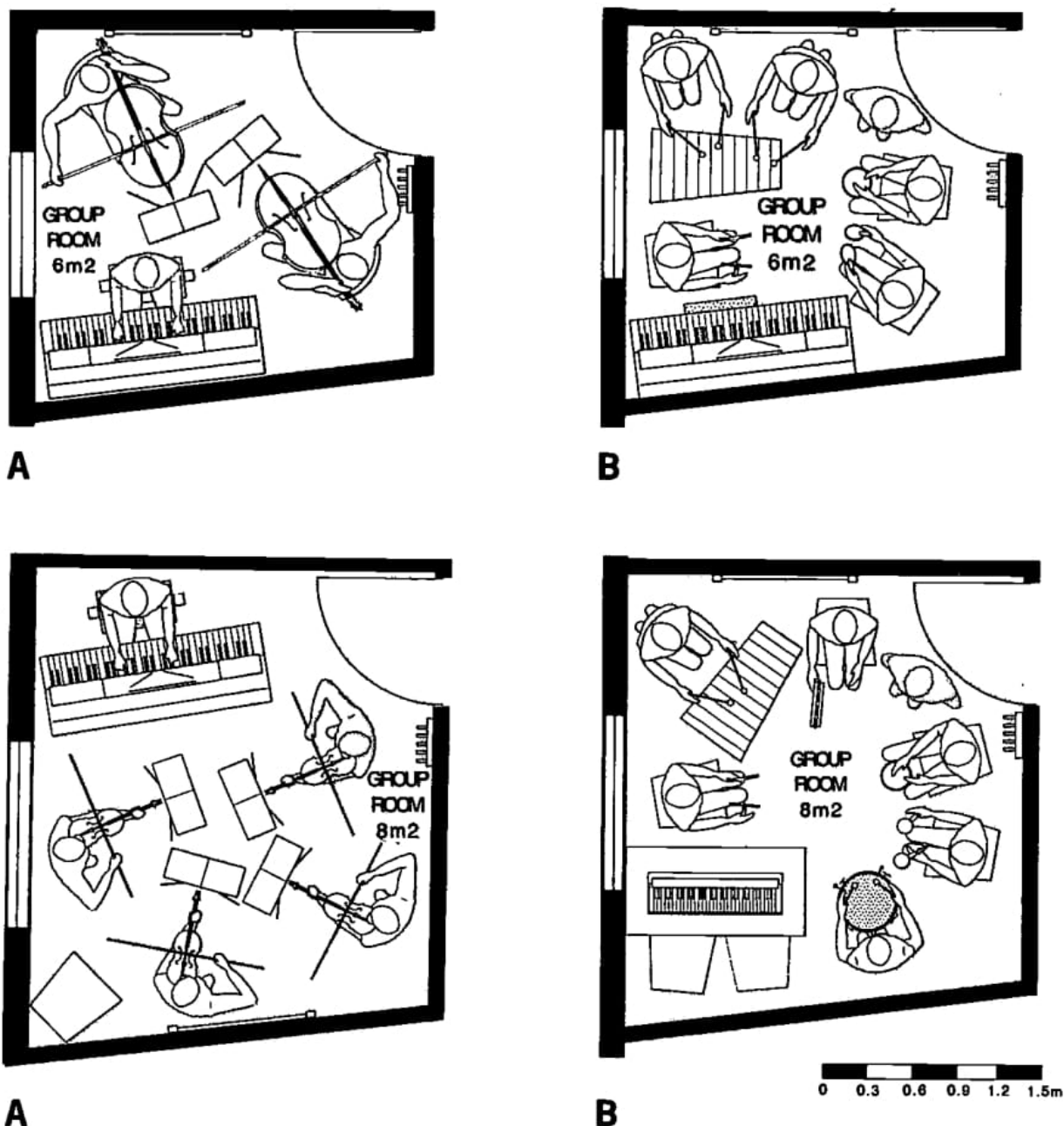
W pierwszej kolejności, porównując zalecenia zawarte w publikacjach architektonicznych oraz w artykułach akustyków, autorka zwróciła uwagę na różnicę stosowanych parametrów opisujących wielkość sal prób muzycznych. Pozycje literaturowe dedykowane architektom używają parametru *powierzchni* pomieszczenia, co z punktu widzenia zasad ergonomii wydaje się prawidłowe. Z kolei akustycy, w swoich artykułach naukowych, posługują się *kubaturą* jako parametrem określającym wielkość wnętrza.

---

<sup>23</sup> Dyrektywa 2003/10/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (hałasem) jest podstawowym dokumentem europejskim odnoszącym się do kwestii zagrożenia nadmiernym hałasem na stanowisku pracy oraz pierwszym, który wprowadzone ograniczenia narażenia na hałas rozszerza na sektor muzyczny i rozrywkowy. Dokument ten zobowiązuje pracodawców do przeprowadzenia oceny ryzyka utraty zdrowia u pracowników w związku z narażeniem na hałas w miejscu pracy, ograniczenia lub całkowitej eliminacji tego ryzyka. Dokładna analiza zapisów dyrektywy znajduje się w Załączniku 1 niniejszej rozprawy - *Muzyka jako hałas w miejscu pracy i nauki - przegląd literatury*

<sup>24</sup> Problem ten został dokładnie opisany w Załączniku 1 niniejszej pracy - *Muzyka jako hałas w miejscu pracy i nauki - przegląd literatury*.

W kwestii doboru wielkości sal prób muzycznych, literatura z nurtu architektonicznego opiera się na zasadach ergonomii - istotna jest ilość użytkowników sali, czyli muzyków oraz rodzaj instrumentów muzycznych ze względu na ich fizyczną wielkość. Pozycje brytyjskie [D2, D4] sugerują, że pomieszczenie o powierzchni 6 m<sup>2</sup> jest wystarczające aby pomieścić do 3-5 muzyków (Ilustracja 10). Dla 4 - 6 muzyków zalecana wielkość sali wynosi minimum 8 m<sup>2</sup>, a dla większych zespołów to minimum 20 m<sup>2</sup>. Z kolei w amerykańskiej literaturze zalecane minimalne powierzchnie sal prób dla 1 - 3 użytkowników wynoszą: 4,65 m<sup>2</sup> [D8], 5,1 m<sup>2</sup> [D3], 6,5 m<sup>2</sup> [D1].<sup>25</sup>



Ilustracja 10. Sale o powierzchniach 6 m<sup>2</sup> oraz 8 m<sup>2</sup>, przeznaczone na próby kilkuosobowych grup muzycznych. Według publikacji architektonicznych są to wielkości wystarczające. [D2]

<sup>25</sup> Wartości zostały przeliczone z [ft<sup>2</sup>].



Opublikowane badania i analizy akustyczne dowodzą, że podane wartości powierzchni przy typowych wysokościach pomieszczeń, są zbyt małe ze względu na dużą moc akustyczną instrumentów muzycznych oraz poziom ciśnienia akustycznego jaki generują w pomieszczeniu. Należy tu podkreślić, że poziom dźwięku jaki dociera do uszu użytkownika sali prób i który skutkuje ewentualnymi uszkodzeniami jego słuchu, jest wynikiem nie tylko mocy akustycznej źródła (w tym przypadku instrumentu muzycznego), ale również wzmocnienia tego dźwięku przez pomieszczenie. Parametrem akustycznym opisującym wzmocnienie dźwięku przez pomieszczenie jest tzw. siła dźwięku G [dB].<sup>26</sup>

Bonner (2006) wskazuje, że największy problem stanowią sale prób indywidualnych. Jest na nie duże zapotrzebowanie, szczególnie w obiektach edukacji muzycznej, dlatego projektuje się ich wiele, za to kosztem małej kubatury. Bonner (2006) przyrównuje je bardziej do biurowego boksu niż prawdziwego pomieszczenia. Klepper (1989) zaś podkreśla, że sale do prób instrumentalnych i nauki gry o typowych dla szkół, małych wymiarach, to wręcz nienaturalne środowisko dla kreowania muzyki. Gade (2012) i Heringa (2014) uważają, że bezwzględne minimum dla sal prób indywidualnych to kubatura wynosząca 30 m<sup>3</sup>. Podobne minimalne wielkości kubatur zaleca norma NS 8178:2014 [N5]: minimum 30 m<sup>3</sup> dla sal prób indywidualnych dla muzyki cichej oraz minimum 40 m<sup>3</sup> przy założeniu muzyki głośniejszej.<sup>27</sup> Rozróżnienie wielkości kubatury ze względu na rodzaj muzyki powieła norma ISO 23591:2021<sup>28</sup> [N4], lecz stawia wyższe wymagania - minimum 35 m<sup>3</sup> dla sal prób indywidualnych dla muzyki cichej oraz minimum 50 m<sup>3</sup> przy założeniu muzyki głośniejszej. Dla porównania - sale o powierzchniach 6 m<sup>2</sup> i 8 m<sup>2</sup>, przy założeniu zalecanej w tych samych pozycjach literaturowych wysokości pomieszczenia netto (h = min. 2,7 m [D2, D4]), dają odpowiednio kubatury 16,2 m<sup>3</sup> i 21,6m<sup>3</sup>. Należy podkreślić, że są to wielkości dedykowane nawet 5 - 6 osobowemu zespołowi muzycznemu. Bonner (2006) sugeruje mniejsze kubatury dla sal indywidualnych, lecz wprowadza dodatkowy podział tych pomieszczeń na sale dedykowane samodzielnym studenckim praktykom (min. 15,4 m<sup>3</sup>)<sup>29</sup> oraz sale do indywidualnej nauki gry pod okiem nauczyciela (min. 72 m<sup>3</sup>). Zasadność i potrzebę podziału stosowanego przez Bonner'a (2006) podkreśla również Heringa (2014) oraz Gil (2015) w rozprawie doktorskiej na temat izolacyjności akustycznej przegród tego typu pomieszczeń.<sup>30</sup> Podobne, mniejsze kubatury sal indywidualnych wskazuje Chasin (1996) cytowany przez Osman (2010) - min. 17 m<sup>3</sup> oraz fińska pozycja literaturowa *Code of conduct for music and*

---

<sup>26</sup> G [dB] - siła dźwięku (z ang. *sound strength*) to akustyczna odpowiedź pomieszczenia obliczana poprzez porównanie poziomu ciśnienia akustycznego będącego wynikiem wszech-kierunkowego źródła dźwięku w tym pomieszczeniu, do poziomu ciśnienia akustycznego będącego wynikiem tego samego wszech-kierunkowego źródła dźwięku, wyznaczonego w polu swobodnym (otwarta przestrzeń), 10 metrów od źródła;

<sup>27</sup> Norma NS 8178:2014 [N5] wprowadza podział praktykowanej w salach prób muzyki na 3 grupy: muzyka akustyczna cicha (głównie instrumenty strunowe), muzyka akustyczna głośna (instrumenty dęte i perkusyjne), muzyka ze wzmocnieniem elektroakustycznym.

<sup>28</sup> Norma ISO 23591:2021 [N4] powstała w oparciu o zapisy norweskiej normy NS 8178:2014 [N5].

<sup>29</sup> Wielkość kubatury sali indywidualnej u Bonner'a (2006) jest zbliżona do wielkości zalecanych w brytyjskich pozycjach architektonicznych [D2, D4]. Należy jednak pamiętać, iż Bonner (2006) zakłada 1-2 użytkowników pomieszczenia. Sugerowana powierzchnia w pozycjach [D2, D4] dotyczy sal z obłożeniem do 5 użytkowników.

<sup>30</sup> punkt 2.3.1 niniejszej pracy

*entertainment sector*<sup>31</sup> cytowana przez Koskinen (2010), która dzieli pomieszczenia na sale prób dla instrumentów dętych (min. 20 m<sup>3</sup> na każdy instrument dęty) oraz dedykowane instrumentom strunowym (min. 10 m<sup>3</sup> na każdy instrument strunowy).

W przypadku sal dedykowanych kilkuosobowym zespołom muzycznym, nadal mają zastosowanie architektoniczne zalecenia wielkości rzędu 6 m<sup>2</sup> i 8 m<sup>2</sup> jako wystarczającej przestrzeni dla 5 - 6 muzyków oraz 20-25 m<sup>2</sup> w przypadku liczniejszych zespołów [D2, D4]. Amerykańskie pozycje literaturowe sugerują pomieszczenia o powierzchni min. 7 m<sup>2</sup> [D8, D12] lub 10 m<sup>2</sup> [D1]. Daje to kubatury wielkości od 16,2 m<sup>3</sup> do 67,5 m<sup>3</sup>.<sup>32</sup>

Według akustyków wielkości sal prób dla małych zespołów instrumentalnych powinny być zdecydowanie większe (Ilustracja 11-12). Heringa (2014) zaleca kubaturę od 90 m<sup>3</sup> do nawet 320 m<sup>3</sup>, podobnie jak Gade (2012): od 90 m<sup>3</sup> do 360 m<sup>3</sup> dla zespołów składających się z 3-12 muzyków. Norma NS 8178:2014 [N5], dla identycznego przedziału ilości użytkowników (3-12 muzyków), rekomenduje kubatury w zakresie 40-200 m<sup>3</sup> w przypadku muzyki akustycznej cichej oraz 60-360 m<sup>3</sup> dla muzyki głośnej. Według normy ISO 23591:2021 [N4] konkretne wartości kubatur powinny być uzależnione od sprecyzowanej liczebności zespołu - w przypadku muzyki cichej jest to 25 m<sup>3</sup> na każdego muzyka, w przypadku muzyki głośnej jest to 30 m<sup>3</sup> na każdego wykonawcę. Zaproponowany przez Patrick (1967) przelicznik kubatury 11 m<sup>3</sup> na muzyka, w tym przypadku daje wartości od 33 m<sup>3</sup> do 132 m<sup>3</sup>. Jednak z uwagi na rok publikacji i duży rozwój akustyki jako dziedziny naukowej, który później nastąpił, autorka traktuje tą wytyczną wyłącznie orientacyjnie. Z kolei cytowany przez Koskinen (2010) *Finnish Code of Conduct*<sup>33</sup> posługuje się stałym przelicznikiem, który uwzględnia ilość muzyków oraz rodzaj instrumentu<sup>34</sup>, co przekłada się na minimalną kubaturę 30 m<sup>3</sup> dla trio smyczkowego i minimum 60 m<sup>3</sup> dla trio na instrumentach dętych.<sup>35</sup> Jak zauważyła autorka, zalecane wielkości sal prób muzycznych różnią się w zależności od nurtu literaturowego. Różnice te można podsumować w następujący sposób: maksymalne wartości sugerowane w literaturze architektonicznej pokrywają się z minimalnymi wymogami opublikowanymi przez akustyków.

Skąd wynikają tak duże różnice zalecanych wielkości sal prób muzycznych?

W celu porównania wielkości sal prób zalecanych przez akustyków posługujących się parametrem *kubatury* pomieszczenia, z wytycznymi zawartymi w pozycjach literaturowych dedykowanym architektom, w których zastosowanie znajduje jedynie parametr *powierzchni* sali, autorka uznała za konieczne porównanie zaleceń dotyczących wysokości pomieszczeń zawartych w obu nurtach literaturowych.

Analizowana literatura brytyjska z nurtu architektonicznego rekomenduje wysokość sali prób indywidualnych w przedziale 2,7 - 3,0 m w świetle pomieszczenia [D2]. W przypadku sal prób małych zespołów muzycznych jest to przedział 2,7 - 4,0 m w świetle [D2]. Inna pozycja

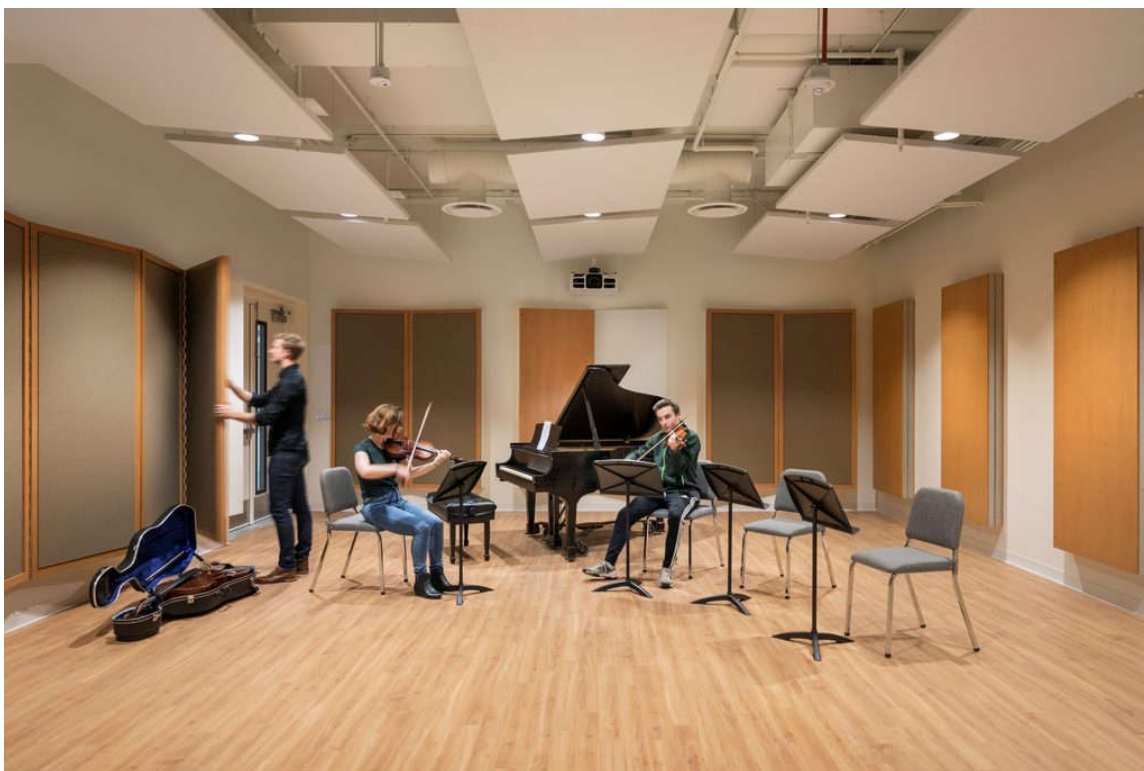
<sup>31</sup> Code of conduct for music and entertainment sector, 2006, in Finnish; Koskinen (2010) używa sformułowania *Finnish Code of Conduct*, które to autorka zapożyczyła na cele niniejszej pracy;

<sup>32</sup> Przy założeniu wysokości netto pomieszczenia równej 2,7 m, co sugerują cytowane pozycje lit. [D2, D4]

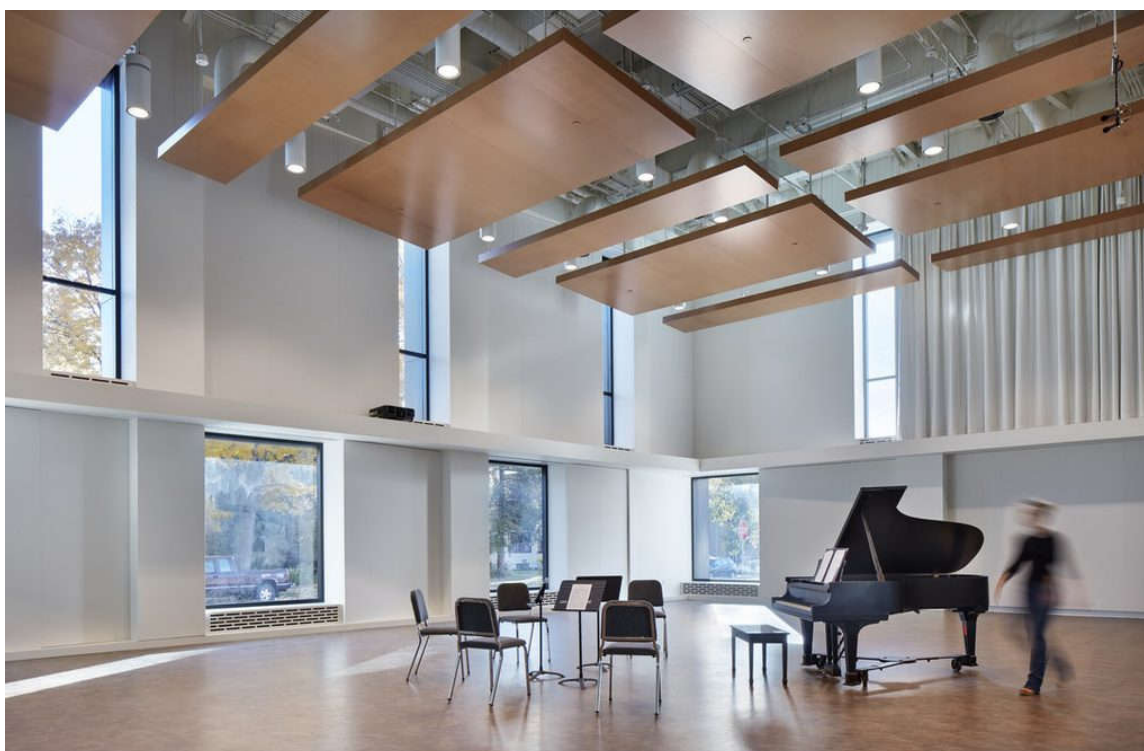
<sup>33</sup> Patrz przypis 31.

<sup>34</sup> Podział instrumentów muzycznych na dwa rodzaje: strunowe i dęte, autorka uważa za zbyt ogólny.

<sup>35</sup> 10 m<sup>3</sup> dla każdego instrumentu strunowego, 20 m<sup>3</sup> dla każdego instrumentu dętego;



Ilustracja 11. Weitz Center of Creativity, Northfield, USA – sala prób małych zespołów muzycznych *Puzak Studio*. Architektura: MSR Design. [www.carleton.edu, dostęp: styczeń 2022]



Ilustracja 12. Weitz Center of Creativity, Northfield, USA – sala kameralna *Shackel Rehearsal Hall*. Architektura: MSR Design. [www.carleton.edu, dostęp: styczeń 2022]

literaturowa wskazuje 3,0 m jako minimalną wysokość kondygnacji<sup>36</sup> [D4], co przy uwzględnieniu grubości warstw konstrukcyjnych i wykończeniowych stropu daje podobną wartość w świetle - około 2,7 m. W literaturze amerykańskiej dedykowanej architektom brak jest konkretnych zaleceń co do wysokości sal prób muzycznych. Jedynie Wenger Corporation w swoich pozycjach literaturowych rekomenduje wysokości w świetle pomieszczeń w przedziale 2,5 - 3,7 m [D11] dla sal ćwiczeń indywidualnych i małych zespołów instrumentalnych. Wytyczne dotyczące wysokości sal prób dla dużych zespołów muzycznych różnią się między sobą w zależności od pozycji literaturowej. Wenger Corporation [D10, D11] stosuje podział zalecanych wysokości sal w zależności od ilości muzyków wchodzących w skład orkiestry. Pozostałe pozycje literaturowe rekomendują wysokości sal, które mieszczą się w przedziale od 4,3 do nawet 7,6 m [D1, D3, D6, D8], jednak brak jest sprecyzowanej wielkości zespołu muzycznego.

Literatura z nurtu akustycznego znacznie więcej uwagi poświęca kwestii doboru odpowiedniej wysokości sal prób muzycznych. Norma NS 8178:2014 [N5] podaje wysokość 2,7 m w świetle jako minimum dla sal indywidualnych prób muzycznych, niezależnie od rodzaju instrumentu. Norma ISO 23591:2021 [N4] zwiększa wymaganą wysokość w przypadku sal prób indywidualnych dla muzyki głośnej do 3,0 m jako minimum. Paek (2003) sugeruje wysokości w świetle z przedziału 2,4 – 3,0 m. O krok dalej idzie Bonner (2006) i Heringa (2014), którzy w swoich publikacjach podkreślają potrzebę rozróżnienia sal prób przeznaczonych na indywidualne próby studentów i sal dedykowanych nauce gry na instrumencie, gdzie poza studentem jest obecny również nauczyciel. Obaj zgodnie uważają, że sale do nauki gry instrumentalnej pod okiem nauczyciela wymagają większej wysokości w świetle pomieszczenia, co przekłada się na większą kubaturę. Bonner (2006) zaleca minimalną wysokość sali prób indywidualnych równą 2,75 m, natomiast wysokość dla sali nauki gry to minimum 3,3 m. Jeszcze większe różnice proponuje Heringa (2014), który zaleca wysokość minimum 3,0 m dla sal indywidualnych, natomiast wysokość pomieszczenia służącego jako sala nauki gry powinna zawierać się w przedziale 4,0 - 4,5 m. Te same pozycje literaturowe podają również wartości zalecanych wysokości w świetle pomieszczenia dla sal prób małych zespołów muzycznych (kilkuosobowych) oraz dużych zespołów (powyżej 12 instrumentalistów). Pomieszczenia przeznaczone na próby małych grup muzycznych powinny mieć wysokość minimum 3,5 m w świetle według normy NS 8178:2014 [N5] oraz ISO 23591:2021 [N4]. Paek (2003) rekomenduje przedział wysokości 3,0 - 4,2 m, natomiast Heringa (2014) zaleca wysokość minimum 4,0 m w świetle przegród poziomych, a nawet 4,5 m jeśli głównym przeznaczeniem sali są próby małych zespołów pod okiem nauczyciela (Ilustracja 13). W przypadku sal prób dużych zespołów muzycznych norma NS 8178:2014 [N5] oraz ISO 23591:2021 [N4] sugerują przyjąć 4,5 m jako minimalną wysokość w świetle pomieszczenia. Bonner (2006) zaleca przedział 5,5-7,0 m; Paek (2003): 4,8-7,3 m, natomiast Heringa (2014) rekomenduje przyjmować minimum 6,0 m jako wysokość w świetle pomieszczenia. Jednak brak jest sprecyzowanych wielkości grup muzycznych w stosunku do zalecanej wysokości sali prób.

---

<sup>36</sup> Wysokość kondygnacji rozumiana jest jako różnica poziomów kolejnych kondygnacji budynku.



Ilustracja 13. Allende - Performing Arts Center, Mons-en-Baroeul, Francja – sala prób kilkuosobowych zespołów muzycznych, której wymaganą kubaturę osiągnięto dzięki wysokości pomieszczenia ponad 4,5 m. Architektura: Dominique Coulon & Associates. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2020, fot.: E.Pons, D. Romero-Uzeda]

Przeprowadzona przez autorkę szczegółowa analiza polegająca na porównaniu zaleceń dotyczących wysokości sal prób muzycznych zawartych w obu nurtach literaturowych wykazała, że rekomendowane przez akustyków minimalne wielkości wysokości tych pomieszczeń są takie same lub większe w porównaniu do wartości zalecanych w literaturze z nurtu architektonicznego. Jednak te różnice nie są na tyle duże aby *wysokości pomieszczenia* traktować jako jedyny parametr decydujący o różnicach otrzymanych kubatur sal prób. Większe różnice dotyczą parametru *powierzchni* i to one najbardziej wpływają na późniejsze różnice wielkości kubatur sal prób muzycznych, które otrzymujemy stosując się do literaturowych zaleceń. Co prawda, w publikacjach z nurtu architektonicznego zwraca się uwagę na negatywne skutki zbyt małych kubatur i konieczność minimalizowania ekspozycji

na hałas w miejscu pracy i nauki [D3, D4, D11, D12]. Mimo to, wielkości sal wyrażone poprzez zalecane powierzchnie i wysokości wewnątrz, dają w efekcie zbyt małe kubaturowo pomieszczenia. James (2005) analizując brytyjskie pozycje literaturowe z nurtu architektonicznego pod względem wytycznych odnoszących się do wielkości sal prób muzycznych, podkreśla, że są to wartości minimalne a nie obligatoryjne dla architektów. Jest to trafne spostrzeżenie, jednak autorka rozprawy zwróciła uwagę na część ilustracyjną zawartą w wyżej wymienionej literaturze, która według autorki tylko utwierdza czytelnika - architekta w przekonaniu, że fizyczne pomieszczenie wymaganej ilości użytkowników wraz z ich instrumentami muzycznymi i zapewnienie minimalnej swobody ruchu podczas gry, jest całkowicie wystarczające (Ilustracja 10).

Parametru *wysokości* sal prób muzycznych nie można jednak pomijać. Kahle (2014) zwraca uwagę, że często jest to najmniejszy wymiar sali prób muzycznych, a co za tym idzie to wysokość, czyli odległość między posadzką a sufitem sali jest odpowiedzialna za wczesne odbicia<sup>37</sup> dźwięku generowanego przez instrumenty muzyczne. Ma to szczególnie wpływ w niskich pomieszczeniach, w których sufit jest przegrodą najbliższą źródła dźwięku, czyli instrumentu a także uszu muzyków. Według Rindel'a (2014) wysokość wewnątrz jest istotna nie tylko ze względu na poziom natężenia dźwięku w sali, ale również dla jakości dźwięku generowanego przez instrumenty muzyczne.

Analiza dostępnych materiałów konkursowych<sup>38</sup> dotyczących budowy nowych obiektów dedykowanych muzyce lub nauce gry na instrumentach, wykazała, w przeważającej większości przypadków, brak konkretnych zaleceń co do wysokości sal prób muzycznych. Wyjątek stanowią sale kameralne i koncertowe, jeśli takie zakłada program funkcjonalny obiektu. Wysokość sal prób jest pomijana, przy założeniu, że będzie spełnione minimum zapisane w obowiązujących obecnie Warunkach Technicznych [A4]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra [A4] minimalna wysokość w świetle przegród poziomych dla pomieszczeń „do pracy, nauki i innych celów, w których występują czynniki uciążliwe lub szkodliwe dla zdrowia”<sup>39</sup> (a hałas należy do takich czynników) wynosi 3,3 m. Jednak punkt 2 tego samego paragrafu daje możliwość zmniejszenia wysokości do 2,5 m „w przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej lub klimatyzacji, pod warunkiem uzyskania zgody państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego”. Jak zauważa autorka w swojej publikacji [Warzocha (2018)] zapis ten jest bardzo szkodliwy a jego wykorzystanie negatywnie wpływa na komfort akustyczny we wnętrzu o zmniejszonej wysokości.

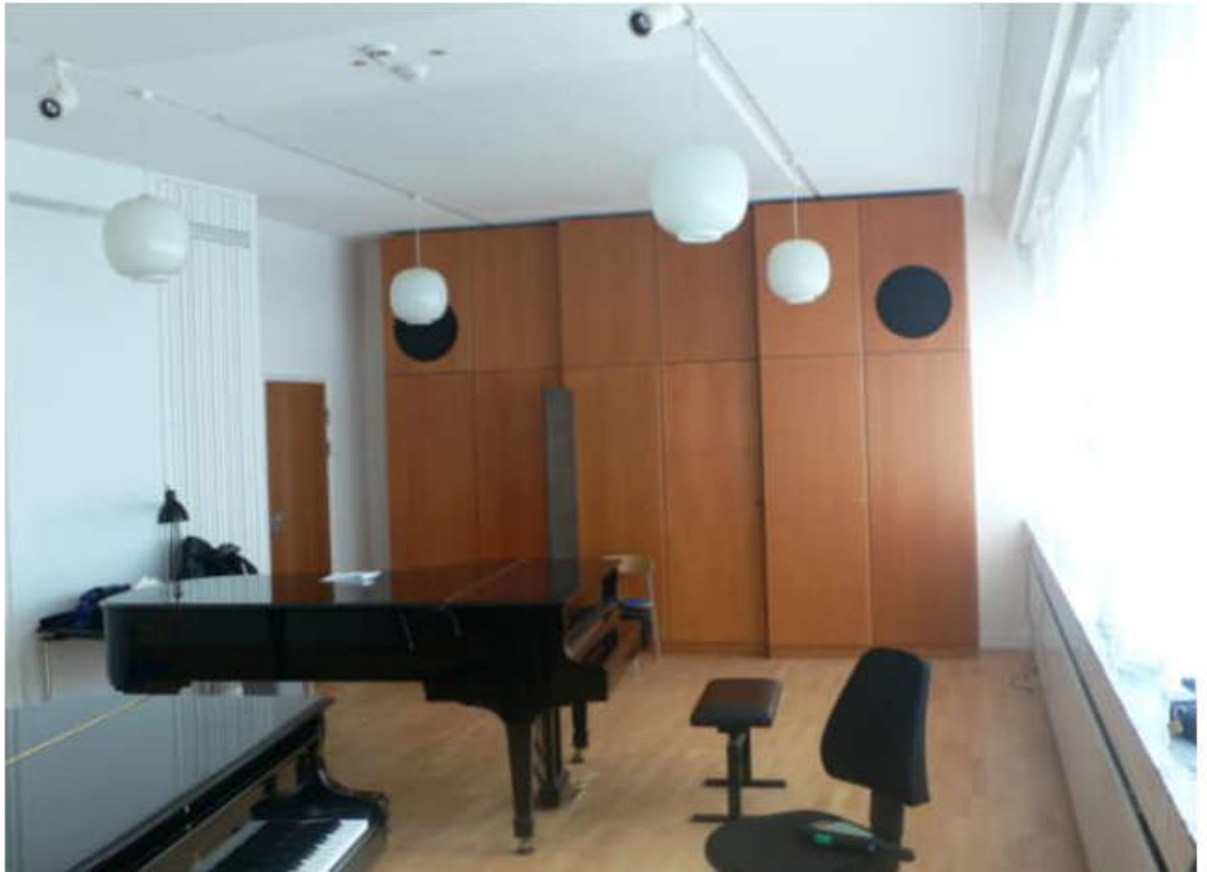
---

<sup>37</sup> Wczesne odbicia (early reflections) – dźwięki dochodzące do słuchacza typowo w czasie pierwszych 80 ms po dźwięku bezpośrednim. Dźwięki, które dochodzą do słuchacza z opóźnieniem powyżej 80 ms, stanowią tzw. późne odbicia (late reflections).

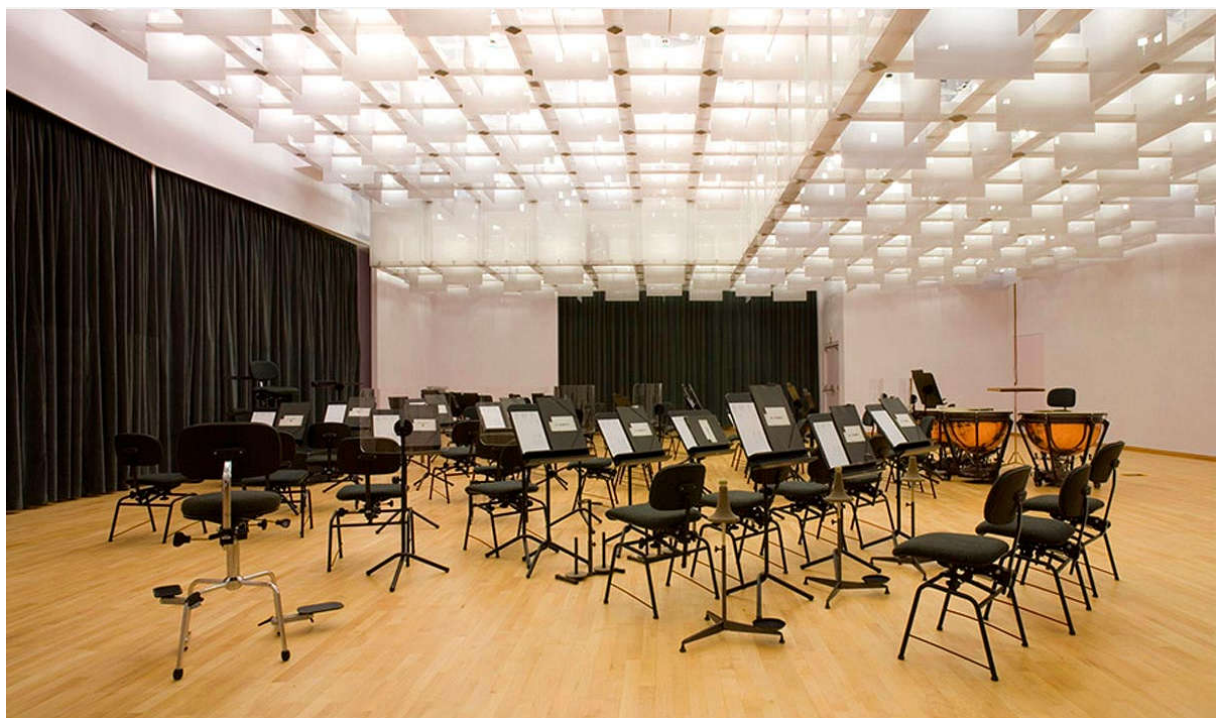
<sup>38</sup> [www.psmkonin.pl](http://www.psmkonin.pl) [dostęp: maj 2018]; [www.poznan.sarp.org.pl](http://www.poznan.sarp.org.pl) [dostęp: maj 2018];

<sup>39</sup> §72 Wysokość pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi [A4].



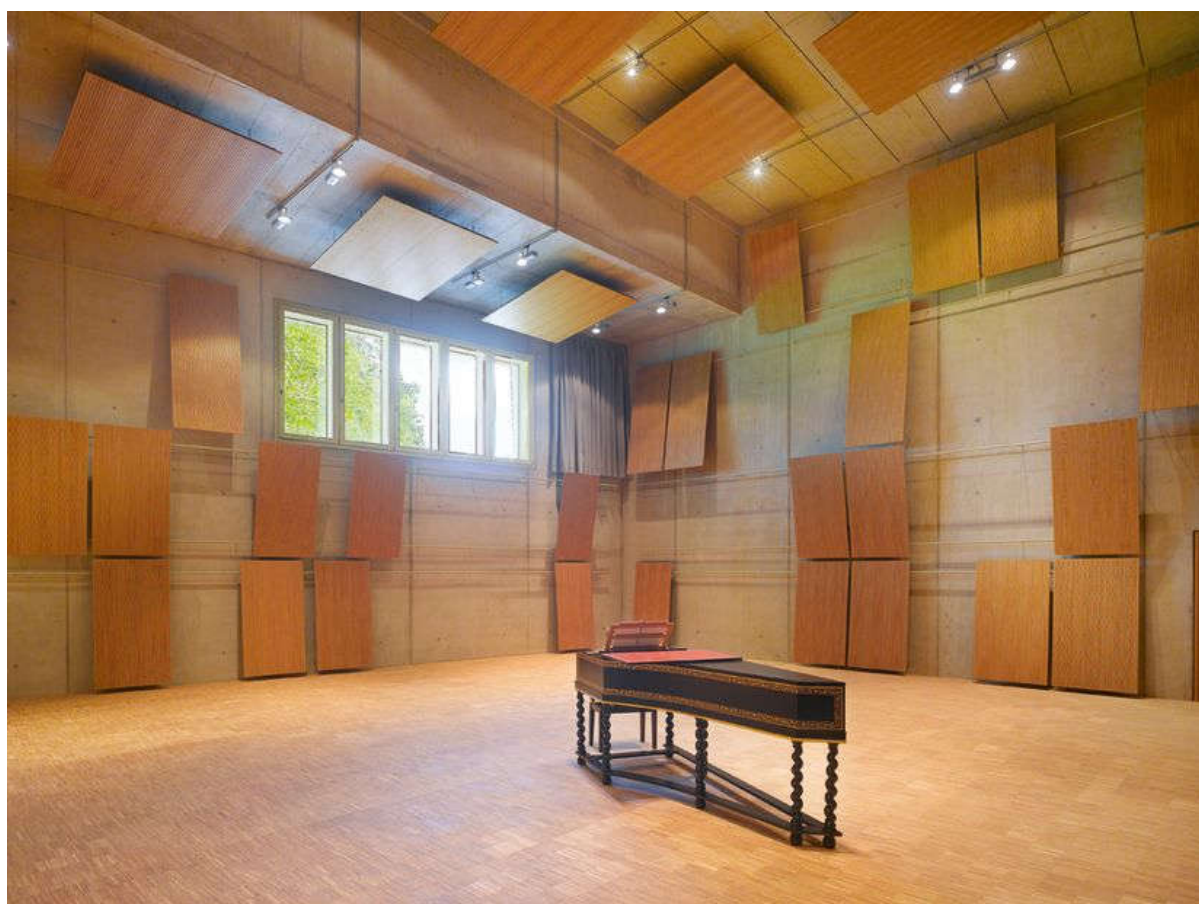


Ilustracja 14. Sala prób indywidualnych, The Royal Conservatory of Music, Kopenhaga, Dania - nowa lokalizacja. [Gade (2014)]



Ilustracja 15. Sala prób orkiestry, The Great Theater of the Liceu, Barcelona, Hiszpania - po adaptacji akustycznej wg projektu pracowni Arau Acustica. [Arau-Puchades (2012)]

Wpływ zmiany wysokości sal prób muzycznych opisuje również Gade (2014), który przeprowadził adaptacje akustyczne pomieszczeń dla The Royal Conservatory of Music w Kopenhadze (Ilustracja 14) oraz Arau-Puchades (2012), który przeprojektował salę prób orkiestry Liceu Theatre w Barcelonie (Ilustracja 15). Zwiększenie wysokości istniejącego pomieszczenia, nie zawsze jest możliwe. Dlatego istotny jest odpowiedni dobór wysokości wnętrza już na etapie koncepcji architektonicznej, co podkreśla Kahle (2014) opisując zaprojektowaną przez Kahle Acoustics salę prób orkiestry barokowej Ensemblehaus Freiburg w Niemczech (Ilustracja 16). Dzięki odpowiednio dobranej wysokości pomieszczeń oraz ogólnej adaptacji akustycznej, zarówno w sali prób Liceu Theatre jak i Ensemblehaus Freiburg otrzymano czas pogłosu wyższy niż początkowo zakładano na podstawie ich kubatur. Jest to zgodne z twierdzeniem Gade (2019), który uważa, że należy zapewnić maksymalny możliwy czas pogłosu, przy uwzględnieniu bezpiecznej dla użytkowników głośności pomieszczenia, ponieważ to przekłada się na jakość akustyczną sali muzycznej.



Ilustracja 16. Sala prób orkiestry barokowej, Ensemblehaus, Freiburg, Niemcy - adaptacja akustyczna wg projektu pracowni Kahle Acoustics. [<https://www.brillux.de/service/referenzen/sonstige-oeffentliche-gebäude/ensemblehaus-freiburg/> dostęp: marzec 2021]



Akustycy, na podstawie wieloletnich badań i licznych adaptacji akustycznych pomieszczeń dedykowanych muzyce, próbują wyznaczyć nowe sposoby dobierania odpowiednich akustycznie wielkości sal prób muzycznych. Gade (2010) proponuje założenie  $8 \text{ m}^2$  chłonności akustycznej pomieszczenia na każdego użytkownika sali jako wartość minimalną ( $A/N = 8 \text{ m}^2$ ).<sup>40</sup> Na podstawie tej zależności można oszacować minimalne kubatury sal, które zapewnią odpowiedni czas pogłosu przy danej liczbie użytkowników pomieszczenia. W przypadku sal prób indywidualnych powyższe założenie daje kubaturę  $30 \text{ m}^3$  jako minimalną dla tego typu pomieszczenia. O krok dalej idzie Heringa (2009), który wykazał silną zależność między preferowanym przez muzyków czasem pogłosu a typem instrumentu muzycznego. Instrumenty „głośniejsze”, czyli dęte blaszane i perkusyjne, wymagają zastosowania większej chłonności akustycznej pomieszczenia niż pozostałe instrumenty, dzięki czemu zostaje osiągnięty niższy czas pogłosu. Stosowanie zasady Heringa (2009) daje większe kubatury sal indywidualnych prób muzycznych, natomiast w przypadku sal kilkunastoosobowych i większych, podobne wielkości kubatur, w porównaniu z zasadą Gade (2010). Z takim podejściem nie do końca zgadza się Kahle (2014), który zarzuca poprzednikom błędne założenie homogenicznej przestrzeni sal prób muzycznych. Jak dowodzi w swojej publikacji [Kahle (2014)], istotna jest nie tylko ilość powierzchni absorbującej, ale przede wszystkim jej lokalizacja w pomieszczeniu (Ilustracja 17-18).

Przedstawiony powyżej fragment analizy literaturowej dotyczący powierzchni, wysokości i kubatury sal prób muzycznych, uwidoczniał potrzebę wprowadzenia nowego określenia, które tłumaczyłoby różnicę między podejściem czysto architektonicznym a akustycznym do wyżej wymienionych kwestii projektowania sal. Przedstawiane w pozycjach literaturowych z nurtu architektonicznego zalecane lub minimalne wielkości powierzchni, wysokości i kubatury sal prób muzycznych zostały wyznaczone na podstawie zasad ergonomii. Istotna jest w tym przypadku ilość użytkowników pomieszczenia, wielkość fizyczna instrumentów muzycznych oraz obowiązujące w danym kraju minimalne wysokości pomieszczeń o danym przeznaczeniu. Natomiast postulowana przez akustyków potrzeba większych kubaturowo sal, w stosunku do wielkości oszacowanych na podstawie zasad ergonomii, skłoniła autorkę do wprowadzenia nowego określenia tzw. *ergonomii audytywnej*. Poprzez pojęcie *ergonomii audytywnej* autorka rozumie zbiór zasad dotyczących parametrów czysto architektonicznych jak powierzchnia, wysokość pomieszczenia i kubatura, ustalonych na podstawie badań, publikacji i postulatów akustyków. Jedną z takich zasad jest wcześniej wspomniana zasada opisana przez Gade (2010) a także minimalne kubatury i wysokości sal prób muzycznych proponowane przez akustyków [Paek (2003), Bonner (2006), Koskinen (2010), Gade (2012), Heringa (2014)] oraz zawarte w normach NS 8178:2014 [N5] i ISO 23591:2021 [N4]. W dalszej części niniejszej rozprawy autorka będzie posługiwał się nowym pojęciem *ergonomii audytywnej* w ten sposób zdefiniowanym.

---

<sup>40</sup> A – chłonność akustyczna pomieszczenia [ $\text{m}^2$ ];  
N – ilość użytkowników sali prób (instrumentalistów);



Ilustracja 17. Jazz Campus, Basel, Szwajcaria – sala prób indywidualnych. Architektura: Buol & Zund. Przykład zastosowania paneli pochłaniających dźwięk na wysokości użytkowników sali prób.  
[www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. G. Aerni]



Ilustracja 18. The Oglesby Centre at Halle St Peter's, Manchester, Wielka Brytania – sala prób dużych zespołów muzycznych. Architektura: Stephenson STUDIO. Przykład zastosowania paneli pochłaniających dźwięk na wysokości użytkowników sali prób. [www.ribaj.com, dostęp: styczeń 2021]

### 2.3.3. Akustyka pomieszczenia a jego przeznaczenie.

Pozycje literaturowe skierowane do architektów skupiają się w głównej mierze na układzie funkcjonalnym całego obiektu edukacji muzycznej wynikającym z organizacji szkoły oraz ilości uczniów czy studentów [D2, D8, D11]. Podane sposoby przeliczania zapotrzebowania na sale do zajęć teoretycznych i muzycznych w stosunku do ilości podopiecznych szkoły, uwzględniają przede wszystkim aspekty ekonomiczne [D2]. Główny nacisk kładzie się na maksymalne wykorzystanie każdego pomieszczenia, niezależnie od typu zajęć.<sup>41</sup> Stoi to w opozycji do postulatów akustyków [Osman (2010), Koskinen (2010), Kahle (2014), Heringa (2014)], którzy podkreślają konieczność sprecyzowania sposobu użytkowania sali jeszcze na etapie koncepcji architektonicznej lub przynajmniej przed projektem adaptacji akustycznej danego wnętrza. W opublikowanej w 2014 roku norweskiej normie NS 8178:2014 "*Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance*" [N5] oraz powstałej na jej podstawie nowej normie ISO:23591:2021 "*Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces*" [N4], już we *Wprowadzeniu* można przeczytać, że "*nie jest możliwe uzyskanie satysfakcjonujących warunków akustycznych dla każdego rodzaju muzyki i komunikacji słownej w jednym pomieszczeniu*".<sup>42</sup> Z tego względu obie normy dzielą sale prób na trzy grupy według rodzaju wykonywanej muzyki: muzyka akustyczna cicha, muzyka akustyczna głośna i muzyka ze wzmocnieniem elektroakustycznym. Dla każdego rodzaju muzyki normy [N4, N5] określają zalecany czas pogłosu w środkowym paśmie częstotliwości jako funkcję kubatury pomieszczenia oraz pozwalają wyznaczyć wartość parametru G jako wzmocnienia akustycznego sali<sup>43</sup> na podstawie wybranego czasu pogłosu oraz kubatury sali. Dodatkowo normy [N4, N5] podają wartości mocy akustycznej instrumentów muzycznych oraz współczynnika mocy instrumentów  $k$ , przy założeniu stopnia dynamiki gry *forte*<sup>44</sup>, wyznaczonych na podstawie badań Burghauser'a (1971), Meyer'a (2009) i Olson'a (1967). Znając wartość parametru G sali oraz skład zespołu muzycznego użytkującego analizowane pomieszczenie, można wyznaczyć poziom dźwięku w sali podczas gry *forte* danego zespołu muzycznego. Jako akceptowalny poziom dźwięku w pomieszczeniu, a dokładnie w części widowni, ustalono przedział 85 - 90 dB (lin)<sup>45</sup> przy stopniu dynamiki gry *forte*.<sup>46</sup> Górne ograniczenie poziomu dźwięku w pomieszczeniu ma za zadanie

<sup>41</sup> Pozycja literaturowa [D4] wprawdzie zaleca podział sal prób muzycznych, jednak nie podaje dalszych, sprecyzowanych zaleceń co to sposobu podziału.

<sup>42</sup> [N5] tłumaczenie z ang.: autorka

<sup>43</sup> Patrz przypis 26.

<sup>44</sup> Wyróżnia się następujące stopnie dynamiki gry instrumentalnej: *pianissimo (bardzo cicho)* - *piano(cicho)* - *mezzo piano (dość cicho)* - *mezo forte (dość głośno)* - *forte(głośno)* - *fortissimo (bardzo głośno)*. Niekiedy dodaje się *pianissimo possibile (możliwie najciszej)* i *fortissimo possibile (możliwie najgłośniej)*. Niektórzy zaliczają *mezzo piano* i *mezzo forte* do jednego stopnia dynamiki gry *mezzo*.

<sup>45</sup> Normy [N4, N5] nie wskazują jednoznacznie, że podany rekomendowany zakres poziomu dźwięku w sali prób jest uśrednionym w sali poziomem dźwięku obliczanym liniowo (czyli np. bez korekty krzywą A). Zostało to potwierdzone w korespondencji mailowej autorki z J.H. Rindel'em, który współtworzył normę [N5] oraz normę [N4].

<sup>46</sup> Przyjęty w normach [N4, N5] rekomendowany przedział wartości poziomu dźwięku w salach prób muzycznych został wyznaczony na podstawie wcześniejszych badań i ankiet opisanych w literaturze. Wyniki tych badań wraz z odnośnikami do literatury podano w Tabeli 1.

wyeliminowanie ryzyka ubytków słuchu muzyków - przyjmuje się, że jeśli poziom dźwięku *forte* jest powyżej 90 dB, to podczas gry *fortissimo* poziom dźwięku w pomieszczeniu przekroczy 100 dB, co uznaje się za szkodliwe dla słuchu. Z kolei jeśli poziom dźwięku w pomieszczeniu podczas gry *forte* jest niższy niż 85 dB, wówczas muzyka traci swą intensywność a detale przestają być dostrzegane [N4, N5].

preferowane przedziały wartości poziomu dźwięku w sali prób przy dynamice gry <i>forte</i> [dB]	źródło
85 - 92	Meyer (1978)
85 - 93	Kuhl (1978)
80 - 90	Barron (1981)
85 - 91	Wu (2001)
<b>85 - 90</b>	<b>ISO 23591:2021 [N4] NS 8178:2014 [N5]</b>

Tabela 1. Preferowane przedziały wartości poziomu dźwięku w salach prób muzycznych wg literatury.  
[opracowanie: autorka]

Autorka nie do końca zgadza się z zaproponowanym w normach [N4, N5] podziałem sal prób muzycznych, uznając go za zbyt pobeżny. Na podstawie opublikowanej autorskiej analizy sal indywidualnych prób instrumentalnych bez wzmocnienia elektroakustycznego [Warzocha (2018), Warzocha (2021)], autorka proponuje bardziej precyzyjny podział tego typu pomieszczeń ze względu na rodzaj instrumentu muzycznego.<sup>47</sup>

Według akustyków [Osman (2010), Koskinen (2010), Kahle (2014), Heringa (2014)] takie czynniki jak ilość muzyków, rodzaj instrumentów oraz rodzaj muzyki praktykowanej w sali prób, determinują istotne parametry jak wielkość pomieszczenia i czas pogłosu. Jak zauważył Heringa (2014) - muzycy grający na instrumentach dętych blaszanych i perkusyjnych potrzebują pomieszczeń bardziej wytlumionych, czyli o krótszym czasie pogłosu, w porównaniu z salami gdzie muzycy ćwiczą na instrumentach strunowych lub dętych drewnianych. Podobną zależność zaobserwował Kahle (2014). Opisał on dwie bliźniacze sale prób zlokalizowane w budynku dawnego klasztoru w Rheinau w Szwajcarii<sup>48</sup>, które różnią się adaptacją akustyczną. Sala bardziej pogłosowa (Ilustracja 19) - z drewnianą podłogą i absorberem na krótszej ścianie - jest wybierana przez studentów grających na instrumentach

<sup>47</sup> Autorka w swej publikacji [Warzocha (2018)] proponuje następujący podział sal prób indywidualnych:

1. sale przeznaczone dla instrumentów strunowych oraz dętych drewnianych (z wyłączeniem saksofonu);
2. sale przeznaczone dla saksofonów, instrumentów dętych blaszanych typu I (kornet, trąbka, skrzydłówka) oraz instrumentów perkusyjnych;
3. sale przeznaczone dla instrumentów dętych blaszanych typu II (puzon, tuba, euphonium).

<sup>48</sup> Budynek klasztoru w Rheinau w Szwajcarii zostały zaadoptowane na kompleks sal prób dla orkiestr akademickich oraz na wynajem.



Ilustracja 19. Bliźniacza sala prób, Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria - sala *połtosowa*, dywan rozkładany wg potrzeb muzyków, pow. 75 m<sup>2</sup> [<https://www.musikinsel.ch/de>; dostęp: marzec 2021]



Ilustracja 20. Bliźniacza sala prób, Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria - sala *wytlumiona*, wykładzina na całej powierzchni posadzki, pow. 75 m<sup>2</sup> [<https://www.musikinsel.ch/de>; dostęp: marzec 2021]



uznawanych na "ciche" (instrumenty strunowe i dęte drewniane), natomiast sala bardziej wytłumiona (Ilustracja 20) - z wykładziną na całej powierzchni, absorberem na ścianie oraz zasłonami pochłaniającymi dźwięk - jest preferowana przez muzyków instrumentów "głośnych" (dęte blaszane i perkusyjne). Pokazuje to jak ilość absorberów i czas pogłosu są ściśle związane ze sposobem użytkowania sali [Kahle (2014)].

Zarówno w literaturze z nurtu architektonicznego jak i akustycznego, podkreślana jest konieczność zapewnienia zmiennej akustyki w obrębie jednego pomieszczenia [D2]. Jest to częściowe rozwiązanie problemu braku możliwości precyzyjnego określenia składu zespołu ćwiczeniowego w sali prób. Zmienna akustyka sali prób rozumiana jest jako możliwość zmiany przez użytkownika (osobę ćwiczącą, nauczyciela) warunków akustycznych pomieszczenia. Najczęstszym stosowanym rozwiązaniem jest wprowadzenie do sali dodatkowej powierzchni dźwiękochłonnej, co umożliwia skrócenie czasu pogłosu w pomieszczeniu i zmniejszenie wzmocnienia dźwięku przez pomieszczenie (parametr G). Najprościej można to zrealizować przy pomocy rozsuwania kotar pochłaniających dźwięk, albo też innymi sposobami, np. obracalnymi lub wysuwanymi panelami ściennymi pokrytymi materiałem dźwiękochłonnym (Ilustracja 21-22). W celu zmiany czasu pogłosu sprawdzają się również mobilne panele o jednej stronie pochłaniającej dźwięk a drugiej rozpraszającej dźwięk (Ilustracja 21). Inną możliwością, ale rzadko stosowaną z uwagi na koszty realizacji, jest zmiana objętości sali osiągnięta przez ruchomy sufit lub przesuwne ściany pomieszczenia.

Według Koskinen (2010) ustawienie odpowiedniej akustyki w pomieszczeniu powinno następować *"tak samo automatycznie jak włączanie światła w sali po zmierzchu"*, a sama zmiana warunków akustycznych w sali prób powinna być szybka i łatwa dla wszystkich użytkowników sali. W przeciwnym razie, możliwość regulacji czasu pogłosu przestanie być stosowana. Osman (2010) wskazuje, że zmienna akustyka może być wykorzystywana nie tylko ze względu na różne instrumenty muzyczne, ale w obrębie tej samej grupy, czy nawet jednego instrumentu - daje ona możliwość eksperymentowania z czasem pogłosu. Wielu nauczycieli muzyki uważa, że to dobra nauka dla ich studentów, którzy mogą sami dobrać najlepsze dla siebie warunki akustyczne. Niestety nadal część pedagogów muzycznych preferuje stałe warunki akustyczne, określając pomysł stosowania kotar jako zbędnych "składowisk kurzu".<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> Komentarz wykładowców jednej z polskich akademii muzycznych w trakcie procesu projektowego nowej siedziby uczelni.



Ilustracja 21. Sala prób z ruchomymi absorberami, zapewniającymi szybką i łatwą zmianę czasu pogłosu w pomieszczeniu. Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria. Adaptacja akustyczna wg projektu Kahle Acoustics. [https://www.musikinsel.ch/de; dostęp: marzec 2021]



Ilustracja 22. Sala prób dużych zespołów muzycznych - przykład zastosowania transparentnych kotar jako ruchomych elementów pochłaniających dźwięk, pozwalających na zmianę czasu pogłosu w pomieszczeniu. Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria. Adaptacja akustyczna wg projektu Kahle Acoustics. [https://kahle.be; dostęp: marzec 2021]



Poza podkreśleniem konieczności i zalet stosowania zmiennej akustyki sal prób muzycznych, w literaturze obu nurtów wymienionych zostało kilka prostych do zastosowania zasad, które przyczyniają się to uzyskania lepszych warunków akustycznych we wnętrzach sal prób muzycznych. Publikacje [D2, D4, Kahle (2014)] zalecają unikania skupisk materiałów absorbujących na dwóch przeciwległych powierzchniach. Kahle (2014) uważa, że należy dążyć do równomiernego rozkładu elementów absorbujących w całej przestrzeni (powierzchnie ścian, podłogi i sufitu). Koskinen (2010) zauważa, że najczęstszym problemem sal prób muzycznych jest ich głośność na poziomie użytkowników. Można ją zmniejszyć poprzez zastosowanie absorberów na ścianach na wysokości uszu muzyków (zarówno w pozycji stojącej, jak i siedzącej), co maksymalizuje ich efektywność. Jak zaznacza Gade (2019), w przypadku sal prób grupowych, szczególnie należy zadbać o efekt *ensemble*, czyli możliwość słyszenia swojego instrumentu, jak i pozostałych członków zespołu. Jeśli próby odbywają się pod okiem dyrygenta lub nauczyciela, konieczne jest zapewnienie mu dobrego odsłuchu każdej sekcji instrumentalnej.

Pozycje literaturowe obu nurtów podkreślają również, że poza lokalizacją elementów absorbujących, istotny jest ich rodzaj, czyli w jakich częstotliwościach są skuteczne. Dla przykładu publikacja z nurtu architektonicznego [D3] opisuje jak nieodpowiednio dobrany rodzaj absorberów wpływa na odsłuch muzyki we wnętrzu – zastosowanie elementów silnie pochłaniających wysokie częstotliwości w przypadku instrumentów, dla których te częstotliwości są przeważające, wpływa na artykulację i tonację dźwięków. Grana muzyka jest niewyraźna, a ocena poprawności jej wykonania – niemożliwa. Z kolei brak absorberów dla dźwięków o niskich częstotliwościach powoduje, że dźwięki tracą klarowność, są zbyt głośne i dudniące.

Paek (2003) zauważa, że główny problem stanowią niskie częstotliwości generowane np. przez perkusję. Wiele tradycyjnych absorberów nie działa efektywnie w niskich częstotliwościach. Muzycy często skarżą się, że dźwięk w sali jest mętny (*muddy*). Wynika to z faktu, że zastosowane elementy dostatecznie obniżają czas pogłosu w średnich i wysokich pasmach, lecz w niskich częstotliwościach pozostaje on nadal zbyt wysoki. Paek (2003) zaleca stosowanie specjalnych elementów pochłaniających tzw. pułapek basowych (*bass trap*).

### 2.3.4. Niepożądane zjawiska akustyczne we wnętrzu.

Akustyka wewnątrz dzieli pomieszczenia na małe i duże pod względem kubatury. Najczęściej spotykaną umowną granicą oddzielającą te dwa typy pomieszczeń jest kubatura wynosząca  $300 \text{ m}^3$  [Rindel (2021)]. Akustyka pomieszczeń o kubaturze mniejszej niż  $300 \text{ m}^3$ , czyli pomieszczeń akustycznie małych, jest zdominowana przez akustykę falową<sup>50</sup> i charakteryzuje się występowaniem tzw. modów pomieszczenia. Są to drgania własne pomieszczenia (inaczej: rezonanse własne pomieszczenia), które powstają na skutek tworzenia się fal stojących<sup>51</sup> we wnętrzu. Powodują one wzmocnienie niektórych dźwięków i osłabienie pozostałych - zostaje zachwiana fonacja dźwięku, często zwana koloryzacją. Szczególnie niekorzystne są pomieszczenia, których dwa lub trzy wymiary są sobie równe lub stanowią swoją wielokrotność. Wówczas efekt fali stojącej jest dodatkowo wzmocniony [Heringa (2014)]. Drgania własne są charakterystyczne dla pomieszczeń akustycznie małych i występują niezależnie od kształtu pomieszczenia. Dla sal prostopadłościennych wyróżnia się trzy rodzaje modów:

- mody osiowe – powstają gdy fala stojąca tworzy się między dwiema przeciwległymi powierzchniami; mody osiowe niosą najwięcej energii akustycznej i mają największy wpływ na odsłuch dźwięku w pomieszczeniu (Ilustracja 23);
- mody styczne – powstają gdy fala stojąca tworzy się między czterema powierzchniami ograniczającymi pomieszczenie (Ilustracja 24);
- mody skośne - powstają gdy fala stojąca tworzy się między sześcioma powierzchniami ograniczającymi pomieszczenie (Ilustracja 25).

Mody styczne i skośne mają mniejszy wpływ na „brzmienie” pomieszczenia niż mody osiowe, ze względu na dodatkowe odbicia osłabiające falę stojącą.

Każde pomieszczenie rezonuje na wielu częstotliwościach i nie można tego uniknąć. Należy dążyć do zminimalizowania wpływu modów na odsłuch dźwięku w pomieszczeniu poprzez zapewnienie najbardziej równomiernego rozkładu modów w paśmie częstotliwościowym – gdy mody są zbyt blisko siebie lub nakładają się, wówczas potęgują one efekt podbijania dźwięku, natomiast duże przerwy między kolejnymi modami generują słyszalny efekt tzw. „dziur” między modami.

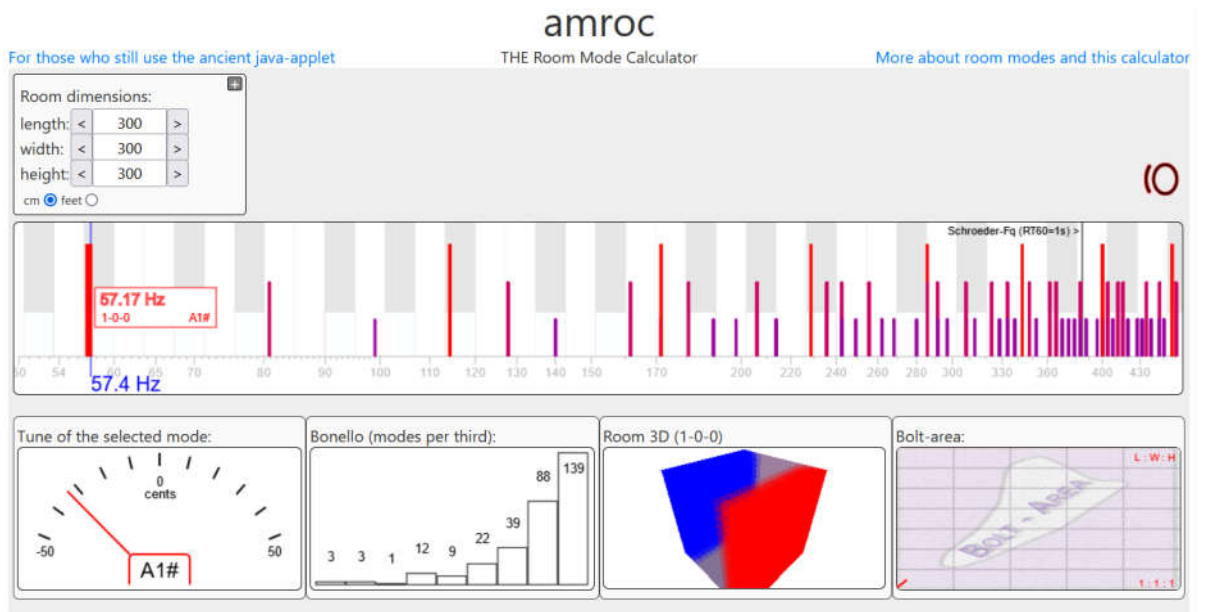
---

<sup>50</sup> Pasma częstotliwościowe każdego pomieszczenia podzielone jest na trzy obszary. W każdym obszarze obliczenia w ramach analizy pola akustycznego należy przeprowadzać według innej metody:

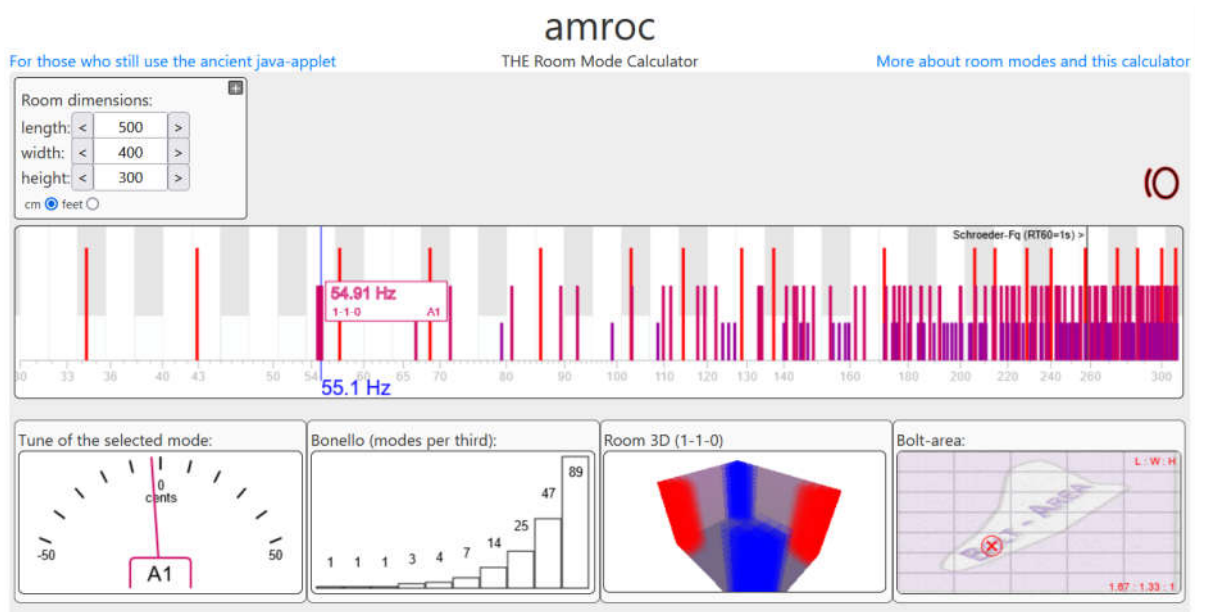
- metoda falowa (od 20 Hz do częstotliwości Schroeder’a),
- metoda statystyczna (od częstotliwości Schroeder’a do ok. 4 kHz),
- metoda geometryczna (powyżej 8 kHz).

Częstotliwość Schroeder’a jest odwrotnie proporcjonalna do kubatury pomieszczenia. Dla kubatury powyżej  $300 \text{ m}^3$ , zakres stosowalności metody falowej od 20 Hz do częstotliwości Schroeder’a jest na tyle mały, że wpływ drgań własnych pomieszczenia uważa się za pomijalny. Dodatkowo, przy kubaturze powyżej  $300 \text{ m}^3$  pierwsze mody pojawiają się w częstotliwościach niższych niż próg słyszalności (poniżej 20Hz), przez co obliczenia dokonywane metodą falową obarczone są dużym błędem.

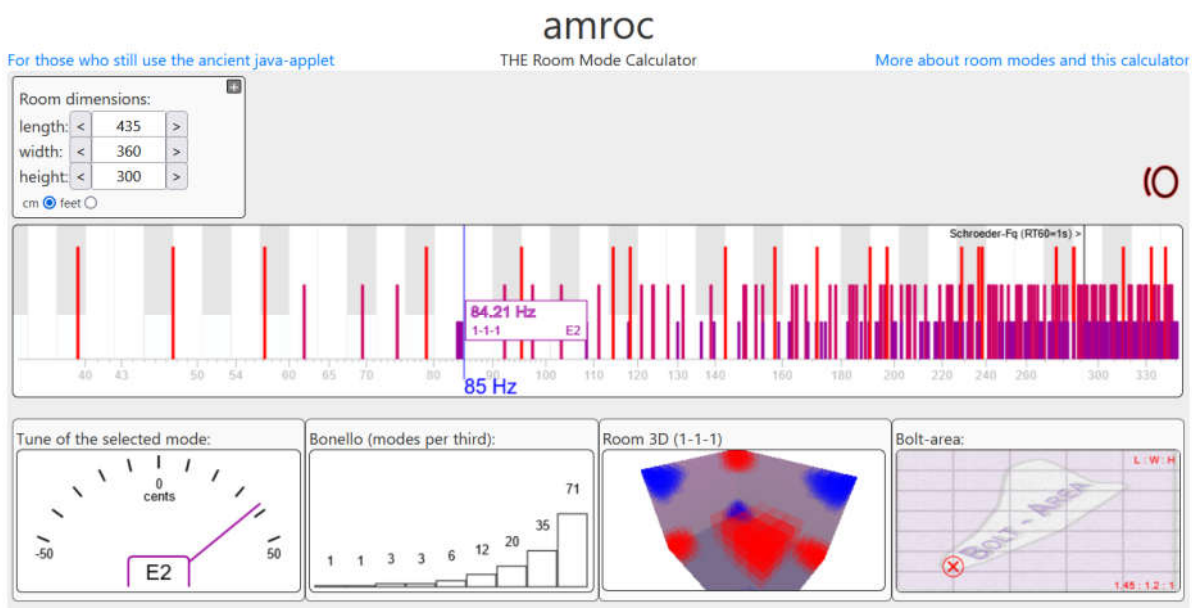
<sup>51</sup> Fala stojąca to wynik interferencji dwóch fal biegnących w tym samym kierunku, ale o przeciwnych zwrotach np. nałożenie się na siebie fali biegnącej i fali odbitej.



Ilustracja 23. Mody w pomieszczeniu o wymiarach 3,0 x 3,0 x 3,0 [m]. Zaznaczony mod jest modem osiowym (fala stojąca tworzy się między dwiema przeciwległymi powierzchniami), co jest widoczne na modelu 3D. [program The Room Mode Calculator dostępny na stronie <https://amcoustics.com>, dostęp: wrzesień 2022]



Ilustracja 24. Mody w pomieszczeniu o wymiarach 3,0 x 4,0 x 5,0 [m]. Zaznaczony mod jest modem stycznym (fala stojąca tworzy się między czterema powierzchniami), co jest widoczne na modelu 3D. [program The Room Mode Calculator dostępny na stronie <https://amcoustics.com>, dostęp: wrzesień 2022]



Ilustracja 25. Mody w pomieszczeniu o wymiarach 3,0 x 3,6 x 4,35 [m]. Zaznaczony mod jest modem skośnym (fala stojąca tworzy się między sześcioma powierzchniami), co jest widoczne na modelu 3D. [program The Room Mode Calculator dostępny na stronie <https://amcoustics.com>, dostęp: wrzesień 2022]

Częstotliwości, w których występują drgania własne pomieszczenia są zależne od wymiarów wnętrza. Z tego powodu akustycy próbują wyznaczyć najbardziej korzystne proporcje pomieszczeń, które gwarantowałyby równomierny (na ile to możliwe) rozkład modów w paśmie częstotliwościowym. Volkmann (1942) zalecał przyjąć proporcje 1:1,25:1,6<sup>52</sup> dla małych pomieszczeń oraz proporcje 1:1,6:2,5 dla większych. Bolt (1946) wprowadził współczynnik FSI (Frequency Spacing Index), który uwzględniał odległości między pierwszymi 25-ciomą modami. Im mniejsza wartość współczynnika FSI, tym bardziej równomierny rozkład modów. Najmniejszą wartość współczynnika FSI = 1,1 Bolt (1946) uzyskał dla proporcji 3:4:5. Jednocześnie wyznaczył zakres proporcji pomieszczenia, dla których współczynnik FSI przyjmował wartości równe lub mniejsze niż 1,5. Zakres tych proporcji nazwano „obszarem Bolta”. Bolt (1946) w swojej pracy zaznaczał, że jest to jedynie orientacyjne kryterium, ale potwierdza ono, iż stosowane i sprawdzone w praktyce proporcje 2:3:5, które mieszczą się w wyznaczonym przez niego obszarze. Sepmeyer (1965) zwrócił uwagę, że współczynnik FSI zastosowany przez Bolta (1946) przyjmuje różne wartości w każdym paśmie pół-oktawowym. Porównał wyniki współczynnika FSI w każdym paśmie pół-oktawowym dla pierwszych czterech oktaw i zestawiał je z innym współczynnikiem tzw. kątownej dystrybucji (Angular Distribution Index). Na tej podstawie wyznaczył trzy obszary proporcji pomieszczeń, dla których oba współczynniki przyjmowały najmniejsze, czyli najkorzystniejsze wartości (1:1,14:1,39; 1:1,28:1,54; 1:1,6:2,33). Louden (1971) sprawdzał odchylenia standardowe odstępów między sąsiednimi modami. Na tej podstawie wyznaczył proporcje 1:1,4:1,9 jako dające najkorzystniejszy rozkład modów. Bonello (1981) przedstawił

<sup>52</sup> Podane w tym podrozdziale pracy proporcje pomieszczeń odnoszą się do stosunku wymiarów pomieszczenia H:W:L, gdzie H- wysokość pomieszczenia, W – szerokość pomieszczenia, L – długość pomieszczenia.

odmienne podejście do rozwiązania problemu rozkładu modów w pomieszczeniu. Opisał on dwa kryteria, których równoczesne spełnienie miało zapewniać optymalny rozkład gęstości drgań własnych pomieszczenia:

1. W każdym kolejnym paśmie jednej trzeciej oktawy (jedna tercja) ilość modów powinna być większa lub równa jak w paśmie poprzednim – ilość modów w tercjach powinna rosnać monotonicznie.
2. Nie powinno występować nakładanie się modów. Podwójne mody mogą być tolerowane jedynie w tych pasmach tercjowych gdzie występują pięć lub więcej modów.

Swoje kryteria Bonello (1981) sprawdzał dla pasma częstotliwościowego w zakresie od 10 Hz do 200 Hz. Wprowadzone kryteria zestawiał z zaproponowanymi przez Bolt'a (1946) korzystnymi proporcjami pomieszczeń (obszar Bolt'a), jednak brak było korelacji między obiema metodami. Podejście Bonello (1981) różni się od poprzednich, ponieważ jego kryteria odnoszą się do konkretnych wymiarów pomieszczeń, a nie do ich proporcji. Jednakże na podstawie tych kryteriów zbudowano 35 pomieszczeń o funkcji studia nagraniowego, w których uzyskano korzystny rozkład drgań własnych. Według Bonello (1981) kryteria mają przede wszystkim pomóc projektantom w doborze lepszych proporcji pomieszczenia dedykowanego muzyce, a w przypadku istniejącego już pomieszczenia, którego proporcji nie można zmienić – zasygnalizować, w których częstotliwościach nastąpi koloryzacja dźwięku. Walker (1993) pisząc raport na zlecenie BBC podkreślił, że wyznaczenie jednego bądź kilku stosunków proporcji pomieszczenia jest niewystarczające i niesie ze sobą duże ograniczenia projektowe. Uznał, że potrzebny jest cały zakres proporcji, które gwarantowałyby optymalny rozkład drgań własnych pomieszczenia. W tym celu wprowadził współczynnik Q (Room Quality Index) – różnicę częstotliwości między każdą sąsiednią parą modów podniesiono do potęgi i zsumowano, następnie podzielono przez ilość modów. Współczynnik Q uwzględniał tylko mody występujące do częstotliwości 120 Hz. Stosując zasadę - im mniejsza wartość współczynnika Q, tym bardziej równomierny rozkład drgań własnych – uzyskano najkorzystniejsze proporcje pomieszczenia (1:1,19:1,4 oraz 1:1,75:2,2) oraz zakres optymalnych proporcji wyrażony wzorami:

$$1,1 \frac{W}{H} \leq \frac{L}{H} \leq 4,5 \frac{W}{H} - 4 \quad \text{oraz} \quad 1,1 \leq \frac{L}{W} \leq 1,35$$

Meissner (2018) zaproponował nową metodę wyznaczenia najkorzystniejszych proporcji pomieszczenia ze względu na rozkład drgań własnych. Przeprowadził on analizę odpowiedzi częstotliwościowej w paśmie od 20 Hz do 200 Hz, poprzez zastosowanie regresji wielomianowej stopnia drugiego. Celem było wyznaczenie takich proporcji pomieszczenia, dla których odpowiedź częstotliwościowa będzie najbardziej gładka, czyli odchylenie odpowiedzi częstotliwościowej będzie najmniejsze. Dzięki tej metodzie Meissner (2018) wyznaczył trzy najkorzystniejsze proporcje pomieszczeń:

- proporcje A – 1 : 1,2 : 1,45 – dla kubatury od 150 m<sup>3</sup> do 300 m<sup>3</sup>;
- proporcje B – 1 : 1,4 : 1,89 – dla kubatury od 100 m<sup>3</sup> do 150 m<sup>3</sup>;
- proporcje C – 1 : 1,48 : 2,12 – dla kubatury od 50 m<sup>3</sup> do 150 m<sup>3</sup>.

Meissner (2018) zauważył, że wokół wyznaczonych przez niego najkorzystniejszych proporcji A, B i C gładkość odpowiedzi częstotliwościowej zmienia się stopniowo, tak więc możliwe jest również wykorzystanie proporcji będących w bliskim sąsiedztwie najlepszych proporcji.

Rindel (2020) podkreślił, że problem równomiernego rozkładu drgań własnych pomieszczenia dotyczy nie tylko tak wymagających akustycznie wnętrz jak studio nagraniowe, ale jest to istotny problem również niewielkich sal prób muzycznych. Metodę Meissner'a (2018) uznał za zbyt skomplikowaną, ponieważ wynik był zależny od kubatury pomieszczenia oraz od średniego współczynnika pochłaniania dźwięku w pomieszczeniu. W dodatku Meissner (2018) nie wyznaczył obszaru korzystnych proporcji, a jedynie trzy najlepsze. Metodę Meissner'a (2018) porównał ze swoją autorską metodą polegającą na sumowaniu półtonów z przedziału pierwszych trzech oktaw (27,5 Hz – 220 Hz), w których występuje przynajmniej jeden mod. Współczynnik mógł osiągnąć maksymalną wartość równą 37, co oznaczało, że w każdym półtonie występuje minimum jeden mod, czyli rozkład drgań własnych pomieszczenia jest równomierny. Najlepsze wyniki uzyskał w regionie proporcji A, B i C wyznaczonych przez Meissner'a (2018) – od 29 do 30 półtonów na 37 możliwych. Jednak wyniki tej metody również zależały od kubatury pomieszczenia.

Kolejną metodą zaproponowaną przez Rindel'a (2020) było zastosowanie współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ), jednak w nieco zmodyfikowanej formie niż zaproponował to Bolt (1946).<sup>53</sup> Podobnie jak Bolt (1946), Rindel (2020) wyznaczył współczynniki FSI ( $\psi(n)$ ) dla pierwszych 25-ciu modów, dla pomieszczeń o kubaturze do 300 m<sup>3</sup>. Najlepszą, czyli najniższą wartość współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ) Rindel (2020) otrzymał dla proporcji A wyznaczonej przez Meissner'a (2018): FSI ( $\psi(n)$ ) = 1,33. Dla proporcji B i C otrzymał wyniki odpowiednio FSI ( $\psi(n)$ ) = 1,51 i FSI ( $\psi(n)$ ) = 1,54 co uważa się za bardzo korzystne. Tym samym potwierdził wyniki otrzymane przez Meissner'a (2018) wykorzystując metodę, której wyniki nie są uzależnione od kubatury pomieszczenia, ani od współczynników pochłaniania przegród ograniczających pomieszczenie. Dodatkowo metoda zaproponowana przez Rindel'a (2020) pozwala na wyznaczenie obszarów o niskim współczynniku FSI ( $\psi(n)$ ), a tym samym o optymalnym rozkładzie modów w paśmie częstotliwościowym. Problem pojawia się jednak przy ustaleniu granicznej wartości współczynnika FSI, do której rozkład modów uważany byłby za optymalny. Rindel (2020) przyjął w sposób arbitralny warunek FSI ( $\psi(n)$ ) ≤ 1,75; który można spełnić po zastosowaniu następujących zależności:

$$W = \sqrt[3]{V} \quad \text{oraz} \quad 1,1 \leq \frac{W}{H} \leq 1,6 \quad \text{oraz} \quad L = 2,3558*W - 1,3838*H$$

Powyższe zalecenia wprowadzono również do normy ISO 23591:2021 [N4] jako pomoc dla projektantów w doborze proporcji sal prób muzycznych.

---

<sup>53</sup> Autorską analizę wzoru Rindel'a (2020) wraz z zastrzeżeniami autorki dotyczącymi jego matematycznego zapisu, zamieszczono w Załączniku 2 niniejszej pracy.

W swojej kolejnej pracy Rindel (2021) kontynuuje analizę współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ) wykazując, że zależność W/H ma niewielki wpływ na wartość współczynnika i jedynym wymogiem jest aby stosunek szerokości do wysokości pomieszczenia był większy niż 1,1. Zdecydowanie większe znaczenie ma stosunek długości do szerokości (L/W), który powinien się mieścić w następujących granicach:

$$\frac{W}{H} \geq 1,1 \quad \text{oraz} \quad 1,15 \leq \frac{L}{W} \leq 1,45$$

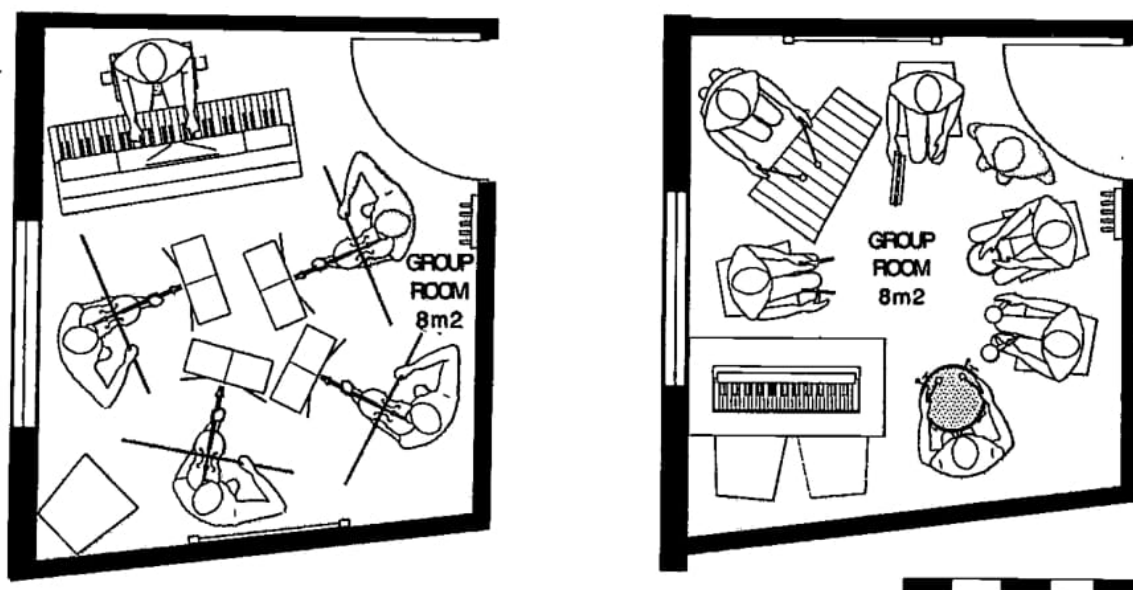
Spełnienie tych warunków pozwala w większości przypadków na uzyskanie wartości współczynnika FSI ( $\psi(n)$ )  $\leq 1,75$ ; co ma zapewnić wystarczająco gładką odpowiedź częstotliwościową. Dla pomieszczeń o wysokich wymaganiach akustycznych jak studio nagrań, reżyserka lub sale prób, Rindel (2021) sugeruje dążenie do jak najniższych wartości współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ) jakie dają proporcje wskazane przez Meissner'a (2018), czyli ok 1,5 i mniej. Dla pomieszczeń mniej wymagających pod względem akustycznym można przyjąć wartość FSI ( $\psi(n)$ )  $\leq 2,0$ . Należy podkreślić, że Rindel (2020, 2021) przedstawił zależności między poszczególnymi wymiarami pomieszczeń przy założeniu wysokości pomieszczenia (H) jako najmniejszego wymiaru. W przypadku gdy szerokość pomieszczenia (W) jest mniejsza od wysokości (H), oznaczenia te należy zastosować zamiennie.

autor	proporcje	metoda
Volkman (1942)	1 : 1.25 : 1.6	analiza odpowiedzi częstotliwościowej - metoda doświadczalna
	1 : 1.6 : 2.5	
Bolt (1946)	1 : 1.33 : 1.67 (3:4:5)	Frequency Spacing Index $\psi(n)$
Sepmeyer (1965)	1 : 1.14 : 1.39	połączenie: Angular Distribution Index i Frequency Spacing Index
	1 : 1.28 : 1.54	
	1 : 1.6 : 2.33	
Louden (1971)	1 : 1.4 : 1.9	odchylenie standardowe odstępów między sąsiednimi modami
Walker (1993)	1 : 1.19 : 1.4	Room Quality Index Q
	1 : 1.75 : 2.2	
Meissner (2018)	1 : 1.2 : 1.45	regresja wielomianowa stopnia drugiego odpowiedzi częstotliwościowej
	1 : 1.4 : 1.89	
	1 : 1.48 : 2.12	
Rindel (2020)	1 : 1.2 : 1.45	Frequency Spacing Index $\psi(n)$ - modyfikacja

Tabela 2. Rekomendowane proporcje małych sal prostokątnych wg literatury nurtu akustycznego.  
[opracowanie.: autorka]

Pozycje literaturowe z nurtu architektonicznego [D4] zalecają unikać projektowania sal prób muzycznych o wymiarach, które są sobie równe lub stanowią swoją wielokrotność (pomieszczenia na bazie kwadratu, sześciokąta czy ośmiokąta). Ta sama pozycja literaturowa [D4] odradza projektowania wnętrz, których długość stanowi podwójną szerokość lub więcej, jako niekorzystne ze względów funkcjonalnych i akustycznych - zaleca się unikania pomieszczeń na planie litery L oraz bardzo długich, ponieważ osoby na końcu sali będą słabo słyszane. Pozycje architektoniczne sugerują stosować tzw. złoty stosunek proporcji (*golden ratio*), który wynosi 1:1.25:1.6 [D4] lub inną prostą zasadę - każdy kolejny wymiar pomieszczenia powinien być większy o 30% od poprzedniego [D12].

Nieodpowiedni kształt sal prób muzycznych może doprowadzić do powstania niekorzystnych zjawisk akustycznych takich jak echo trzepoczące<sup>54</sup> czy ogniskowanie dźwięku<sup>55</sup>. Są to zjawiska niepożądane niezależnie od przeznaczenia wnętrza, a szczególnie uciążliwe w przypadku pomieszczeń dedykowanych kreowaniu muzyki. Zarówno publikacje z nurtu architektonicznego jak i akustycznego podkreślają konieczność eliminacji tych zjawisk w salach prób muzycznych.<sup>56</sup>



Ilustracja 26. Przykład zastosowania ścian odchylonych w celu uniknięcia niepożądanego efektu echa trzepoczącego w salach prób. [D2]

<sup>54</sup> Echo trzepoczące (*flutter echo*) in. echo wielokrotne, polega na powtarzaniu sekwencji odbić fali akustycznej. Efekt dźwiękowy tego zjawiska jest zbliżony do dźwięku trzepotania skrzydeł - stąd też nazwa. Echo trzepoczące zachodzi gdy przeciwległe ściany pomieszczenia są do siebie idealnie równoległe i obie wykończone są materiałami odbijającymi fale dźwiękowe.

<sup>55</sup> Ogniskowanie dźwięku (*sound focusing*) - zjawisko to zachodzi gdy pomieszczenie ogranicza wklęsła powierzchnia np. owalny rzut sali, kopuła sufitu. Fale odbijające się od zakrzywionych powierzchni ogniskują w jednym punkcie, co powoduje wyższy poziom natężenia dźwięku w tym miejscu (Ilustracja 29-30). Jednocześnie inne punkty, z racji niedoboru fal odbitych, tworzą tzw. głuche punkty (*dead spots*) o ograniczonej słyszalności dźwięku.

<sup>56</sup> Jednym ze sposobów eliminacji niekorzystnych zjawisk akustycznych jak echo trzepoczące i ogniskowanie dźwięku jest zastosowanie elementów rozpraszających dźwięk na przegrodach ograniczających wnętrze. Jednak autorka pominęła wpływ elementów rozpraszających i skupiła się na rozwiązaniach stricte architektonicznych, co do których decyzję należy podjąć już na etapie koncepcji architektonicznej.



W celu uniknięcia niekorzystnego zjawiska echa trzepoczącego, publikacje architektoniczne [D2, D4] zalecają projektowanie sal prób na rzucie czworokąta, którego przeciwległe ściany tworzą kąt 5 stopni lub więcej (Ilustracja 26), szczególnie w małych salach prób [D4]. Wg normy NS 8178:2014 [N5] odchylenie ścian powinno wynosić minimum 7 stopni. Należy tu podkreślić, że efektywne jest zarówno odchylenie ścian w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej (Ilustracja 27). Jednak ze względów technologicznych oraz finansowych, częściej stosuje się odchylenie ścian na rzucie pomieszczenia. Z kolei w innej publikacji architektonicznej [D3] zaleca się projektowanie tradycyjnych, równoległych ścian, jako mniej kosztowne, a zaoszczędzone finanse sugeruje się przeznaczyć na większą kubaturę i lepsze materiały wykończeniowe. W takim przypadku Osman (2010) radzi zastosować elementy absorbujące dźwięk na jednej z równoległych ścian (Ilustracja 28). Istotne jest również zapobieganie zjawisku echa trzepoczącego na linii posadzka – sufit. Rozwiązaniem jest odpowiednie ukształtowanie sufitu podwieszanego (Ilustracja 27) lub zastosowanie materiałów pochłaniających na jednej z tych powierzchni.



Ilustracja 27. The DiMenna Center for Classical Music, New York, USA. Architektura: H3. Przykład zastosowania odchylenia od pionu przeciwległych ścian sali prób oraz zastosowania sufitu podwieszanego o różnych kątach nachylenia w celu uniknięcia niepożądanego efektu echa trzepoczącego.

[[www.akustiks.com](http://www.akustiks.com), dostęp: sierpień 2022]



Ilustracja 28. Ingram Center for the Performing Arts, Nashville, USA. Przykład zastosowania kotar wzdłuż jednej z równoległych ścian sali prób w celu uniknięcia niepożądanego efektu echa trzepoczącego. [www.building-ideas.net, dostęp: sierpień 2022]

Opisane przez Kłosak'a (2014) badania akustyczne przeprowadzone w salach zaprojektowanych na rzucie koła w jednej z krakowskich szkół muzycznych, dowiodły występowania tam zjawiska ogniskowania dźwięku. Co więcej Kłosak (2014) porównał wyniki badań *in situ* z wynikami symulacji komputerowych, wykazując, że wskaźnik wczesnej energii odbić ( $ST_{\text{early}}$  [dB]) może służyć jako parametr informujący o występowaniu ogniskowania dźwięku w pomieszczeniu. W miejscach gdzie badania *in situ* wykazały ogniskowanie dźwięku, wskaźnik  $ST_{\text{early}}$  był o 4-5 dB wyższy<sup>57</sup> w porównaniu do średniej wartości tego wskaźnika dla całego badanego obszaru [Kłosak (2014)]. Występujące w salach prób ogniskowanie dźwięku uniemożliwiło użytkowanie pomieszczeń (Ilustracja 29-30). Konieczny był dodatkowy projekt, który wyeliminował wklęsłe ściany ograniczające wewnątrz.

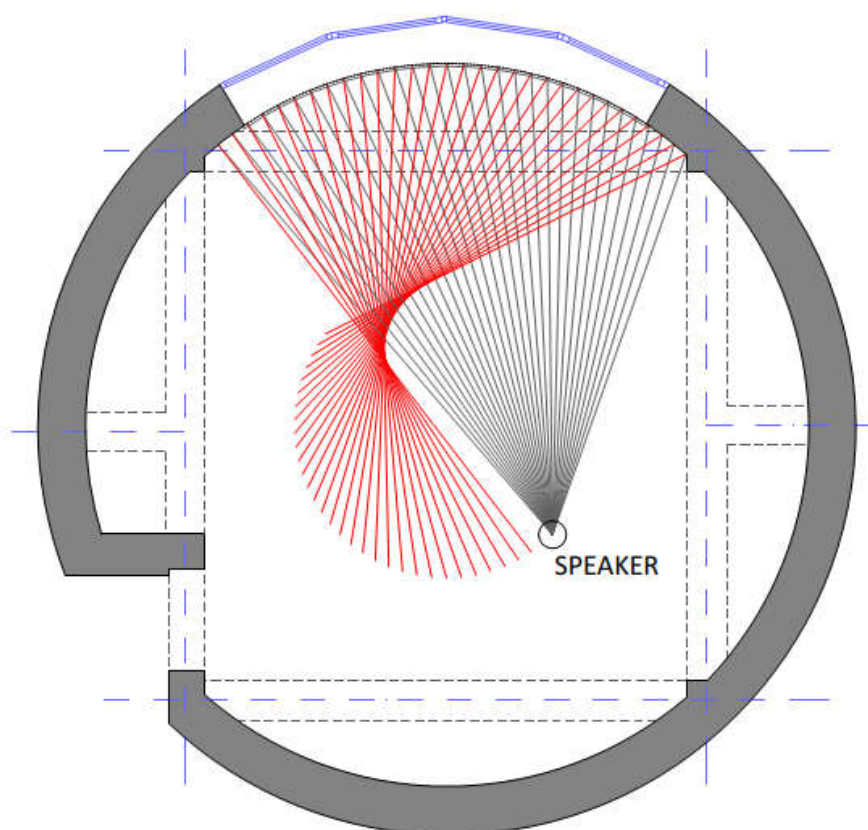
Osman (2010), Heringa (2014) oraz pozycja z nurtu architektonicznego [D4] zalecają unikać projektowania płaszczyzn zakrzywionych w salach prób muzycznych - dotyczy to zarówno ścian jak i sufitu. Pozwoli to na uniknięcie niepożądanego zjawiska ogniskowania dźwięku we wnętrzu.

<sup>57</sup> Podane różnice są wartościami uśrednionymi w paśmie częstotliwościowym 125 - 4 kHz. Wyniki te różniły się w poszczególnych częstotliwościach [Kłosak (2014)].





Ilustracja 29. Zespół Państwowych Szkół Muzycznych im. M. Karłowicza, Kraków – sala prób małych zespołów muzycznych – rzut pomieszczenia powstał na planie okręgu. [fot: autorka]



Ilustracja 30. Zjawisko ogniskowania dźwięku spowodowane kształtem rzutu sali prób na planie okręgu. Widoczna jest powierzchnia kaustyczna - obszar skupienia wielu kierunków biegu frontu fal odbitych (kolor czerwony). [opracowanie: autorka]



## Rozdział III

### Kryteria oceny sal prób muzycznych.

W celu przeprowadzenia analizy możliwości kształtowania sal prób muzycznych oraz ich klasyfikacji w zakresie architektonicznym i akustycznym, wybrano kilka właściwości oraz parametrów funkcjonalno - przestrzennych, które pozwalają scharakteryzować pomieszczenie oraz poddać go ocenie. Wybór i podział kryteriów na architektoniczne i akustyczne został przeprowadzony na podstawie literatury omówionej w Stanie Badań niniejszej pracy oraz wyników autorskiej ankiety przeprowadzonej wśród zawodowych muzyków klasycznych, nauczycieli muzyki, uczniów i studentów kierunków muzycznych (Załącznik 3). Analiza literatury oraz wyniki ankiety pozwoliły na wyodrębnienie następujących istotnych właściwości sal prób muzycznych:

- lokalizacja obiektu edukacji muzycznej,
- lokalizacja sali prób w bryle budynku,
- wielkość pomieszczenia (powierzchnia użytkowa, wysokość, kubatura),
- kształt rzutu i proporcje sali prób,
- zastosowane rozwiązania wykończeniowe we wnętrzu.

Każdą z powyższych właściwości przypisano do danego kryterium oceny jakości architektonicznej oraz do kryterium oceny jakości akustycznej. Zakres architektoniczny przeprowadzonej analizy jest rozumiany jako ocena jakości estetycznej, aspektów wynikających z zasad ergonomii, łatwości dostępu do sali czy elastyczności wykorzystania wnętrza. Zakres akustyczny analizy to ocena właściwości, które nie są parametrami akustycznymi w ścisłym tego słowa znaczeniu, lecz mają bezpośredni wpływ na jakość akustyczną wnętrza.<sup>58</sup> Szczegółowa analiza dostępnej literatury pozwoliła wyznaczyć trójstopniową skalę ocen dla każdego kryterium.<sup>59</sup> Skale ocen dla kryteriów jakości architektonicznej sal prób muzycznych opisano na podstawie literatury nurtu architektonicznego, opierającej się głównie na założeniach tradycyjnej ergonomii. Analogicznie - skale ocen przypisane do kryteriów jakości akustycznej określono na podstawie literatury nurtu akustycznego, w tym ergonomii audytywnej.

W przypadku oceny takich parametrów jak powierzchnia, kubatura i wysokość pomieszczenia, konieczne było uwzględnienie funkcji analizowanej sali, rozumianej jako liczebność zespołu ćwiczeniowego użytkującego dane pomieszczenie. W wyniku

---

<sup>58</sup> Do analizy wybrano właściwości, które można poddać wstępnej ocenie bez przeprowadzania badań akustycznych. W celu dokładnego sprawdzenia takich parametrów akustycznych jak izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych i wewnętrznych, zmienność czasu pogłosu, występowanie zjawiska echa trzepoczącego lub ogniskowania dźwięku, należy przeprowadzić badania akustyczne in situ w analizowanym pomieszczeniu.

<sup>59</sup> Wyjątek stanowi ostatnie kryterium dotyczące występowania niepożądanych zjawisk akustycznych w salach prób. Brak możliwości przypisania oceny pośredniej, spowodował, iż w tym przypadku zastosowano dwustopniową skalę ocen (pozytywna/ negatywna).

przeprowadzonych przez autorkę analiz rodzaju sposobu wykorzystywania sal prób muzycznych, zastosowano podział sal na trzy kategorie pomieszczeń. Dla każdej kategorii ustalono inny przedział rekomendowanych wartości wielkości takich jak powierzchnia, kubatura, wysokość pomieszczenia. Sale prób muzycznych podzielono na następujące kategorie:

- sale prób indywidualnych (1-2 muzyków);
- sal prób małych zespołów muzycznych (3-12 muzyków);
- sale prób dużych zespołów muzycznych (pow. 12 muzyków)<sup>60</sup>.

W kwestii wielkości sal prób muzycznych następuje wyraźny rozdzźwięk pomiędzy zaleceniami zawartymi w literaturze z nurtu architektonicznego a postulatami akustyków. Przejawia się on w odmiennym sposobie rozumienia tej cechy pomieszczenia. W literaturze architektonicznej podawany jest parametr *powierzchni* sali, często pozbawiony informacji na temat sugerowanej wysokości pomieszczenia. Akustycy natomiast, w swych badaniach podkreślają rolę *kubatury* jako jedyne właściwego parametru określającego wielkość sal prób muzycznych. Stąd też kryterium wielkości powierzchni użytkowej zostało zakwalifikowane jako architektoniczne, ponieważ zalecenia co do jej wielkości zawarte w literaturze mają czysto ergonomiczny charakter. Kryterium wielkości kubatury pomieszczenia zostało ujęte jako kryterium akustyczne, zgodnie z literaturą.

Każde kryterium zostało szczegółowo przedstawione wraz z opisem skali ocen. Wybór przedziałów rekomendowanych wartości uzasadniono na podstawie literatury przytoczonej w *Stanie badań* niniejszej rozprawy. Zalecane przedziały wartości takich kryteriów jak powierzchnia, kubatura, wysokość pomieszczenia, wyznaczono z pominięciem dwóch skrajnych wartości sugerowanych w przytoczonej literaturze lub wyznaczono na podstawie tylko najnowszych badań.

---

<sup>60</sup> Górna granica liczebności dużego zespołu muzycznego jest trudna do oszacowania. Na cele niniejszej pracy przyjęto 100 osób jako górną granicę. Jest to przeciętna ilość muzyków wchodzących w skład orkiestry symfonicznej.

### 3.1. Kryteria oceny jakości *architektonicznej* sal prób muzycznych.

#### **KRYTERIUM 1.1 - Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.**

Wybór lokalizacji obiektu edukacji muzycznej najczęściej podyktowany jest dostępnością terenu, możliwościami finansowymi inwestora oraz możliwościami urbanistycznymi. Sprawa estetyki najbliższego otoczenia obiektu jest drugorzędna, co pokrywa się ze zdaniem użytkowników sal prób muzycznych. Wyniki autorskiej ankiety przeprowadzonej wśród osób związanych z muzyką (Załącznik 3), wskazują, że estetyczny/ inspirujący widok z okna sali prób jest dla użytkowników kwestią *przeciętnie istotną* i można ją pominąć przy wyznaczaniu kryteriów oceny tych pomieszczeń. Podobnie przedstawia się problematyka obecności osób trzecich tuż za oknem sali prób – tą kwestię jako *przeciętnie istotną* również pominięto w dalszych rozważaniach. Przy ocenie lokalizacji obiektu edukacji muzycznej skupiono się na kwestii łatwości dostępu do budynku, rozumianej jako dostęp komunikacją miejską i indywidualną, obecność miejsc postojowych dedykowanych użytkownikom danego obiektu. Dodatkowym pozytywnym aspektem jest bliskość innych obiektów edukacji i kultury, a także bliskość zaplecza gastronomicznego.

#### **Skala ocen:**

- pozytywna – Obiekt zlokalizowany jest w centrum miasta, gdzie dostęp komunikacją miejską jest ułatwiony. Dodatkowo możliwy jest transport komunikacją indywidualną oraz skorzystanie z pobliskich miejsc postojowych. Budynek sąsiaduje z innymi obiektami edukacji i kultury. Jest zapewnione zaplecze gastronomiczne.
- przeciętna – Lokalizacja charakteryzuje się rzadkimi połączeniami komunikacją miejską. Możliwy jest transport komunikacją indywidualną, jednak brak jest miejsc postojowych w bezpośrednim sąsiedztwie. Otoczenie budynku jest przypadkowe. Brak zaplecza gastronomicznego.
- negatywna – Lokalizacja obiektu nie pozwala na korzystanie z komunikacji miejskiej. Konieczna jest komunikacja indywidualna. Otoczenie obiektu jest przypadkowe. Brak zaplecza gastronomicznego.

## **KRYTERIUM 1.2 - Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.**

Ocenie poddano układ funkcjonalny segmentu obiektu edukacji muzycznej przeznaczonego na sale prób. Z uwagi na organizację instytucji i potrzebę dużej mobilności uczniów/ studentów wraz z instrumentami, korzystne jest lokalizowanie sal blisko siebie, a także blisko magazynów sprzętu muzycznego [D3]. Przeprowadzona na cele niniejszej pracy ankieta (Załącznik 3) oraz rozmowy z osobami zawodowo związanymi z muzyką, uwidoczniły problem dostępności tych pomieszczeń, który to problem jest pomijany w przytaczanej literaturze. Sale prób często lokalizowane są daleko od wejścia głównego, a tym samym zmuszają muzyków do pokonywania długich dystansów z ciężkim sprzętem muzycznym. Kolejną niedogodnością jest brak windy w przypadku lokalizacji pomieszczeń na wyższych kondygnacjach. Z kolei usytuowanie sal prób na parterze może obniżać poziom intymności we wnętrzu, choć wyniki ankiety wskazują, że jest to aspekt *przeciętnie istotny* dla użytkowników sal prób i można go pominąć w ocenie. Kwestię poprawy dostępności sal można rozwiązać poprzez dodatkowe wejście do budynku wraz z klatką schodową i windą, zlokalizowanymi w segmencie przeznaczonym na sale prób. Zaleca się również zapewnienie oświetlenia naturalnego w pomieszczeniu, jak długo jest to możliwe podczas doby [D4]. Według wyników ankiety naturalne oświetlenie sali prób jest kwestią *istotną* lub *bardzo istotną* dla 65% użytkowników sal prób i należy uwzględnić ją w kryteriach oceny tych pomieszczeń. Istotne jest również zapewnienie punktowego oświetlenia sztucznego, oświetlającego pulpity na nuty muzyków. Dodatkowym pozytywnym rozwiązaniem jest miejsce do odpoczynku w trakcie próby oraz zaplecze socjalne w pobliżu sal.

### **Skala ocen:**

- **pozytywna** - Analizowana sala prób jest zgrupowana z pomieszczeniami o tym samym przeznaczeniu, co ułatwia i skraca czas przemieszczania się między nimi. Magazyny z instrumentami stanowią bezpośrednie sąsiedztwo sal prób. Dostęp do pomieszczeń jest ułatwiony - segment usytuowany jest blisko wejścia głównego do obiektu lub posiada odrębną strefę wejściową, dodatkowo wyposażoną w klatkę schodową i windę. Segment wyposażony jest w pomieszczenie socjalne. Stopień doświetlenia sali światłem naturalnym jest wysoce zadowalający - brak konieczności korzystania ze źródeł światła sztucznego w ciągu dnia. Dodatkowe oświetlenie sztuczne punktowe skierowane na pulpity muzyków zwiększa komfort użytkowania wnętrza.
- **przeciętna** - Sala prób jest zgrupowana z pomieszczeniami o tym samym przeznaczeniu, magazyny z instrumentami stanowią bliskie sąsiedztwo. Dostęp do pomieszczeń - segment oddalony jest od wejścia głównego do obiektu, nie posiada odrębnej strefy wejściowej. Brak pomieszczeń socjalnych. Stopień doświetlenia sali światłem naturalnym jest zadowalający - zachodzi konieczność korzystania ze źródeł światła sztucznego w niektóre dni.



- negatywna - Analizowana sala prób jest oddalona od pozostałych pomieszczeń o tym samym przeznaczeniu, jak również od magazynów ze sprzętem muzycznym. Dostęp do pomieszczenia jest utrudniony - segment oddalony jest od wejścia głównego budynku, nie posiada odrębnej strefy wejściowej, brak windy w obiekcie. Brak pomieszczeń socjalnych. Stopień doświetlenia sali światłem naturalnym jest niewystarczający - zachodzi ciągle konieczność korzystania z dodatkowych źródeł światła sztucznego w ciągu dnia lub pomieszczenie pozbawione jest dostępu do światła naturalnego.

### **KRYTERIUM 1.3 - Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.**

Ocenie poddano estetykę wykończenia wnętrza sali prób rozumianą, jako stopień atrakcyjności rozwiązań, jakość materiałów wykończeniowych, zastosowaną kolorystykę i jej wpływ na użytkowników pomieszczenia. Według autorskiej ankiety przeprowadzonej na cele niniejszej pracy (Załącznik 3), kwestia estetyki sali prób jest *istotna* lub *bardzo istotna* dla 58% użytkowników. To samo badanie pokazuje, że dla 40% muzyków, dobra architektura jest równoważna z akustyką przy tworzeniu idealnej sali prób. Dla pozostałych 60% ankietowanych, akustyka jest bardziej istotna. W pytaniu otwartym tej samej ankiety, użytkownicy sal prób wyrazili swoje preferencje w kwestii estetyki wnętrza – preferowane są proste i minimalistyczne pomieszczenia, wykończone w jasnych, stonowanych barwach. Należy unikać ciemnych i jaskrawych kolorów oraz zbędnych elementów wykończeniowych i dekoracyjnych odwracających uwagę od gry podczas próby muzycznej.

#### **Skala ocen:**

- pozytywna (wysoka atrakcyjność) - Wysoki stopień estetyki wykończenia wnętrza sali prób. Pomieszczenie cechuje prostota i minimalizm. Brak zbędnych elementów dekoracyjnych. Zastosowano wysokiej jakości materiały wykończeniowe. Jasna i stonowana kolorystyka wnętrza sprzyja odpowiedniemu funkcjonowaniu pomieszczenia.
- przeciętna (przeciętna atrakcyjność) - Przeciętny stopień estetyki wykończenia wnętrza sali prób. Zastosowanie tradycyjnych rozwiązań, przeciętna jakość wykorzystanych materiałów wykończeniowych. Brak zbędnych elementów dekoracyjnych. Jasna kolorystyka sprzyja odpowiedniemu funkcjonowaniu pomieszczenia.
- negatywna (brak atrakcyjności) - Niski stopień estetyki wykończenia wnętrza sali prób. Niska jakość zastosowanych materiałów wykończeniowych. Obecność elementów dekoracyjnych odwracających uwagę od ćwiczeń muzycznych. Kolorystyka pomieszczenia nie sprzyja odpowiedniemu funkcjonowaniu sali - zastosowane barwy są zbyt intensywne i niekorzystnie wpływają na użytkowników podczas prób muzycznych.

#### KRYTERIUM 1.4 - Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.

Wybór wielkości powierzchni i wysokości pomieszczenia to pierwszy krok przy projektowaniu sal prób muzycznych. Zazwyczaj pierwszorzędną rolę odgrywają kwestie finansowe, dlatego pomieszczenia są projektowane w sposób ekonomiczny. Powierzchnia sal uzależniona jest od liczby użytkowników i rodzaju instrumentów rozumianych jako ich wielkość [D4]. Dlatego pomieszczenia przeznaczone na próby instrumentalne zazwyczaj są większe niż sale dla solistów [D3]. Dodatkowo powierzchnia sali prób powinna zapewniać muzykom swobodę ruchów podczas gry na instrumencie oraz miejsce dla nauczyciela oceniającego grę podopiecznych. Zaleca się lokalizować drzwi sali w narożu, jako oszczędność miejsca. Jeśli w pomieszczeniu będzie wykorzystywana perkusja, najlepiej usytuować ją jak najdalej od drzwi [D4]. Według autorskiej ankiety 84,5% muzyków uważa wielkość sali, rozumianą jako powierzchnię, poczucie przestrzenności/ niedostatku miejsca, za parametr *istotny* lub *bardzo istotny*. Dodatkowo cecha *przestrzenności* jest wymieniana najczęściej jako pierwsza i najważniejsza cecha idealnej sali prób.

Poniższe tabele przedstawiają zalecane powierzchnie sal prób muzycznych zgodnie z literaturą nurtu architektonicznego. Wartości te są rozumiane jako *wystarczające* ze względów ergonomicznych. Na ich podstawie ustalono przedziały rekomendowanych wielkości powierzchni pomieszczeń, odrzucając skrajne minimalne i maksymalne wartości. Ocenę „*zbyt duża*” należy rozumieć jako powierzchnię, która może pomieścić więcej użytkowników, niż wynikałoby to z jej przeznaczenia. Z ekonomicznego punktu widzenia, jest to niekorzystne.

W Tabeli 3 zestawiono wszystkie zalecane powierzchnie sal prób indywidualnych na podstawie literatury nurtu architektonicznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości powierzchni sal, pominięto minimalną sugerowaną wartość 3,3 m<sup>2</sup> oraz wartość 4,65 m<sup>2</sup> sugerowaną w pozycji literaturowej z 1969 roku.

źródło	zalecana powierzchnia sali [m <sup>2</sup> ]
DfE (2010) [D2], IOA (2015) [D4]	6,0 - 10,0
NASM (2000) [D6]	1,85 / muzyka
DPI (2000) [D3]	≥ 5,1
Ontario Dept. (1969) [D8]	≥ 4,65
DCM (1990) [D1]	≥ 6,5
Wenger (2008) [D12]	3,3 - 5,5

Tabela 3. Wyniki analizy zalecanych powierzchni sal prób indywidualnych wg literatury nurtu arch.

[opracowanie: autorka]

#### Skala ocen (dla sal prób indywidualnych):

- zbyt mała - poniżej 5,1 m<sup>2</sup>
- rekomendowana – od 5,1 m<sup>2</sup> do 10,0 m<sup>2</sup>
- zbyt duża - powyżej 10,0 m<sup>2</sup>

W Tabeli 4 zestawiono wszystkie zalecane powierzchnie sal prób małych zespołów muzycznych na podstawie literatury nurtu architektonicznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości powierzchni sal, pominięto minimalną sugerowaną wartość 5,55 m<sup>2</sup> oraz maksymalną wartość 32 m<sup>2</sup>.

źródło	zalecana powierzchnia sali [m <sup>2</sup> ]
DfE (2010) [D2], IOA (2015) [D4]	20,0 - 25,0
NASM (2000) [D6]	1,85 / muzyka (5,55 – 22,2)
Ontario Dept. (1969) [D8]	7,0 - 18,6
DCM (1990) [D1]	10,0 - 28,0
Wenger (2008) [D12]	7,0 - 32,0

Tabela 4. Wyniki analizy zalecanych powierzchni sal prób małych zespołów wg literatury nurtu arch. [opracowanie: autorka]

**Skala ocen (dla sal prób małych zespołów):**

- zbyt mała - poniżej 7,0 m<sup>2</sup>
- rekomendowana - od 7,0 m<sup>2</sup> do 28,0 m<sup>2</sup>
- zbyt duża - powyżej 28,0 m<sup>2</sup>

W Tabeli 5 zestawiono wszystkie zalecane powierzchnie sal prób dużych zespołów muzycznych na podstawie literatury nurtu architektonicznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości powierzchni sal, jako wartość minimalną przyjęto 28 m<sup>2</sup> tj. górną granicę rekomendowanego przedziału dla małych zespołów muzycznych oraz pominięto maksymalną wartość 280 m<sup>2</sup>.

źródło	zalecana powierzchnia sali [m <sup>2</sup> ]
DfE (2010) [D2], IOA (2015) [D4] <i>do 30 muzyków</i>	79,0 - 91,0
NASM (2000) [D6]	1,85 / muzyka
DPI (2000) [D3] <i>do 42 muzyków</i>	≤ 230,0
DCM (1990) [D1] <i>do 100 muzyków</i>	≤ 280,0
Wenger (2011) [D10] <i>do 75 muzyków</i>	≤ 230,0
Wenger (2008) [D12] <i>od 15 muzyków</i>	≥ 32,0

Tabela 5. Wyniki analizy zalecanych powierzchni sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu arch. [opracowanie: autorka]

**Skala ocen (dla sal prób dużych zespołów):**

- zbyt mała - poniżej 28,0 m<sup>2</sup>
- rekomendowana - od 28,0 m<sup>2</sup> do 230,0 m<sup>2</sup>
- zbyt duża - powyżej 230,0 m<sup>2</sup>

### KRYTERIUM 1.5 - Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.

Poniższe tabele przedstawiają zalecane w literaturze nurtu architektonicznego wysokości sal prób muzycznych, mierzone w świetle przegród poziomych ograniczających wnętrze. Wartości te są rozumiane jako *wystarczające* ze względów ergonomicznych. Do zestawienia dołączono również wymagania minimalnych wysokości w świetle dla pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi według Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 690) [A4]. Na ich podstawie ustalono przedziały rekomendowanych wielkości wysokości pomieszczeń. Zalecenia dla sal indywidualnych oraz dla sal małych zespołów muzycznych są takie same, dlatego zebrano je w jednej tabeli i ustalono wspólną skalę ocen. Ocenę „zbyt duża” należy rozumieć jako niepotrzebną dodatkową kubaturę wnętrza. Z ekonomicznego punktu widzenia, jest to niekorzystne.

W Tabeli 6 zestawiono wszystkie zalecane wysokości sal prób indywidualnych oraz sal prób małych zespołów muzycznych na podstawie literatury nurtu architektonicznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości wysokości sal, pominięto minimalną sugerowaną wartość 2,5 m oraz maksymalną sugerowaną wartość 4,0 m.

źródło	zalecana wysokość sali [m]
DfE (2010) [D2] dla sal indywidualnych	2,7 - 3,0
DfE (2010) [D2] dla sal małych zespołów	2,7 - 4,0
Wenger (2010) [D11]	2,5 - 3,7
Rozporządzenie... [A4]: pomieszczenia do pracy, nauki i innych celów, w których nie występują czynniki uciążliwe lub szkodliwe dla zdrowia, przeznaczone na stały lub czasowy pobyt nie więcej niż 4 osób; (sale indywidualne)	≥ 2,5
Rozporządzenie... [A4]: pomieszczenia do pracy, nauki i innych celów, w których nie występują czynniki uciążliwe lub szkodliwe dla zdrowia, przeznaczone na stały lub czasowy pobyt więcej niż 4 osób; (sale małych zespołów muzycznych)	≥ 3,0
Rozporządzenie... [A4]: pomieszczenia do pracy i innych celów, w których występują czynniki uciążliwe lub szkodliwe dla zdrowia;	≥ 3,3

Tabela 6. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób indywidualnych i sal prób małych zespołów wg literatury nurtu architektonicznego. [opracowanie: autorka]

#### Skala ocen (dla sal prób indywidualnych i małych zespołów):

- zbyt mała - poniżej 2,7 m
- rekomendowana - od 2,7 m do 3,7 m
- zbyt duża - powyżej 3,7 m

W Tabeli 7 zestawiono wszystkie zalecane wysokości sal prób dużych zespołów muzycznych na podstawie literatury nurtu architektonicznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości wysokości sal, pominięto minimalną sugerowaną wartość 4,3 m oraz maksymalną sugerowaną wartość 7,6 m.

źródło	zalecana wysokość sali [m]
DPI (2000) [D3]	5,5 - 6,7
NASM (2000) [D6]	4,9 - 7,3
Ontario Dept. (1969) [D8]	4,3 - 5,5
DCM (1990) [D1]	6,0 - 7,6
Wenger (2010) [D11] <i>dla 45 - 50 muzyków</i>	4,3 - 5,5
Wenger (2011) [D10] <i>dla 60 - 75 muzyków</i>	5,5 - 6,7

Tabela 7. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu architektonicznego. [opracowanie: autorka]

#### **Skala ocen (dla sal prób dużych zespołów):**

- zbyt mała - poniżej 4,9 m
- rekomendowana - od 4,9 m do 7,3 m
- zbyt duża - powyżej 7,3 m

**KRYTERIUM 1.6 - Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.**

Korzystne jest zaprojektowanie sal prób, które mogą spełniać wiele funkcji, w zależności od potrzeb instytucji, w której są zlokalizowane. Stopień elastyczności wykorzystania wnętrza zależy w głównej mierze od kształtu i proporcji pomieszczenia. Dużą elastyczność wykazują wnętrza zaprojektowane na rzucie kwadratu lub o zbliżonych proporcjach. Pomieszczenia na planie koła lub elipsy, również dają wiele możliwości, ograniczają jednak ustawienie meblowania "przy ścianie". Należy unikać sal na planie litery L oraz bardzo długich pomieszczeń, których głębokość stanowi podwójną szerokość lub więcej - osoby na końcu sali będą słabo widoczne i słyszane [D4].

**Skala ocen:**

- pozytywna (szeroka elastyczność) - Kształt i proporcje sali prób pozwalają na duże spektrum możliwości wykorzystania pomieszczenia, urządzenia i dostosowania do różnych potrzeb użytkowników. Wnętrze daje wiele możliwości ustawienia muzyków wraz z ich instrumentami, nawet w przypadku dużych gabarytowo instrumentów muzycznych jak pianino czy fortepian. Sala jest prostopadłościenna, a wymiary rzutu pomieszczenia są do siebie zbliżone.
- przeciętna (ograniczona elastyczność) - Kształt i proporcje sali prób dają ograniczone możliwości wykorzystania pomieszczenia. Możliwe są niewielkie modyfikacje w celu dostosowania do potrzeb użytkowników. Sala została zaprojektowana na planie koła/elipsy lub wielokąta foremnego (sześciokąt, ośmiokąt, trapezu itp.).
- negatywna (brak elastyczności) - Kształt i proporcje sali prób narzucają sposób urządzenia i wykorzystania wnętrza. Brak jest możliwości modyfikacji aranżacji pomieszczenia. Sala ma kształt ograniczający widoczność i słyszalność wszystkich użytkowników (rzut w kształcie litery L, wnętrza wąskie i bardzo długie itp.).

## 3.2. Kryteria oceny jakości *akustycznej* sal prób muzycznych.

### **KRYTERIUM 2.1 - Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.**

Wybór lokalizacji nowego obiektu edukacji muzycznej często jest bardzo ograniczony ze względów formalnych, finansowych i urbanistycznych lub całkowicie zanika - jak w przypadku adaptacji istniejącego już budynku na szkołę lub akademię muzyczną. Jeśli istnieje możliwość wyboru miejsca nowej inwestycji, zalecane są lokalizacje charakteryzujące się niską emisją hałasu - tereny zielone, oddalone od ciągów komunikacyjnych lub tereny zurbanizowane, przy wykorzystaniu istniejącej zabudowy jako kubaturowych barier akustycznych. Należy unikać bezpośredniego sąsiedztwa terenów, których funkcja skutkuje wysoką emisją hałasu - boiska szkolne, place zabaw, otwarte targowiska itp. oraz bliskości dróg o wysokim natężeniu ruchu kołowego lub kolejowego, co dodatkowo może skutkować transmisją drgań.

Według ankiety przeprowadzonej na cele niniejszej rozprawy, przenikanie dźwięków z zewnątrz stanowi *istotny* lub *bardzo istotny* problem dla 77,3% użytkowników sal prób muzycznych.

Kryterium lokalizacji obiektu pod względem głośności otoczenia nie jest kryterium bezwzględny - jeśli przegrody zewnętrzne budynku (ściany, okna, ewentualne elementy nawiewne) charakteryzują się wysoką izolacyjnością akustyczną, przenikanie dźwięków z zewnątrz jest skutecznie ograniczone i nie stanowi problemu podczas użytkowania sali prób. Z drugiej strony część wykonawców preferuje grę przy otwartych oknach - zdaniem autorki ten fakt może wynikać nie tylko z chęci odczuwania bliskości natury, ale również z niedostatku wentylacji pomieszczeń (zwłaszcza przy wentylacji grawitacyjnej), jak i ze zbyt dużej głośności danej sali. Otwarcie na oścież okna jest równoważne z wprowadzeniem do pomieszczenia materiału dźwiękochłonnego o chłonności wynoszącej 100% i wielkości równej powierzchni otwartego okna.

Poniższą skalę ocen opracowano na podstawie dostępnych i aktualnych map akustycznych. Przy ocenie wzięto pod uwagę jedynie te części obiektu edukacji muzycznej, w których zlokalizowane są sale prób muzycznych.

#### **Skala ocen:**

- pozytywna (cicha) - Najbliższe otoczenie obiektu charakteryzuje się długookresowy poziomem hałasu o wartości poniżej  $L_{DWN} = 64 \text{ dB(A)}$ .<sup>61</sup> Budynek zlokalizowany jest w sąsiedztwie parku lub innych terenów zielonych, oddalony od ciągów

---

<sup>61</sup>  $L_{DWN} = 64 \text{ dB(A)}$  to maksymalny dopuszczalny długookresowy średni poziom dźwięku A [dB] dla terenów zabudowy związanych ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży, przy założeniu dróg i linii kolejowych jako źródeł hałasu [A8]. Obiekty edukacji muzycznej stanowią zabudowę związaną ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży.



komunikacyjnych lub inne obiekty kubaturowe stanowią skuteczną barierę akustyczną dla analizowanego budynku edukacji muzycznej.

- przeciętna<sup>62</sup> (głośna) - Najbliższe otoczenie obiektu charakteryzuje się długookresowy poziomem hałasu o wartości  $L_{DWN} = 64 - 70 \text{ dB(A)}$ .<sup>63</sup> Budynek zlokalizowany jest w sąsiedztwie ciągów komunikacyjnych o niskim lub średnim natężeniu ruchu kołowego lub kolejowego. Brak kubaturowych barier akustycznych.
- negatywna (bardzo głośna) - Najbliższe otoczenie obiektu charakteryzuje się długookresowy poziomem hałasu o wartości powyżej  $L_{DWN} = 70 \text{ dB(A)}$ .<sup>64</sup> Budynek zlokalizowany jest w bezpośrednim sąsiedztwie targowiska, boiska szkolnego, placu zabaw lub ciągów komunikacyjnych o wysokim natężeniu ruchu kołowego i/ lub kolejowego.

---

<sup>62</sup> Za "przeciętną" lokalizację obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia autorka uznała lokalizację, w której przekroczony jest dopuszczalny poziom hałasu dla terenów zabudowy związanych ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży [A8], natomiast nie jest przekroczony dopuszczalny poziom hałasu dla terenów w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców, przy założeniu dróg i linii kolejowych jako źródeł hałasu [A8].

<sup>63</sup>  $L_{DWN} = 70 \text{ dB(A)}$  to maksymalny dopuszczalny długookresowy średni poziom dźwięku A [dB] dla terenów w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców, przy założeniu dróg i linii kolejowych jako źródeł hałasu [A8]. Wszystkie analizowane obiekty edukacji muzycznej zlokalizowane są w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, wyjątek stanowi szwajcarskie miasto Einsiedeln (ok. 14 tys. mieszkańców).

<sup>64</sup> Patrz przypis 63.

## **KRYTERIUM 2.2 - Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.**

Z uwagi na organizację instytucji, sale prób muzycznych najczęściej lokalizuje się w jednym segmencie budynku, blisko siebie. To pomieszczenia, w których generowane są dźwięki muzyczne o wysokim poziomie natężenia, w szerokim zakresie częstotliwości, a jednocześnie tolerancja na dźwięki z sąsiedniej sali jest bardzo niska. Według autorskiej ankiety, słyszalność dźwięków z sąsiedniego pomieszczenia stanowi *istotny* lub *bardzo istotny* problem dla 88,2% użytkowników. Najbardziej przeszkadzają dźwięki innych instrumentów bez względu na ich rodzaj (67,2% ankietowanych). Nie potwierdza to wyników Lamberty (1980), według których najbardziej uciążliwe są dźwięki tego samego instrumentu lub z tego samego rodzaju instrumentów muzycznych.

W celu ograniczenia przenikania dźwięków między pomieszczeniami, poza wysoką izolacyjnością akustyczną przegród, można stosować dodatkowe rozwiązania architektoniczne. Zaleca się lokalizowanie stref buforowych między salami, pod postacią magazynów lub korytarzy, wyraźne odseparowanie sal prób dużych zespołów oraz sal perkusyjnych ze względu na niskie częstotliwości, stosowanie konstrukcji *box-in-box* oraz przedsionków oddzielających sale od ciągów komunikacyjnych. Należy unikać bezpośredniego sąsiedztwa sal, w których generowane są dźwięki mogące zakłócać przebieg próby jak pomieszczenia higieniczno-sanitarne, pomieszczenia techniczne np. wentylatornie.

Ocenie poddano rozwiązania architektoniczne, lecz mające bezpośredni wpływ na akustykę we wnętrzu sali prób, dlatego to kryterium zakwalifikowano jako akustyczne.

### **Skala ocen:**

- pozytywna - Lokalizacja sali prób wpływa korzystnie na jakość akustyczną wnętrza, poziom dźwięków przenikających z sąsiednich pomieszczeń jest niski i nie zakłóca przebiegu próby. Zastosowano konstrukcję *box-in-box* lub dodatkowe rozwiązania jak przedsionki i / lub strefy buforowe między salami.
- przeciętna – Analizowana sala prób sąsiaduje bezpośrednio z salami o tym samym przeznaczeniu, jednak wpływ sąsiednich sal lub brak tego wpływu, uzależniony jest od rodzaju instrumentu, na którym gra jest praktykowana w sali obok. Brak stref buforowych między pomieszczeniami. Zastosowano przedsionki między salami prób a komunikacją.
- negatywna - Lokalizacja sali prób wpływa niekorzystnie na jakość akustyczną wnętrza, poziom dźwięków przenikających z sąsiednich pomieszczeń jest wysoki i może zakłócać przebieg próby. Bezpośrednie sąsiedztwo stanowią sale dedykowane dużym zespołom, big bandom, instrumentom perkusyjnym, pomieszczenia higieniczno-sanitarne, techniczne lub inne, w których generowane są dźwięki o wysokim poziomie natężenia. Brak dodatkowych rozwiązań architektonicznych jak podwójne ściany, przedsionki, strefy buforowe między salami.

### **KRYTERIUM 2.3 - Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.**

Wyniki ankiety przeprowadzonej na cele niniejszej pracy wskazują, że kwestia preferowanej akustyki sal prób muzycznych jest ściśle związana ze stopniem zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej, a nawet z rodzajem instrumentu muzycznego ankietowanego. Większość studentów kierunków muzycznych (60%) preferuje sale bardziej pogłosowe, czyli o dłuższym czasie pogłosu. Potwierdza to opinię nauczycieli muzyki, mówiącą, że w pomieszczeniu bardziej pogłosowym łatwiej jest uczniom/ studentom ukryć błędy podczas gry na instrumencie. Zawodowi muzycy (48,5%) preferują sale bardziej wytlumione, czyli o krótkim czasie pogłosu. W takich pomieszczeniach łatwiej wychwycić błędy podczas gry. Natomiast większość nauczycieli muzyki (53,7%) preferuje sale prób o zmiennej akustyce, co pozwala na dostosowanie warunków akustycznych do ucznia i jego instrumentu, a także pozwala uczniom eksperymentować z różnym czasem pogłosu w sali prób. Podział ankietowanych w zależności od rodzaju wiodącego instrumentu muzycznego pozwolił na wyodrębnienie muzyków grających na instrumentach strunowych, dętych drewnianych i perkusyjnych, jako preferujących zmienną akustykę w sali prób (odpowiednio 50%, 50% i 70%). Większość ankietowanych grających na instrumentach dętych blaszanych (58,3%) wybrała pomieszczenia bardziej wytlumione, co jest charakterystyczne dla tej grupy instrumentów generujących wysokie poziomy dźwięków. Ogółem zmienną akustykę preferuje 43,7% ankietowanych muzyków, a możliwość samodzielnej regulacji akustyki sali jest *istotna* lub *bardzo istotna* dla 58,2% użytkowników sal prób muzycznych. Udowadnia to zasadność wyboru owego kryterium.

Według literatury z nurtu akustycznego w salach prób muzycznych wskazane jest zastosowanie rozwiązań pozwalających na zmianę warunków akustycznych w pewnym przedziale dostosowanym do przeznaczenia pomieszczenia. Wprowadzenie ruchomych elementów takich jak kotary pochłaniające dźwięk, panele odbijające i absorbujące, daje użytkownikom możliwość na dostosowanie czasu pogłosu do ich preferencji. Istotne jest, aby dokonywanie tych zmian następowało w szybki i prosty dla użytkowników sposób.

#### **Skala ocen:**

- negatywna (brak elastyczności) - W sali prób nie zastosowano elementów, które pozwalałyby na zmianę akustyki wnętrza. Czas pogłosu w pomieszczeniu jest stały.
- przeciętna (ograniczona elastyczność) - W sali prób zastosowano elementy umożliwiające regulację warunków akustycznych, jednak przedział tych zmian jest niedostateczny w stosunku do przeznaczenia pomieszczenia lub dokonywanie zmian jest uciążliwe dla użytkowników.
- pozytywna (szeroka elastyczność) - W sali prób zastosowano rozwiązania pozwalające na zmianę akustyki wnętrza w przedziale wartości czasu pogłosu odpowiednim do przeznaczenia pomieszczenia. Użytkownik może sam w łatwy i szybki sposób dostosować warunki akustyczne do własnych preferencji.

#### **KRYTERIUM 2.4 - Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.**

Przegląd literatury naukowej, a także powszechnej wykazał, że rzadko operuje się *powierzchnią* jako parametrem opisującym sale koncertowe czy widowiskowe. W celu określenia ich wielkości podaje się kubaturę i / lub ilość miejsc na widowni. Z punktu widzenia akustyki jest to jak najbardziej poprawne i powinno obowiązywać dla wszystkich pomieszczeń przeznaczonych do kreowania muzyki.

Według akustyków cytowanych w Stanie badań, kubatura sali prób to jeden z najistotniejszych parametrów i wymaga on szczególnej uwagi. Wyznaczając przedziały rekomendowanej kubatury sal, autorka musiała zmierzyć się z problemem jakim jest ich precyzyjna kwalifikacja. Wzorując się na normach ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], podział ze względu na ilość muzyków korzystających z sali wydaje się oczywisty, jednak pojawia się problem klasyfikacji sal do nauki gry (*teaching studio*), które w wielu publikacjach funkcjonują jako odrębny rodzaj pomieszczenia. Biorąc pod uwagę ilość użytkowników, taka sala powinna zaliczać się do sal indywidualnych, w których ćwiczy jedna lub dwie osoby. Według Bonner'a (2006) i Heringa (2014) sale do nauki gry powinny być zdecydowanie większe od sal indywidualnych, aby nauczyciel mógł słuchać gry podopiecznego z pewnej odległości, a także ze względu na gabaryty fortepianu, który jest nieodłącznym elementem wyposażenia sali do nauki gry. W tym wypadku takim salom bliżej wymiarami do sal prób grupowych. Z drugiej strony, wiele placówek muzycznych, nie może pozwolić sobie na wydzielenie przestrzeni do nauki gry i pomieszczeń do samodzielnych prób. W celu maksymalnego wykorzystania dostępnych sal, wiele pomieszczeń musi pełnić równocześnie obie funkcje. Z tego względu autorka zdecydowała się na wyznaczenie przedziałów zalecanych kubatur i wysokości sal tak, aby rekomendowane wartości dotyczące sal nauki gry zawierały się zarówno w przedziale odnoszącym się do sal prób indywidualnych jak i małych zespołów muzycznych.

W Tabeli 8 zestawiono wszystkie zalecane kubatury sal prób indywidualnych oraz nauki gry wskazane przez akustyków. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości kubatury tych pomieszczeń, wzięto pod uwagę przede wszystkim najnowsze zalecenia: Gade (2012), Heringa (2014), normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5]. Odrzucono rekomendacje z 2006 roku i starsze.<sup>65</sup> Na tej podstawie ustalono przedział od 30 m<sup>3</sup> do 100 m<sup>3</sup> jako rekomendowany. Gade (2012) i Heringa (2014) nie zalecają projektowania sal mniejszych niż 30 m<sup>3</sup>, podobny zapis znajduje się w normie NS 8178:2014 [N5]. Natomiast rozszerzenie przedziału do 100 m<sup>3</sup> pozwala zawrzeć w nim:

- zalecaną przez Gade (2012) kubaturę dla dwóch muzyków, przy czasie pogłosu wynoszącym 0,8 s (80 m<sup>3</sup>);
- zalecaną przez Heringa (2014) kubaturę dla sal dwu- i trzy-osobowych (60 m<sup>3</sup>);
- minimalną rekomendowaną przez Bonner' a (2006) kubaturę dla sali nauki gry (72 m<sup>3</sup>);

<sup>65</sup> Akustyka wewnątrz jest dziedziną stosunkowo młodą, która wciąż się rozwija, a zalecenia ulegają zmianom. Zasady ergonomii tradycyjnej nie zmieniły się w takim stopniu na przestrzeni lat.

- minimalną zalecaną przez Finnish Code of Conduct kubaturę sali do nauki gry - fortepian oraz jeden dowolny instrument ( $80 + 10 = 90 \text{ m}^3$ );
- rekomendowaną przez Finnish Code of Conduct kubaturę dla sali do gry na dwóch instrumentach dętych ( $2 \times 20 = 40 \text{ m}^3$ ).

Wyznaczoną granicę przedziału *do 100 m<sup>3</sup>* należy rozumieć jako wystarczającą do uzyskania odpowiedniej jakości akustycznej we wnętrzu. Sale prób indywidualnych lub nauki gry, które będą większe niż  $100 \text{ m}^3$  nie będą pomieszczeniami zaprojektowanymi niepoprawnie – mogą to być sale o równie dobrych warunkach akustycznych, lecz o niepotrzebnie zbyt dużej objętości.

źródło	zalecana kubatura sali [m <sup>3</sup> ]
NS 8178:2014 [N5]	$\geq 30$ (40) <sup>66</sup>
ISO 23591:2021 [N4]	$\geq 35$ (50) <sup>67</sup>
Gade (2012)	$\geq 30$
Chasin (1996) cyt. przez Osman (2010)	$\geq 17$
Finnish Code of Conduct <sup>68</sup> (2006) cyt. przez Koskinen (2010)	$\geq 20$ (10) <sup>69</sup>
Patrick (1967)	$\geq 22$ <sup>70</sup>
Heringa (2014)	$\geq 30$
Bonner (2006)	$\geq 15,4$

Tabela 8. Wyniki analizy zalecanych kubatur sal prób indywidualnych wg literatury nurtu akustycznego. [opracowanie: autorka]

#### Skala ocen (dla sal prób indywidualnych):

- zbyt mała - poniżej  $30 \text{ m}^3$
- rekomendowana - od  $30 \text{ m}^3$  do  $100 \text{ m}^3$
- zbyt duża - powyżej  $100 \text{ m}^3$

<sup>66</sup>  $30 \text{ m}^3$  dla instrumentów *cichych*,  $40 \text{ m}^3$  dla instrumentów *głośnych*;

<sup>67</sup>  $35 \text{ m}^3$  dla instrumentów *cichych*,  $50 \text{ m}^3$  dla instrumentów *głośnych*;

<sup>68</sup> Code of conduct for music and entertainment sector, 2006, in Finnish;

<sup>69</sup>  $20 \text{ m}^3$  dla każdego instrumentu dętego,  $10 \text{ m}^3$  dla każdego instrumentu strunowego;

<sup>70</sup> sala dla dwóch muzyków, przy założeniu  $11 \text{ m}^3$ / osobę [Patrick (1967)];

W Tabeli 9 zestawiono wszystkie zalecane kubatury lub ich przedziały dla sal prób małych zespołów muzycznych (3-12 muzyków) na podstawie literatury nurtu akustycznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości kubatury tych pomieszczeń, pominięto minimalną sugerowaną wartość 33 m<sup>3</sup> oraz 45 m<sup>3</sup>, która to odnosi się tylko do muzyki cichej, oraz maksymalną sugerowaną wartość 360 m<sup>3</sup>. Ustalono przedział od 60 m<sup>3</sup> do 320 m<sup>3</sup> jako rekomendowany. Zawiera się w nim:

- maksymalna kubatura sali dla instrumentów cichych wg NS 8178:2014 (200 m<sup>3</sup>);
- optymalne wg Kahle (2014) kubatury sal dla instrumentów perkusyjnych oraz małych zespołów strunowych i dętych drewnianych (300 m<sup>3</sup>).

Górna granica rekomendowanego przedziału wynosząca 320 m<sup>3</sup> została wyznaczona orientacyjnie i należy ją traktować jako wartość wystarczającą do uzyskania odpowiedniej jakości akustycznej we wnętrzu.

źródło	zalecana kubatura sali prób małych zespołów [m <sup>3</sup> ]
NS 8178:2014 [N5]	45-200 (60-360) <sup>71</sup>
ISO 23591:2021 [N4]	75-300 (90-360) <sup>72</sup>
Gade (2012) sala dla 3- 12 muzyków	90 - 360
Finnish Code of Conduct cyt. przez Koskinen (2010)	60 - 240 <sup>73</sup>
Finnish Code of Conduct cyt. przez Koskinen (2010)	≥ 90 <sup>74</sup>
Patrick (1967)	33 -132 <sup>75</sup>
Heringa (2014) sala nauki gry	60 - 160
Heringa (2014) sala dla małego zespołu	90 - 320

Tabela 9. Wyniki analizy zalecanych kubatur sal prób małych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.  
[opracowanie: autorka]

#### Skala ocen (dla sal prób małych zespołów):

- zbyt mała - poniżej 60 m<sup>3</sup>
- rekomendowana - od 60 m<sup>3</sup> do 320 m<sup>3</sup>
- zbyt duża - powyżej 320 m<sup>3</sup>

<sup>71</sup> 45 -200 m<sup>3</sup> dla instrumentów *cichych*, 60-360 m<sup>3</sup> dla instrumentów *głośnych*;

<sup>72</sup> Norma ISO 23591:2021 [N4] uzależnia wielkość sali prób małych zespołów muzycznych od ich liczebności (25xN dla muzyki cichej, 30 x N dla muzyki głośnej). Stąd następujące wartości zalecanych kubatur:

75 -300 m<sup>3</sup> dla instrumentów *cichych*, 90-360 m<sup>3</sup> dla instrumentów *głośnych*;

<sup>73</sup> dla 3-12 muzyków grających na instrumentach dętych, przy założeniu 20 m<sup>3</sup>/ osobę;

<sup>74</sup> sala nauki gry (fortepian + instrument strunowy) 80 + 10 = 90 m<sup>3</sup>;

<sup>75</sup> sala dla 3-12 muzyków, przy założeniu 11 m<sup>3</sup>/ osobę [Patrick (1967)];

W Tabeli 10 zestawiono wszystkie zalecane kubatury sal prób dużych zespołów muzycznych (powyżej 12 muzyków) na podstawie literatury nurtu akustycznego. Na podstawie danych zawartych w Tabeli 10, wyznaczono minimalną rekomendowaną kubaturę sal wynoszącą 360 m<sup>3</sup>. Pominęto minimalne sugerowane wartości 200 m<sup>3</sup> i 300 m<sup>3</sup> odnoszącą się tylko do muzyki cichej [N4, N5] oraz 240 m<sup>3</sup> gdzie Heringa (2014) nie precyzuje liczebności zespołu muzycznego.

Zgodnie z założeniem opisanym we wstępie Rozdziału III, na cele niniejszej pracy przyjęto górną granicę liczebności dużego zespołu muzycznego jako 100 osób - jest to przeciętna ilość muzyków wchodzących w skład orkiestry symfonicznej. Normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS8178:2014 [N5] klasyfikują orkiestrę symfoniczną jako muzykę głośną. Norma ISO23591:2021 [N4] dokładnie opisuje wymaganą powierzchnię dla takiego zespołu jako 50xN [m<sup>3</sup>], czyli w przypadku 100-osobowej orkiestry jest to 5000 m<sup>3</sup>. Tą wartość przyjęto jako górną granicę rekomendowanej kubatury sali prób dużego zespołu muzycznego.

źródło	zalecana kubatura sali prób dużych zespołów [m <sup>3</sup> ]
NS 8178:2014 [N5] instrumenty ciche, pow. 12 muzyków	≥ 200
NS 8178:2014 [N5] instrumenty głośne, pow. 12 muzyków	≥ 360
ISO 23591:2021 [N4] instrumenty ciche, pow. 12 muzyków	≥ 300
ISO 23591:2021 [N4] instrumenty głośne, pow. 12 muzyków	≥ 360
Gade (2012) powyżej 12 muzyków	≥ 360
Heringa (2014) sala dla dużego zespołu	≥ 240

Tabela 10. Wyniki analizy zalecanych kubatur sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.  
[opracowanie: autorka]

#### Skala ocen (dla sal prób dużych zespołów):

- zbyt mała - poniżej 360 m<sup>3</sup>
- rekomendowana - od 360 m<sup>3</sup> do 5000 m<sup>3</sup>
- zbyt duża - powyżej 5000 m<sup>3</sup>

## **KRYTERIUM 2.5 - Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.**

Przy wyznaczaniu przedziałów rekomendowanych wartości wysokości sal prób muzycznych, autorka kierowała się tymi samymi założeniami jak w przypadku zalecanych kubatur pomieszczeń. Dodatkowo, przy wyborze zalecanych wartości wzięto pod uwagę konieczność korelacji rekomendowanego przedziału kubatury i wysokości dla każdego rodzaju sali, w celu uniknięcia zbyt wysokich lub zbyt niskich pomieszczeń w stosunku do ich powierzchni wynikających z zalecanych kubatur.

W Tabeli 11 zestawiono wszystkie zalecane wysokości sal prób indywidualnych na podstawie literatury nurtu akustycznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości wysokości sal, pominięto minimalną sugerowaną wartość 2,4 m oraz maksymalną sugerowaną wartość 4,5 m. Dla sal indywidualnych wyznaczono przedział od 2,7 m do 4,0 m. Dolna granica przedziału jest wartością sugerowaną przez Bonner 'a (2006) oraz zalecaną przez normę NS 8178:2014 jako minimalna. Górną granicę przedziału ustalono na 4,0 m jako wartość rekomendowaną przez Heringa (2014) dla sal do nauki gry oraz ze względu na dobrą jakość akustyczną sal indywidualnych o tej wysokości, opisanych przez Gade (2014). Wysokość większa niż 4,0 m jest traktowana jako *zbyt duża* ze względu na niekorzystne proporcje powierzchni do wysokości jakie wynikają z rekomendowanego przedziałów kubatur tych sal.

źródło	zalecana wysokość sali [m]
NS 8178:2014 [N5]	≥ 2,7
ISO 23591:2021 [N4] instrumenty ciche	≥ 2,7
ISO 23591:2021 [N4] instrumenty głośne	≥ 3,0
Bonner (2006)	≥ 2,75
Bonner (2006) sala nauki gry	≥ 3,3
Paek (2003)	2,4 - 3,0
Heringa (2014) 1-3 muzyków	≥ 3,0
Heringa (2014) sala nauki gry	4,0 - 4,5

Tabela 11. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób indywidualnych wg literatury nurtu akustycznego.  
[opracowanie: autorka]

### **Skala ocen (dla sal prób indywidualnych):**

- zbyt mała - poniżej 2,7 m
- rekomendowana - od 2,7 m do 4,0 m
- zbyt duża - powyżej 4,0 m
-



W Tabeli 12 zestawiono wszystkie zalecane wysokości sal prób małych zespołów muzycznych na podstawie literatury nurtu akustycznego. Na podstawie tych danych, ustalono przedział zalecanych wysokości sal od 3,5 m do 4,5 m. Odrzucono sugerowaną wartość minimalną 3,0 m oraz 3,3 m, która to dotyczyła tylko sal do nauki gry. Górną granicę przedziału należy traktować orientacyjnie, ponieważ literatura opisuje również pomieszczenia o większej wysokości (do 6,0 m) jako sale o dobrej jakości akustycznej np. sale w Norwegian National Opera House [Limmesand (2010)].

źródło	zalecana wysokość sali [m]
NS 8178:2014 [N5]	≥ 3,5
ISO 23591:2021 [N4]	≥ 3,5
Bonner (2006) sala nauki gry	≥ 3,3
Paek (2003)	3,0 - 4,2
Heringa (2014)	≥ 4,0
Heringa (2014) sala nauki gry	4,0 - 4,5

Tabela 12. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób małych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.  
[opracowanie: autorka]

**Skala ocen (dla sal prób małych zespołów):**

- zbyt mała - poniżej 3,5 m
- rekomendowana - od 3,5 m do 4,5 m
- zbyt duża - powyżej 4,5 m

W Tabeli 13 zestawiono wszystkie zalecane wysokości sal prób dużych zespołów muzycznych na podstawie literatury nurtu akustycznego. Przy ustalaniu rekomendowanego przedziału wielkości wysokości sal, pominięto minimalną sugerowaną wartość 4,5 m. Wartość rekomendowaną ustalono jako minimum 4,8 m. Górną wartość rekomendowanego przedziału przyjęto jako 12 m. Jest to maksymalna zalecana wysokość dla sal z widownią do 500 osób według normy NS 8178:2014 [N5]. Jednocześnie jest to wielkość, od której zaczynają się wysokości sal koncertowych [Kłosak (2007)].

źródło	zalecana wysokość sali [m]
NS 8178:2014 [N5]	$\geq 4,5$ (5,0) <sup>76</sup>
ISO 23591:2021 [N4]	$\geq 4,5$
Bonner (2006)	5,5 - 7,0
Paek (2003)	4,8 - 7,3
Heringa (2014)	$\geq 6,0$

Tabela 13. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.  
[opracowanie: autorka]

**Skala ocen (dla sal prób dużych zespołów):**

- zbyt mała - poniżej 4,8 m
- rekomendowana - od 4,8 m do 12,0 m
- zbyt duża - powyżej 12,0 m

---

<sup>76</sup> 4,5 m dla instrumentów *cichych*; 5,0 m dla instrumentów *głośnych*;

## **KRYTERIUM 2.6 - Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.**

Ocenie poddano proporcje wymiarów sal prób muzycznych, przy założeniu pomieszczenia prostopadłościennego lub zbliżonego do tego kształtu. Zgodnie z ograniczeniami stosowalności metody falowej w analizie rozkładu pola akustycznego w pomieszczeniu, ocenie poddano jedynie sale, których kubatura nie przekracza  $300 \text{ m}^3$  [Rindel (2020)].<sup>77</sup> Przy ocenie proporcji sal prób muzycznych wykorzystano założenia przedstawione przez Rindel'a (2021)<sup>78</sup>. Wybór sposobu oceny uzasadnia się tym, że są to zalecenia będące wynikami najnowszych badań, a metoda zaproponowana przez Rindel'a (2021) potwierdziła wyniki badań Meissner'a (2018), Walker'a (1993) i Bolt'a (1946). Metoda Rindel'a (2020) polegająca na wyznaczaniu wartości współczynnika FSI zakłada, że najmniejszym wymiarem pomieszczenia jest jego wysokość (H). W przypadku sal, których najmniejszym wymiarem jest szerokość (W), oznaczenia wysokości (H) i szerokości (W) należy zastosować zamiennie. Jeśli oceniana sala prób nie jest pomieszczeniem prostopadłościennym, wówczas można uwzględnić w obliczeniach proporcji średnią wartość danego wymiaru pomieszczenia [Osman (2010)]. Sale o kształcie rzutu znacznie odbiegającym od prostopadłościennego ocenia się pozytywnie.

### **Skala ocen:**

- pozytywna – proporcje sali prób pozwalają na uzyskanie wartości współczynnika FSI równej lub poniżej 1,75; czyli wymiary sali prób spełniają następujące założenia:

$$W/H \geq 1,1 \quad \text{oraz} \quad 1,15 \leq L/W \leq 1,45$$

- przeciętna – proporcje sali prób pozwalają na uzyskanie wartości współczynnika FSI z przedziału od 1,75 do wartości 2,0; czyli wymiary sali prób spełniają następujące założenia:

$$W/H \geq 1,1 \quad \text{oraz} \quad 1,1 \leq L/W < 1,15 \quad \text{lub} \quad 1,45 < L/W \leq 1,6$$

- negatywna – wartość współczynnika FSI wynosi powyżej 2,0 lub poszczególne wymiary sali są sobie równe / stanowią swoją wielokrotność / długość (L) pomieszczenia stanowi dwukrotność szerokości (W) lub więcej; współczynnik FSI osiąga wartość powyżej 2,0 gdy spełnione są następujące warunki:

$$W/H < 1,1 \quad \text{lub} \quad [ W/H \geq 1,1 \quad \text{oraz} \quad L/W < 1,1 \quad \text{lub} \quad L/W > 1,6 ]$$

<sup>77</sup> Przy kubaturze powyżej  $300 \text{ m}^3$  pierwsze mody pojawiają się w częstotliwościach niższych niż próg słyszalności (poniżej 20Hz), przez co obliczenia dokonywane metodą falową obarczone są dużym błędem.

<sup>78</sup> Opis założeń oraz metody przyjętej przez Rindel'a (2021) przedstawiono w Rozdziale II (pkt. 2.3.4.) oraz w Załączniku 2 niniejszej pracy.

## **KRYTERIUM 2.7 - Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.**

Ocenie poddano kształt rzutu sali prób oraz ukształtowanie płaszczyzny sufitu ze względu na ryzyko wystąpienia niepożądanych zjawisk akustycznych takich jak echo trzepoczące i ogniskowanie dźwięku.

Pozytywnie oceniono pomieszczenia, których przeciwległe ściany są w stosunku do siebie odchylone o minimum 5 stopni lub gdy jedna z równoległych przegród jest pokryta materiałem absorbującym dźwięk. Uznano to za wystarczające by zapobiec ryzyku wystąpienia echa trzepoczącego, choć dopiero szczegółowa analiza kształtu i wymiarów pomieszczenia oraz wartości współczynników pochłaniania w funkcji częstotliwości pozwala na dokładną ocenę ryzyka wystąpienia tego zjawiska. Kolejnym wymogiem jest brak płaszczyzn zakrzywionych, w szczególności wklęsłych ograniczających wnętrze, które generują ogniskowanie dźwięku, choć wklęsłe krzywizny o niewielkim promieniu mogą nie być źródłem odczuwalnego ogniskowania, z uwagi na lokalizację muzyka poza obszarem ogniskowania. Niewskazane są rzuty sal o kształcie owalnym w całości lub fragmentarycznie a także sklepienia i kopuły.

Negatywną ocenę uzyskały pomieszczenia, których przeciwległe ściany są do siebie równoległe i obie wykończone materiałami odbijającymi dźwięk. Taki układ może generować niepożądane zjawisko akustyczne jakim jest echo trzepoczące. Należy tu rozpatrzyć jeszcze jeden przypadek - gdy jest możliwość zapobiegania zjawisku echa trzepoczącego np. poprzez rozsuniecie kotar wzdłuż jednej z równoległych ścian, ale wiąże się to z narzuceniem konkretnego czasu pogłosu w pomieszczeniu. Nie jest wówczas możliwe spełnienie kryterium szerokiej elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu (kryterium 2.3). Jeśli eliminacja zjawiska echa trzepoczącego w sali prób jest jednoznaczna z ograniczeniem możliwości modyfikacji czasu pogłosu w pomieszczeniu, autorka ocenia taką salę negatywnie.

Negatywnie oceniono również wnętrza ograniczone wklęsłymi płaszczyznami np. owalny rzut sali, sklepienie, kopuła, ze względu na ryzyko wystąpienia ogniskowania dźwięku.

Dla tego kryterium zastosowano dwu-stopniową skalę ocen (ocena pozytywna lub negatywna). Kształt analizowanej sali prób może generować niepożądane zjawiska akustyczne lub zapobiegać ich występowaniu. Brak jest możliwości uzyskania oceny pośredniej.

### **Skala ocen:**

- pozytywna - układ ścian i ich wykończenie nie wywołuje zjawiska echa trzepoczącego; brak płaszczyzn zakrzywionych mogących generować ogniskowanie dźwięku;
- negatywna - układ ścian i ich wykończenie może wywołać zjawisko echa trzepoczącego lub eliminacja zjawiska echa trzepoczącego wiąże się z narzuceniem czasu pogłosu w pomieszczeniu; jedna lub więcej płaszczyzn ograniczających wnętrze jest zakrzywiona i może generować ogniskowanie dźwięku.

### 3.3. Podsumowanie - zestawienie kryteriów oceny jakości architektonicznej i kryteriów oceny jakości akustycznej wraz ze skalami ocen.

W Tabeli 14 oraz Tabeli 15 przedstawiono odpowiednio zestawienie kryteriów oceny jakości architektonicznej i oceny jakości akustycznej sal prób muzycznych wraz z przypisanymi skalami ocen. Kryteria te wykorzystano w dalszej części pracy poświęconej ocenie i klasyfikacji istniejących sal prób muzycznych.

KRYTERIA OCENY JAKOŚCI ARCHITEKTONICZNEJ SAL PRÓB MUZYCZNYCH		SKALA OCEN		
<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>	<b>przeciętna</b>	<b>negatywna</b>
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>	<b>przeciętna</b>	<b>negatywna</b>
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b> (wysoka atrakcyjność)	<b>przeciętna</b> (przeciętna atrakcyjność)	<b>negatywna</b> (brak atrakcyjności)
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt mała</b>	<b>rekomendowana</b>	<b>zbyt duża</b>
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt mała</b>	<b>rekomendowana</b>	<b>zbyt duża</b>
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b> (szeroka elastyczność)	<b>przeciętna</b> (ograniczona elastyczność)	<b>negatywna</b> (brak elastyczności)

Tabela 14. Przyjęte kryteria oceny jakości architektonicznej sal prób muzycznych wraz ze skalą ocen - podsumowanie.

KRYTERIA OCENY JAKOŚCI AKUSTYCZNEJ SAL PRÓB MUZYCZNYCH		SKALA OCEN		
<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>pozytywna</b> (cicha)	<b>przeciętna</b> (głośna)	<b>negatywna</b> (bardzo głośna)
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>	<b>przeciętna</b>	<b>negatywna</b>
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>pozytywna</b> (szeroka elastyczność)	<b>przeciętna</b> (ograniczona elastyczność)	<b>negatywna</b> (brak elastyczności)
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>	<b>rekomendowana</b>	<b>zbyt duża</b>
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>	<b>rekomendowana</b>	<b>zbyt duża</b>
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>	<b>przeciętna</b>	<b>negatywna</b>
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>		<b>negatywna</b>

Tabela 15. Przyjęte kryteria oceny jakości akustycznej sal prób muzycznych wraz ze skalą ocen – podsumowanie.

## **Rozdział IV**

### **Analiza możliwości kształtowania sal prób muzycznych i ich klasyfikacja.**

#### **4.1. Kryteria doboru przykładów sal prób wybranych do analizy.**

W celu przeprowadzenia analizy możliwości kształtowania sal prób muzycznych i ich klasyfikacji, wybrano cztery placówki edukacji muzycznej w Polsce oraz cztery obiekty edukacji muzycznej zlokalizowane w Europie, poza Polską, które spełniają przyjęte w niniejszej pracy kryteria funkcjonalne, czasowe i terytorialne. Dodatkowym kryterium wyboru obiektów edukacji muzycznej była dostępność map akustycznych miasta, dostępność dokumentacji projektowej, język dokumentacji projektowej (polski lub angielski) lub możliwość przeprowadzenia autorskiej inwentaryzacji pomieszczeń.

W celu spełniania założonych w pracy ograniczeń funkcjonalnych, czasowych i terytorialnych, w przypadku polskich szkół muzycznych, autorka posłużyła się listą Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego, obejmującą 90 inwestycji zrealizowanych lub będących w trakcie realizacji w ramach Europejskiego Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko - Priorytet XI "Kultura i dziedzictwo kulturowe" na lata 2007-2013 oraz jego kontynuacji - Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko - Oś Priorytetowa VIII "Ochrona dziedzictwa kulturowego i rozwój zasobów kultury" na lata 2014-2020. Spośród nich odrzucono instytucje niebędące szkołami muzycznymi (np. plastyczne, teatralne). Odrzucono również 15 Państwowych Szkół Muzycznych I stopnia. Są to obiekty niewielkiej kubatury, o małej różnorodności sal ćwiczeniowych, niezbędnej do przeprowadzenia analizy zgodnej z założeniami niniejszej pracy. Kolejnym kryterium było odrzucenie inwestycji, których celem była rozbudowa istniejącej szkoły muzycznej o salę koncertową z zapleczem, bez dodatkowych sal prób muzycznych. Przykładem tego typu realizacji jest rozbudowa Zespołu Szkół Muzycznych w Tarnowie (2016-2020) oraz rozbudowa Akademii Muzycznej w Katowicach (2022- ). Po otrzymaniu listy kilku obiektów edukacji muzycznej w Polsce spełniających powyższe kryteria, autorka wybrała do analizy sale zlokalizowane w szkołach muzycznych czterech miast wojewódzkich tj. w Krakowie, Wrocławiu, Warszawie i Białymstoku. Decyzja została podyktowana dostępnością dokumentacji projektowej lub możliwością przeprowadzenia autorskich inwentaryzacji pomieszczeń oraz dostępnością map akustycznych danego miasta, niezbędnych do oceny lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.

W przypadku europejskich szkół muzycznych zakres wybranych do oceny przykładów ograniczono do pobliskich państw Europy Zachodniej, charakteryzujących się wysoko rozwiniętą gospodarką oraz długoletnią tradycją edukacji muzycznej wśród młodych obywateli. Na podstawie dostępności dokumentacji projektowej w języku angielskim,

wybrano instytucje zlokalizowane w następujących miejscowościach: Einsiedeln (Szwajcaria), Karlsruhe (Niemcy), Amsterdam (Holandia), Paryż (Francja).

Wybrane przykłady obiektów edukacji muzycznej spełniają wszystkie kryteria przyjęte w niniejszej pracy:

- ograniczenia funkcjonalne - wszystkie wybrane budynki stanowią obiekty edukacji muzycznej różnego stopnia;
- ograniczenia czasowe - wszystkie wybrane obiekty edukacji muzycznej zostały oddane do użytku po 2007 roku;
- ograniczenia terytorialne - wybrane polskie szkoły muzyczne zlokalizowane są w różnych województwach; wybrane zagraniczne obiekty edukacji muzycznej zlokalizowane są w Europie Zachodniej, w krajach charakteryzujących się wysoko rozwiniętą gospodarką oraz długoletnią tradycją edukacji muzycznej.

W każdym z budynków wybrano jedną, dwie lub trzy sale prób muzycznych należące do różnych kategorii.<sup>79</sup> Zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny sal prób muzycznych, wybrane pomieszczenia podzielono na trzy kategorie:

1. sale prób indywidualnych (1-2 muzyków);
2. sale prób małych zespołów muzycznych (3-12 muzyków);
3. sale prób dużych zespołów muzycznych (powyżej 12 muzyków).

Analizie poddano sześć sal prób indywidualnych (3 przykłady polskie oraz 3 zagraniczne), sześć sal prób małych zespołów muzycznych (3 przykłady polskie oraz 3 zagraniczne) oraz trzy sale prób dużych zespołów muzycznych (wszystkie przykłady zagraniczne).

Wszystkie wybrane do szczegółowej analizy i oceny sale prób muzycznych spełniają kolejne kryteria funkcjonalne przyjęte w pracy, takie jak:

- przeznaczenie sali - wybrane pomieszczenia są dedykowane próbom muzycznym z wiodącą funkcją ćwiczeniową i okazjonalną - wykładową;
- rodzaj ćwiczeń muzycznych - wybrane sale są przeznaczone na próby instrumentalne bez wzmocnienia elektroakustycznego;
- liczebność zespołu ćwiczeniowego - wybrane pomieszczenia to sale prób indywidualnych, małych i dużych zespołów muzycznych, bez udziału widowni.

---

<sup>79</sup> Przy wyborze sal prób do dalszej analizy, kierowano się następującą zasadą - w każdym obiekcie autorka mogła wybrać po jednej sali prób z danej kategorii (sale prób indywidualnych, sale prób małych zespołów muzycznych, sale prób dużych zespołów muzycznych).



Wybrane placówki edukacji muzycznej, w których znajdują się analizowane sale prób instrumentalnych, zestawiono w poniższej tabeli.

	nazwa obiektu	lokalizacja	kategoria analizowanej sali prób
1	Zespół Państwowych Szkół Muzycznych im. M. Karłowicza	Kraków, Polska	- sala prób indywidualnych - sala prób małych zespołów
2	Zespół Szkół Muzycznych im. I. Paderewskiego	Białystok, Polska	- sala prób indywidualnych
3	Zespół Państwowych Szkół Muzycznych Nr 1	Warszawa. Polska	- sala prób indywidualnych - sala prób małych zespołów
4	Ogólnokształcąca Szkoła Muzyczna I i II stopnia im. K. Szymanowskiego	Wrocław, Polska	- sala prób małych zespołów
5	Music House of the Einsiedeln Abbey School	Einsiedeln, Szwajcaria	- sala prób indywidualnych - sala prób małych zespołów
6	Hochschule für Musik / University of Music - Campus One	Karlsruhe, Niemcy	- sala prób indywidualnych - sala prób dużych zespołów
7	Conservatorium van Amsterdam / Amsterdam Conservatory of Music	Amsterdam, Holandia	- sala prób indywidualnych - sala prób małych zespołów - sala prób dużych zespołów
8	Conservatoire de Paris / Music Conservatory in Paris	Paryż, Francja	- sala prób małych zespołów - sala prób dużych zespołów

Tabela 16. Zestawienie sal prób muzycznych wybranych do analiz i klasyfikacji w ramach niniejszej pracy.

## 4.2. Sale prób indywidualnych – analiza i klasyfikacja.

### SALA PRÓB INDYWIDUALNYCH A.1

#### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Zespół Państwowych Szkół Muzycznych im. M. Karłowicza
lokalizacja	Osiedle Centrum E, Nowa Huta, Kraków
rodzaj inwestycji	Nowe skrzydło istniejącego już budynku ZPSM z salami prób oraz salą kameralną.
okres realizacji	2010-2014
architekt	Agencja Projektowa A-4, Marek Smaga i wspólnicy Sp.J.

Tabela 17. Sala prób indywidualnych A.1 – informacje ogólne.

Budynek Zespołu Państwowych Szkół Muzycznych im. Mieczysława Karłowicza powstał w latach 1959-1961 według projektu arch. Marka Jabłońskiego.<sup>80</sup> Obiekt zlokalizowano w Nowej Hucie, w bliskim sąsiedztwie Placu Centralnego. W 2014 roku oddano do użytku nowe skrzydło budynku, które powiększyło szkołę o liczne sale prób muzycznych oraz salę kameralną. Kompleks sąsiaduje bezpośrednio z budynkiem dawnego Kina "Światowid" autorstwa arch. Andrzeja Uniejewskiego, które obecnie funkcjonuje jako Muzeum PRL' u. Od strony wschodniej i zachodniej szkołę otaczają budynki wielorodzinne, charakterystyczne dla Osiedla Centrum E Nowej Huty. Od południa rozciągają się Łąki Nowohuckie. Zarówno główny budynek szkoły z abstrakcyjną mozaiką na zachodniej elewacji (autorzy: Marek Jabłoński i Jerzy Jabłoński) jak i gmach dawnego kina, stanowią cenną pamiątkę architektury późnych lat 50-tych.

<sup>80</sup> <http://karnet.krakow.pl/29595-krakow-dawne-kino-swiatowid-i-szkola-muzyczna-architektoniczny-portret-miasta> [dostęp: marzec 2021]



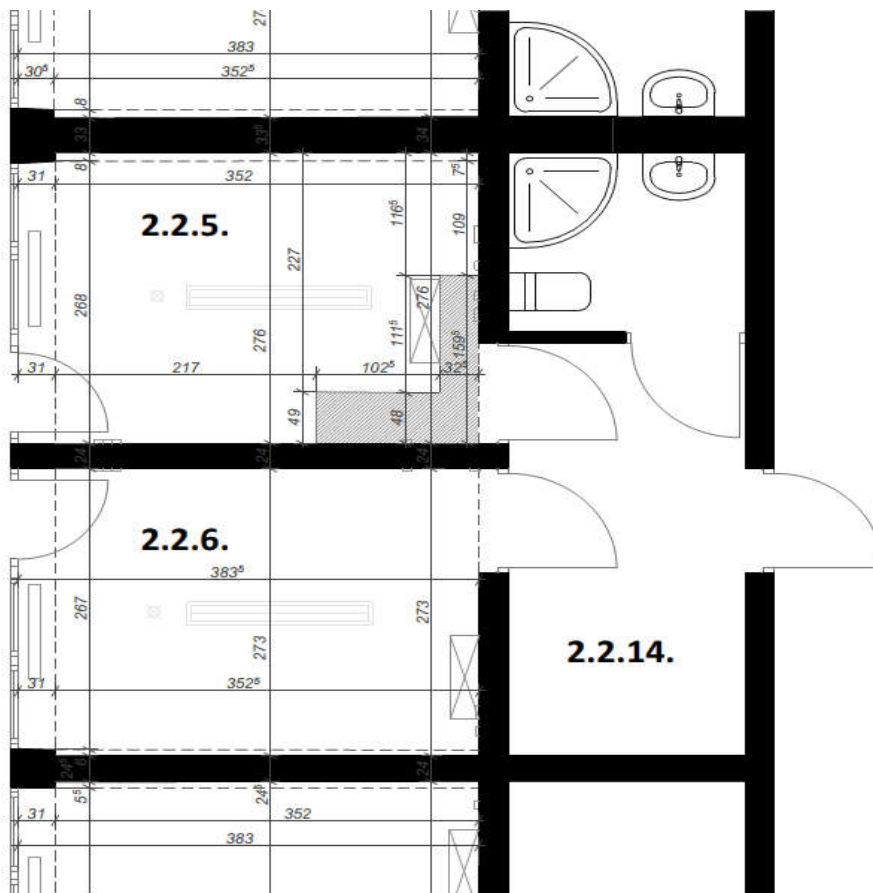
Ilustracja 31. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - widok nowego skrzydła budynku.  
[[www.mkidn.gov.pl](http://www.mkidn.gov.pl), dostęp: maj 2018]



Ilustracja 32. ZPSM w Krakowie – sala prób indywidualnych. [fot. A.K. Kłosak]



Ilustracja 33. ZPSM w Krakowie – sala prób indywidualnych. [fot. A.K. Kłosak]



Ilustracja 34. Rzut analizowanej sali prób indywidualnych 2.2.6. [opracowanie: autorka, na podstawie projektu budowlanego i autorskiej inwentaryzacji]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Szkoła muzyczna zlokalizowana jest w bliskim sąsiedztwie Placu Centralnego, co sprawia, że dostęp do obiektu komunikacją miejską jest bardzo ułatwiony. Dodatkowo możliwy jest dojazd komunikacją indywidualną. Przed budynkiem znajduje się parking dedykowany użytkownikom obiektu. W niedalekiej odległości znajdują się liczne sklepy stanowiące zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób indywidualnych znajduje się na I piętrze, w najbardziej oddalonej od głównego wejścia części budynku. Zgrupowano 8 identycznych sal o tym samym przeznaczeniu. Segment wyposażono w niewielki magazyn instrumentów oraz w dodatkową klatkę schodową i windę, co znacznie ułatwia dostęp z zewnątrz. W każdym pomieszczeniu zapewniono dostęp światła naturalnego - ekspozycja południowo-zachodnia zapewnia dobre nasłonecznienie wnętrza. Lokalizację analizowanej sali prób indywidualnych w bryle budynku oceniono pozytywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>negatywna (brak atrakcyjności)</b>
<p>Wnętrze sali prób oceniono jako pozbawione atrakcyjności, ze względu na niską jakość materiałów wykończeniowych (posadzka, meblowanie, podwieszane elementy akustyczne) oraz zastosowaną kolorystykę - intensywna żółć ścian w połączeniu z niebieską stolarką okienną oraz zbędne wzory kolorystyczne na posadzce odwracające uwagę od gry.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 10,46 m<sup>2</sup>, co nieznacznie przekracza rekomendowany zakres wielkości ze względów ergonomicznych. Salę zakwalifikowano jako zbyt dużą.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle wynosi 2,68 m, co stanowi 2 cm poniżej rekomendowanego przedziału wartości według przyjętej skali ocen. Wysokość sali prób zakwalifikowano jako zbyt małą.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie prostokąta, jednak niewielkie wymiary sali prób (2,73 m x 3,83 m) oraz w całości przeszklona ściana zewnętrzna narzucają sposób meblowania / ustawienia instrumentów. Brak jest możliwości modyfikacji aranżacji wnętrza.</p>		

Tabela 18. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób indywidualnych A.1.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>pozytywna (cicha)</b>
<p>Zgodnie z aktualną mapą akustyczną miasta Krakowa<sup>81</sup> najbliższe otoczenie budynku ZPSM im. M. Karłowicza charakteryzuje się długookresowym poziomem hałasu o wartości <math>L_{DWN}= 60</math> dB(A) lub niższym. Należy podkreślić, że jest to jedynie hałas generowany przez komunikację drogową i tramwajową. Jego niską wartość zapewnia oddalenie szkoły od Alei Jana Pawła II oraz lokalizacja Muzeum PRL' u jako kubaturowej bariery akustycznej. Negatywnym aspektem jest bezpośrednie sąsiedztwo boiska należącego do Szkoły Podstawowej nr 80. Jednak dokładna analiza układu funkcjonalnego budynku wykazała, że większość pomieszczeń przeznaczonych na sale prób zlokalizowano po drugiej stronie budynku, gdzie bezpośrednie sąsiedztwo stanowi zabudowa mieszkaniowa oraz Łąki Nowohuckie - dlatego lokalizację obiektu pod względem głośności najbliższego otoczenia oceniono jako <i>pozytywną (cichą)</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Analizowana sala prób jest jedną z ośmiu bliźniaczych pomieszczeń o tym samym przeznaczeniu, bezpośrednio sąsiadujących ze sobą. Ściany między salami zaprojektowano jako jednowarstwowe z bloczków silikatowych - brak jest dodatkowej konstrukcji lub elementów izolujących. Pomieszczenia znajdują się na pierwszym piętrze. Zostały połączone dwójkami - każdą parę zaopatrzone we wspólny przedsionek stanowiący strefę buforową między salą prób a korytarzem. Jak wykazują badania akustyczne przeprowadzone w 2014 roku - przedsionki zwiększają izolacyjność akustyczną na linii sala - korytarz z <math>D_{nT,A1}= 33</math> dB<sup>82</sup> do <math>D_{nT,A1}= 52</math> dB [Zastawna-Rumin (2014)]. Negatywne okazało się zaprojektowanie jednego przedsionka dla dwóch sąsiednich sali - izolacyjność akustyczna ściany między pomieszczeniami nie-współdzielącymi tego samego przedsionka wyniosła <math>R'_{A1}= 58</math> dB<sup>83</sup>, natomiast ściany między salami ze wspólnym przedsionkiem - <math>R'_{A1}= 51</math> dB [Zastawna-Rumin (2014)]. Dowodzi to potrzeby zapewnienia każdej sali prób osobnego przedsionka (różnica izolacyjności ścian między pomieszczeniami - 7dB). Dodatkowo część każdego przedsionka została wydzielona na pomieszczenie sanitarne, co generuje kolejne dźwięki mogące zakłócać przebieg próby.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>W pomieszczeniu zastosowano przesuwne kotary pochłaniające dźwięk. Użytkownik sali może w szybki i łatwy sposób zmienić czas pogłosu poprzez rozsunięcie/zsuniecie kotar. Ciągły karnisz zamontowano wzdłuż dwóch sąsiednich, prostopadłych ścian, z możliwością przesuwania kotary po całej długości karnisza.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi <math>27,6</math> m<sup>3</sup>. Jest to poniżej minimalnej zalecanej kubatury, która wynosi <math>30,0</math> m<sup>3</sup>.</p>		

<sup>81</sup> <https://miip.geomalopolska.pl/imap/#gpmap=gp13> [dostęp: maj 2021]

<sup>82</sup>  $D_{nT,A1}$  - wskaźnik wzorcowej różnicy poziomów ciśnienia akustycznego [dB], uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C dotyczący hałasów użytkowych np. rozmowa, muzyka, zabawa dzieci.

<sup>83</sup>  $R_{A,1}$  - wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'$  [dB], uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C dotyczący hałasów użytkowych np. rozmowa, muzyka, zabawa dzieci.

<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle wynosi 2,68 cm, co stanowi 2 cm poniżej rekomendowanego przedziału wartości według przyjętej skali ocen. Wysokość sali prób zakwalifikowano jako zbyt małą.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Stosunek szerokości do wysokości pomieszczenia (W/H) wynosi 1,02; czyli nie został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i oceny <i>przeciętnej</i> (<math>W/H \geq 1,1</math>). Salę oceniono negatywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Pomieszczenie rozplanowano na rzucie prostokąta. Przeciwległe ściany są do siebie równoległe i wykończone odbijającymi dźwięk materiałami, co może skutkować niepożądanym efektem echa trzepoczącego. Można tego uniknąć poprzez zastosowanie obecnych w sali kurtyn, które zostały podzielone na wąskie pionowe pasy. Dzięki temu zabiegowi możliwe jest ustawienie pasów kotary wzdłuż ściany, przy jednoczesnym zachowaniu czasu pogłosu, jak podczas zsuniętej kotary (powierzchnia dźwiękochłonna kotar pozostaje taka sama). Możliwa jest więc eliminacja zjawiska echa trzepoczącego, bez zmiany czasu pogłosu we wnętrzu. Brak płaszczyzn zakrzywionych, które generowałyby ogniskowanie dźwięku.</p>		

Tabela 19. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.1.



## SALA PRÓB INDYWIDUALNYCH A.2

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Zespół Szkół Muzycznych im. I. Paderewskiego
lokalizacja	Białystok
rodzaj inwestycji	Rozbudowa istniejącego budynku ZSM. Analizie poddano salę prób zlokalizowaną w nowo-powstałej części obiektu.
okres realizacji	2010-2014
architekt	BP-BBO MiastoProjekt - Białystok

Tabela 20. Sala prób indywidualnych A.2 – informacje ogólne.



Ilustracja 35. ZSM w Białymstoku – sala prób indywidualnych [www.muzykbial.pl, dostęp: maj 2018]





Ilustracja 36. ZSM w Białymstoku – nowy dziedziniec szkoły [www.muzykbial.pl, dostęp: maj 2018]



Ilustracja 37. ZSM w Białymstoku – sala prób indywidualnych [www.muzykbial.pl, dostęp: maj 2018]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Budynek Zespołu Szkół Muzycznych im. I. Paderewskiego zlokalizowany jest przy ul. Podleśnej. W latach 2010-2014 obiekt poddano gruntownej przebudowie oraz dobudowano nowe segmenty. Lokalizacja pozwala na dostęp komunikacją miejską. Liczne miejsca postojowe wzdłuż ciągu komunikacyjnego oraz parking dedykowany użytkownikom obiektu ułatwiają komunikację indywidualną. Bezpośrednie sąsiedztwo budynku stanowią głównie kilkukondygnacyjne zabudowania mieszkaniowo-usługowe. Dużym plusem jest sąsiedztwo pięknego Parku Konstytucji 3 Maja oraz gmachu pierwszej sali koncertowej Opery i Filharmonii Podlaskiej. Usługi mogące spełniać rolę zaplecza gastronomicznego są oddalone.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Segment, w którym zlokalizowano sale prób indywidualnych znajduje się blisko wejścia głównego do budynku. Wyposażono go w dwie klatki schodowe. Bezpośrednie sąsiedztwo analizowanej sali stanowią pomieszczenia o tym samym przeznaczeniu. Sala, podobnie jak sąsiednie, jest dobrze doświetlona światłem naturalnym, a widok na park zapewnia poczucie komfortu i intymności podczas prób muzycznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (atrakcyjność)</b>
<p>Wnętrze sali prób oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Podłogę wykończono panelami imitującymi drewno. Podobną kolorystykę zastosowano przy stolarnie drzwiowej - obudowa i skrzydło drzwi. Stolarka okienna - szara. Wszystkie ściany oraz sufit - kolor biały. Jedynym kolorowym akcentem są ściennie panele akustyczne. Dodano drewniany stelaż podwieszony do sufitu oraz ażurową drewnianą obudowę grzejnika. Jakość zastosowanych materiałów oceniono jako zadowalającą.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 12,48 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal indywidualnych, jest to powierzchnia <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle wynosi 3,06 m, co mieści się w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie prostokąta (2,60 x 4,80 m). Mimo, że powierzchnię wnętrza zakwalifikowano jako <i>zbyt dużą</i>, niewielka szerokość sali prób bardzo ogranicza sposób wykorzystania pomieszczenia. Brak jest możliwości zmiany aranżacji wnętrza.</p>		

Tabela 21. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób indywidualnych A.2.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (cicha)</b>
<p>Budynek ZSM zlokalizowany jest bezpośrednio przy ul. Podleśnej, charakteryzującej się średnim natężeniem ruchu kołowego. Brak jest ruchu tramwajowego i kolejowego. Obiekt połączony jest z pierwszą salą koncertową Opery i Filharmonii Podlaskiej. Pozostałe sąsiedztwo stanowi kilkukondygnacyjna zabudowa mieszkaniowo - usługowa, która nie generuje wysokiego natężenia hałasu oraz Park Konstytucji 3 Maja. Wszystkie sale prób indywidualnych, których przykład poddano analizie, znajdują się w części budynku bezpośrednio przylegającej do parku. Według dostępnej mapy akustycznej miasta Białystok<sup>84</sup> emisja hałasu drogowego w tej lokalizacji wynosi <math>L_{DWN}= 60</math> dB(A) lub mniej. Wyższy poziom hałasu można zaobserwować jedynie wzdłuż frontowej elewacji obiektu, gdzie nie ma zlokalizowanych sal prób muzycznych (do <math>L_{DWN}= 70</math> dB(A))Związku z tym lokalizację obiektu pod względem głośności najbliższego otoczenia oceniono jako <i>pozytywną - cichą</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Analizowana sala prób jest jedną z 12 identycznych sal bezpośrednio sąsiadujących ze sobą, zlokalizowanych na pierwszym piętrze budynku. Między pomieszczeniami zastosowano pojedyncze przegrody, które nie stanowią wystarczającej bariery akustycznej podczas użytkowania sąsiednich sal. Nie zastosowano stref buforowych, ani przedsionków ograniczających przepływ dźwięków z ciągu komunikacyjnego.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>W sali prób nie zastosowano elementów, które pozwalałyby na zmianę akustyki wnętrza. Panele akustyczne zamontowane na ścianach są elementami stałymi. Brak możliwości zmiany czasu pogłosu w pomieszczeniu.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi 38,19 m<sup>3</sup>. Jest to wielkość mieszcząca się w rekomendowanym przedziale wartości ze względu ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle wynosi 3,06 m, co mieści się w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Najmniejszym wymiarem analizowanej sali prób jest jej szerokość. Z tego powodu analizę proporcji sali prób przeprowadzono stosując oznaczenia szerokości (W) i wysokości (H) pomieszczenia zamiennie. Stosunek wysokości do szerokości wynosi 1,18; czyli został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i <i>przeciętnej</i> (<math>H/W \geq 1,1</math>). Stosunek długości do wysokości (L/H) wynosi 1,57; co mieści się w przedziale warunkującym ocenę <i>przeciętną</i> według przyjętej skali ocen.</p>		

<sup>84</sup> mapa akustyczna miasta Białystok z 2017 roku -

<https://bialystok.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1106933787b54d5ca25b8a5d0e6deeab> [dostęp: maj 2021]

<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Przeciwległe ściany pomieszczenia są do siebie równoległe, co może przyczynić się do odczuwania "echa trzepoczącego". Na fragmentach ścian zamontowano kolorowe zestawy paneli pochłaniających dźwięk, które likwidują to zjawisko. Jednak ustawienie ich idealnie na wprost siebie spowodowało, że likwidacja echa następuje tylko fragmentarycznie. Nadal jest wiele płaszczyzn równoległych do siebie i odbijających dźwięk. Pozytywnym rozwiązaniem jest zastosowanie na suficie podwieszonoego stelaża z elementów drewnianych, który w pewnym stopniu (poprzez rozproszenie dźwięku) zapobiega zjawisku echa na linii podłoga - sufit oraz brak płaszczyzn zakrzywionych mogących generować ogniskowanie dźwięku.</p>		

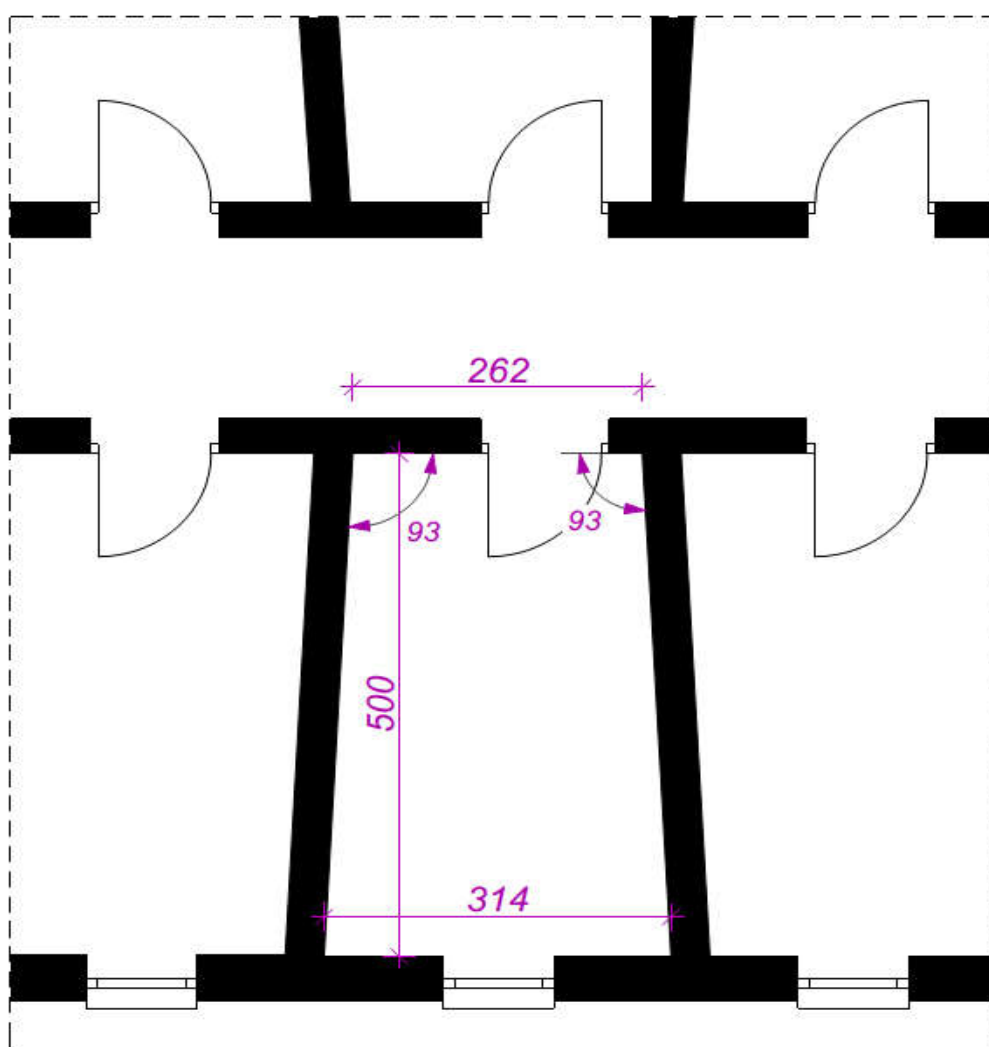
Tabela 22. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.2.

### SALA PRÓB INDYWIDUALNYCH A.3

#### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Zespół Państwowych Szkół Muzycznych Nr 1
lokalizacja	Warszawa
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba ZPSM nr 1 w Warszawie, w skład której wchodzi neogotycki budynek oraz nowo zaprojektowana część z salami prób, salą koncertową i zapleczem.
okres realizacji	2017 - 2021
architekt	Konior Studio

Tabela 23. Sala prób indywidualnych A.3 – informacje ogólne.



Ilustracja 38. ZPSM Nr 1 w Warszawie – sala prób indywidualnych [opracowanie: autorka, na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017>, dostęp: styczeń 2021]





Ilustracja 39. ZPSM Nr 1 w Warszawie - nowa siedziba przy ulicy Rakowieckiej  
[[www.koniorstudio.pl](http://www.koniorstudio.pl), dostęp: marzec 2021, fot.: bartekbarczykphotography.com]



Ilustracja 40. ZPSM Nr 1 w Warszawie - nowa siedziba przy ulicy Rakowieckiej  
[[www.koniorstudio.pl](http://www.koniorstudio.pl), dostęp: marzec 2021, fot.: Piotr Krajewski <http://pkrajewski.pl>]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizie poddano sale znajdujące się w nowej siedzibie Zespołu Państwowych Szkół Muzycznych Nr 1 w Warszawie. W jej skład wchodzi neogotycki budynek powstały w latach 1899-1901 (arch. W.A. Kozłowski) - dawny Dom Sierot Dziewcząt<sup>85</sup> oraz nowo zaprojektowana część z salami prób, salą koncertową i zapleczem autorstwa Konior Studio. Obiekt zlokalizowany jest bezpośrednio przy ulicy Rakowieckiej, w mocno zurbanizowanej części Warszawy jaką jest dzielnica Stary Mokotów. Dzięki temu dostępność do obiektu komunikacją miejską jest bardzo ułatwiona. Brak miejsc postojowych dedykowanych użytkownikom obiektu. Najbliższe sąsiedztwo stanowi siedziba ABW, budynek Ambasady Republiki Turcji oraz kilkukondygnacyjna zabudowa mieszkaniowa oraz usługowa, która stanowi zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób znajduje się na drugim piętrze w nowopowstałej części budynku szkoły. Bezpośrednie sąsiedztwo stanowią pomieszczenia o tym samym przeznaczeniu i podobnych wymiarach. Przez centralną część segmentu biegnie szeroki na 1,80 m korytarz, który ułatwia użytkownikom z instrumentami komunikację między salami. Do nowej części obiektu prowadzą dwa wejścia boczne. Oba wyposażone w klatki schodowe oraz windy. Lokalizacja obiektu we wnętrzu kwartału zabudowy zapewnia poczucie intymności we wnętrzach. Pomieszczenia są dobrze doświetlone - w każdej sali prób indywidualnych zaprojektowano pojedynczy portfenetr o wymiarach 1,0 x 3,0 m.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (atrakcyjność)</b>
<p>Analizowane wnętrza cechuje prostota i minimalizm. Ograniczono się do odcieni bieli i szarości. Podłogę wykończono szarą wykładziną igłowaną, zastosowano sufit podwieszany z pełnych szarych płyt, ściany pomalowano na biało. Ciekawym zabiegiem architektonicznym jest pozostawienie betonu szalunkowego jako finalnej warstwy ściany zewnętrznej we wnętrzu. Na ścianach stanowiących przegrody wewnętrzne umieszczono elementy pochłaniające dźwięk w postaci białych, ażurowych płyt drewnopochodnych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 14,43 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal indywidualnych, jest to powierzchnia <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle konstrukcji wynosi 3,43 m, natomiast po uwzględnieniu sufitu podwieszanego jest to 2,95 m. Wysokość sali prób z uwzględnieniem pełnego sufitu podwieszanego mieści się w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>przeciętna (ograniczona elast.)</b>

<sup>85</sup> <https://www.miodowa.edu.pl/aktualnosci/aktualnosc/nowa-siedziba-z-historia-ku-nowoczesnosci> [dostęp: styczeń 2021]

Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie trapezu (podstawy: 2,62 i 3,14 m, wysokość trapezu 5,00 m). Dłuższe przegrody odchylone są o 93 st. od sąsiedniej ściany. Kształt i proporcje sali prób dają ograniczone możliwości wykorzystania pomieszczenia.

Tabela 24. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób indywidualnych A.3.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>przeciętna (głośna)</b>
<p>Lokalizacja budynku szkoły ze względu na głośność otoczenia może wydawać się bardzo niekorzystna. Ulica Rakowiecka charakteryzuje się wysokim natężeniem ruchu kołowego, który tuż przy elewacjach budynków generuje hałas na poziomie do <math>L_{DWN} = 70</math> dB.<sup>86</sup> Bezpośrednio z ulicą Rakowiecką graniczy tylko neogotycka część szkoły, w której zorganizowano sale ćwiczeń teoretycznych, gabinety oraz część administracyjną szkoły. Wszystkie sale prób muzycznych zlokalizowano w nowopowstałej części, która umieszczona jest we wnętrzu kwartału jaki tworzą ulice Rakowiecka, Wiśniowa i Starościńska. Pierzeje tych ciągów komunikacyjnych stanowią kubaturowe bariery akustyczne. Dzięki temu poziom hałasu, na który narażony jest nowy obiekt, jest znacznie niższy. Z tego powodu ocenę lokalizacji zmieniono z <i>negatywnej (bardzo głośnej)</i> na <i>przeciętną (głośną)</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Analizowana sala prób zlokalizowana jest w segmencie, który tworzy piętnaście sal o tym samym przeznaczeniu. Do segmentu przynależy kilka pomieszczeń dedykowanych instrumentom dętym, jednak zostały one oddzielone od sal indywidualnych korytarzem oraz dodatkowym przedsionkiem spełniającym rolę śluzy akustycznej. Sale prób indywidualnych nie posiadają przedsionków, brak jest stref buforowych między nimi. Jednak zastosowane przegrody pionowe oddzielające poszczególne pomieszczenia, pozwalają na uzyskanie satysfakcjonujących warunków akustycznych we wnętrzach: zastosowano podwójne przegrody (konstrukcja gipsowo-kartonowa na stelażu z wypełnieniem wełna mineralną 10 cm) z pustką dylatacyjną 5 cm.<sup>87</sup> Tworzy to konstrukcję <i>box-in-box</i>. Niebezpieczeństwem jest przenoszenie boczne dźwięku ścianą zewnętrzną, która ma tradycyjną konstrukcję żelbetową, która w dodatku została pozostawiona bez warstwy wykończeniowej, oraz przed drzwi oddzielające salę od komunikacji. Przedsionek mógłby zmniejszyć ryzyko przechodzenia dźwięków z korytarza.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>W analizowanej sali prób nie zastosowano ruchomych elementów, które pozwalałyby na zmianę akustyki wnętrza. Czas pogłosu w pomieszczeniu jest stały.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi 43,16 m<sup>3</sup>. Jest to wielkość mieszcząca się w rekomendowanym przedziale wartości ze względów ergonomii audytywnej.</p>		

<sup>86</sup> Według mapy akustycznej miasta Warszawy z 2017 roku [<http://mapaakustyczna.um.warszawa.pl/pl/>], dostęp: styczeń 2021]

<sup>87</sup> Na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017> [dostęp: styczeń 2021]



<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle wynosi 2,95 m, co mieści się w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Szerokość pomieszczenia jest zmienna, dlatego obliczenia przeprowadzono przy założeniu średniej szerokości sali, która wynosi 2,88 m. Najmniejszym wymiarem analizowanej sali prób jest jej szerokość. Z tego powodu analizę proporcji sali prób przeprowadzono stosując oznaczenia szerokości (W) i wysokości (H) pomieszczenia zamiennie. Stosunek wysokości do szerokości (H/W) wynosi 1,02; czyli nie został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i <i>przeciętnej</i> (<math>W/H \geq 1,1</math>). Proporcje sali prób oceniono negatywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Salę prób zaprojektowano na rzucie trapezu. Dwie najdłuższe przeciwległe ściany są odchylone od siebie o 6 st., a podłoga pomieszczenia została wykończona wykładziną igłowaną. Wszystkie te zabiegi niwelują ryzyko wystąpienia zjawiska echa trzepoczącego. Jednak nadal zjawisko to może wystąpić między krótszymi ścianami pomieszczenia, tym bardziej, że konstrukcję jednej ze ścian pozostawiono odkrytą w formie betonu szalunkowego (beton jest materiałem silnie odbijającym dźwięk co zwiększa możliwość wystąpienia zjawiska echa trzepoczącego). Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.</p>		

Tabela 25. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.3.

## SALA PRÓB INDYWIDUALNYCH A.4

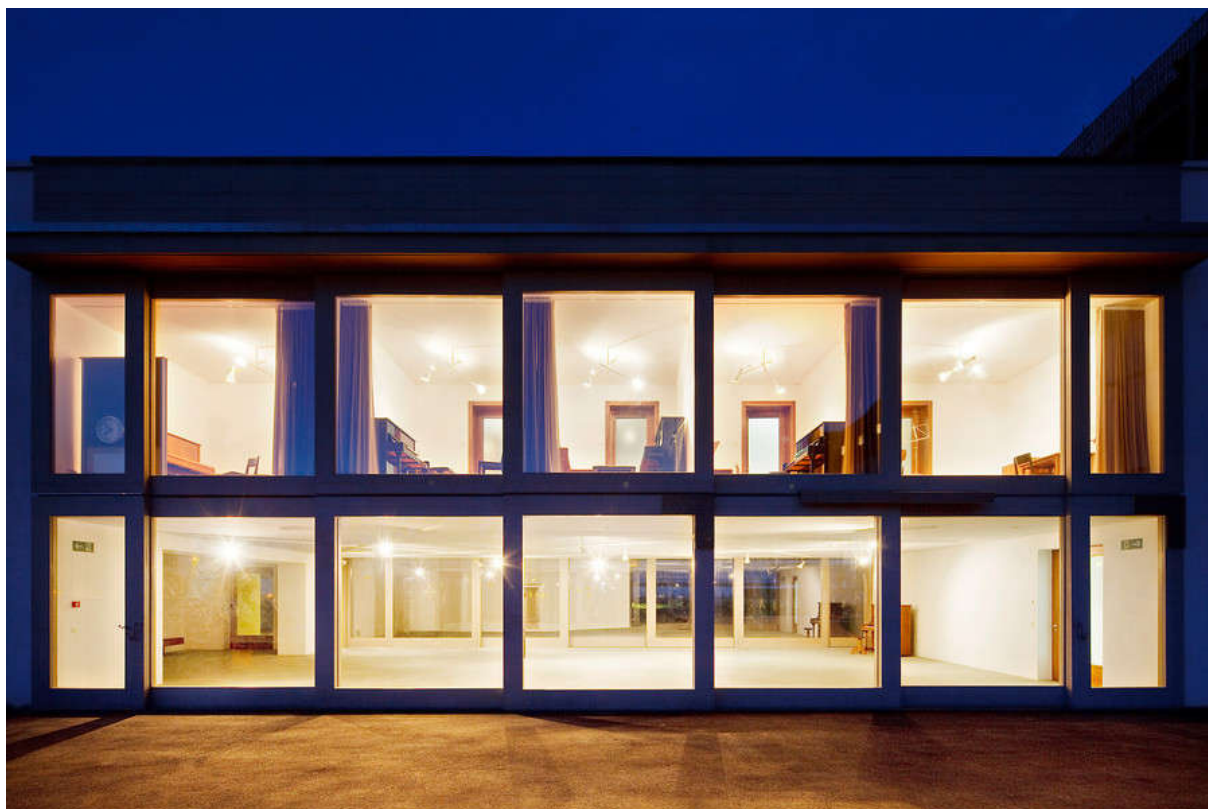
### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Music House of the Einsiedeln Abbey School
lokalizacja	Einsiedeln, Szwajcaria
rodzaj inwestycji	Nowe skrzydło obiektu, połączone z głównym barokowym budynkiem, całość zlokalizowana na terenie opactwa benedyktyńskiego.
okres realizacji	2006 - 2011
architekt	Diener & Diener Architekten

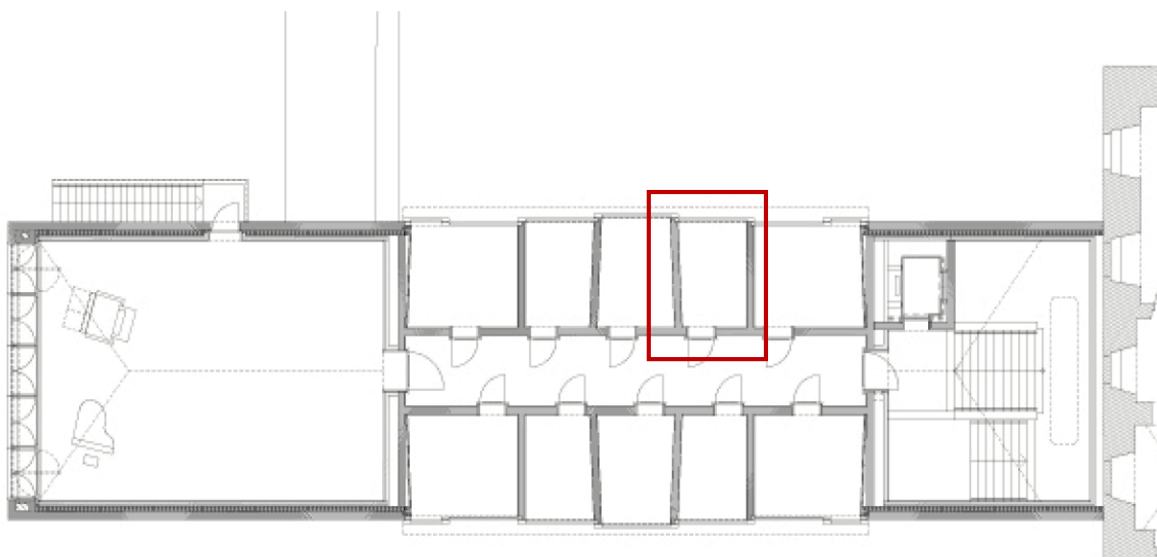
Tabela 26. Sala prób indywidualnych A.4 – informacje ogólne.



Ilustracja 41. Klasztor benedyktyński w Einsiedeln wraz z nowym segmentem Music House  
[[www.dienerdiener.ch](http://www.dienerdiener.ch), dostęp: marzec 2018]



Ilustracja 42. Music House of the Einsiedeln Abbey School  
[[www.mawa-design.de](http://www.mawa-design.de), dostęp: marzec 2018, autor: Udo Geisler]

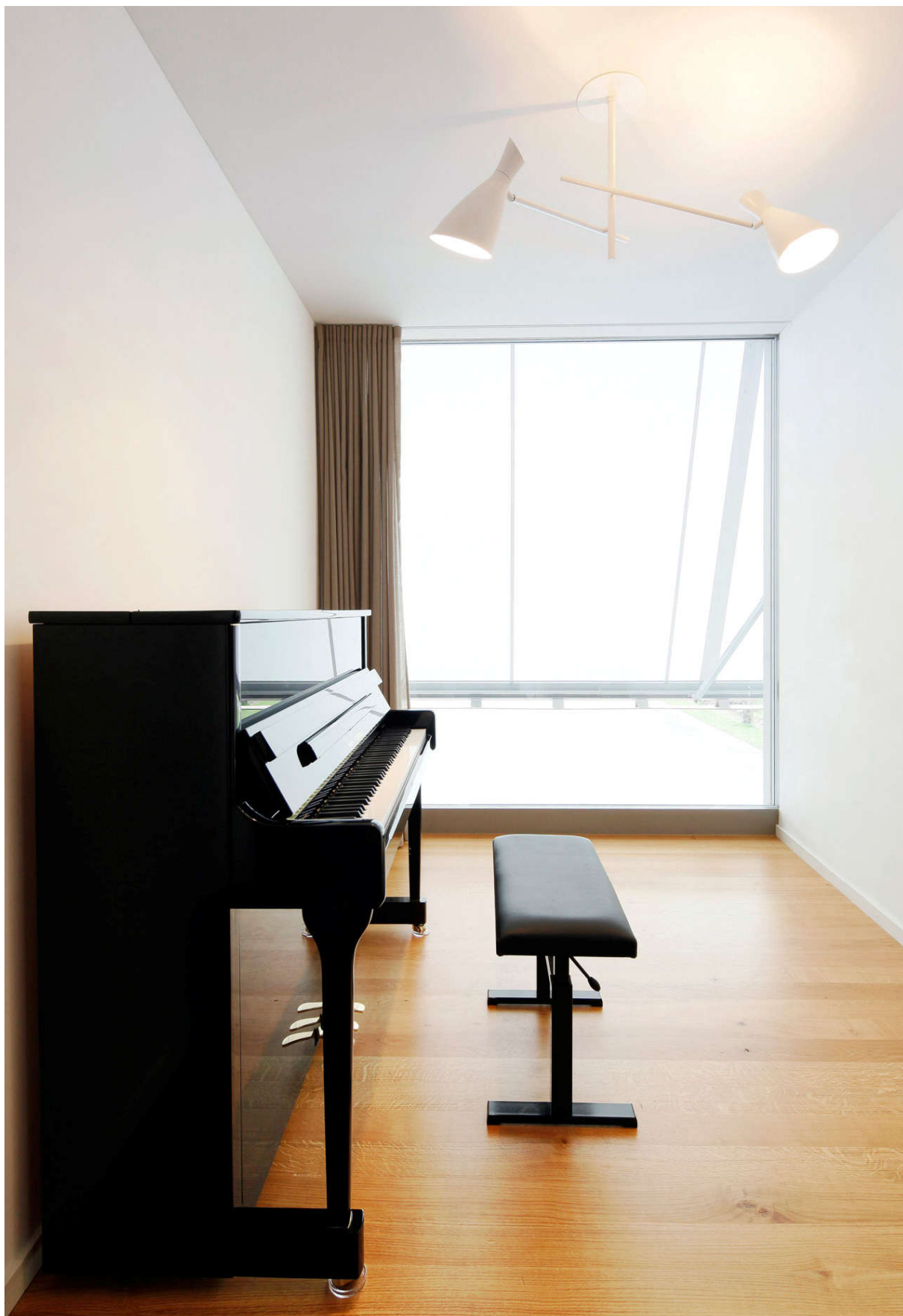


Ilustracja 43. Music House of the Einsiedeln Abbey School - rzut nowego segmentu z zaznaczoną salą prób indywidualnych. [[www.dienerdiener.ch](http://www.dienerdiener.ch), dostęp: marzec 2018]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Music House of the Einsiedeln Abbey School to przyklasztorna szkoła muzyczna mieszcząca się na terenie opactwa benedyktyńskiego w miejscowości Einsiedeln, 40 km na południowy - wschód od Zurychu. Budynek klasztorne wraz z barokowym kościołem wzniesiono w XVIII wieku.<sup>88</sup> Analizie poddano nowy segment obiektu tzw. Music House, w którym mieszczą się sale prób indywidualnych oraz grupowych. Bezpośrednie sąsiedztwo zabytkowego klasztoru oraz terenów zieleni urządzonej wchodzących w skład opactwa, stanowi atrakcyjne otoczenie dla nowego obiektu. Możliwy jest dojazd do Einsiedeln koleją lub komunikacją indywidualną. Z powodu lokalizacji w małym miasteczku, do którego trzeba dojechać, dostępność oceniono jako przeciętną.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Mimo, że nowy segment przyklasztornej szkoły muzycznej zlokalizowano w tylnej części opactwa, dostęp do niego jest ułatwiony. Umożliwiono bezpośrednie dojście i dojazd do segmentu boczną bramą klasztorną. Obiekt Music House posiada oddzielne wejście, klatkę schodową oraz windę tuż przy salach muzycznych. Lokalizacja sal prób indywidualnych na drugiej kondygnacji nadziemnej oraz otoczenie ogrodów opactwa, zapewnia poczucie intymności podczas użytkowania pomieszczeń. W każdej z dziesięciu małych sal zaprojektowano przeszkloną ścianę zewnętrzną, co zapewnia wysoce zadowalający stopień doświetlenia światłem naturalnym.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>pozytywna (wysoka atrakcyjność)</b>
<p>Minimalistyczne wnętrza sal indywidualnych prób muzycznych oceniono jako bardzo atrakcyjne. Zdecydowała o tym jakość materiałów wykończeniowych, spójna i spokojna kolorystyka pomieszczeń - drewniane podłogi, białe przegrody pionowe oraz sufit, szare zasłony okienne. Wykończenie wnętrza charakteryzuje dbałość o detale - stolarka okienna i drzwiowa, listwy przypodłogowe, ukryte karnisze oraz specjalnie zaprojektowane oświetlenie (<a href="http://www.mawa-design.de">www.mawa-design.de</a>).</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 8,50 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal indywidualnych, jest to powierzchnia <i>rekomendowana</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia z uwzględnieniem sufitu podwieszanego wynosi ok. 2,58 m. Jest to poniżej rekomendowanej wartości według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie trapezu (podstawy: 2,40 i 2,55 m, wysokość trapezu 3,58 m). Ze względu na niewielkie wymiary pomieszczenia oraz przeszkloną ścianę zewnętrzną, brak jest możliwości elastycznego wykorzystania wnętrza.</p>		

Tabela 27. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób indywidualnych A.4.

<sup>88</sup> <https://www.eyz.swiss/de/erlebnisse/wallfahrt-kultur/kloster-einsiedeln/> [dostęp: maj 2018]



Ilustracja 44. Music House of the Einsiedeln Abbey School - sala prób indywidualnych.  
[[www.mawa-design.de](http://www.mawa-design.de), dostęp: marzec 2018, fot.: Udo Geisler]



<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>pozytywna (cicha)</b>
<p>Music House zlokalizowany jest na terenie opactwa benedyktyńskiego, w otoczeniu budynków i ogrodów klasztornych, co zapewnia ciszę. Jedynym elementem otoczenia, który generuje hałas jest droga Birchlistrasse, biegnąca wzdłuż północnej granicy opactwa. Jest ona źródłem hałasu komunikacyjnego o wartości <math>L_{DWN} = 60</math> dB(A) lub niższym tuż przy Music House.<sup>89</sup> Jest to poziom pozwalający na uznanie lokalizacji obiektu za <i>pozytywną (cichą)</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Analizowana sala prób zlokalizowana jest w nowym segmencie, na pierwszym piętrze, które tworzy dziesięć pomieszczeń o tym samym przeznaczeniu oraz jedna większa sala dedykowana instrumentalnym próbom małych zespołów muzycznych. Sale prób indywidualnych sąsiadują ze sobą bezpośrednio. Brak jest stref buforowych, przedsionków, czy konstrukcji przegród typu <i>box-in-box</i>. Istnieje ryzyko przenoszenia dźwięków z pomieszczeń sąsiednich i utrudnianie użytkowania danej sali.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>przeciętna (ograniczona elast.)</b>
<p>Jedynym elementem pozwalającym na zmianę czasu pogłosu we wnętrzu jest zasłona zamontowana wzdłuż przeszklonej przegrody zewnętrznej. Brak jest podobnego rozwiązanie wzdłuż dłuższych ścian pomieszczenia, dlatego poziom elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu ocenia się jako ograniczony.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi <math>21,9 \text{ m}^3</math>. Jest to poniżej rekomendowanej wartości według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia z uwzględnieniem sufitu podwieszanego wynosi ok. <math>2,58 \text{ m}</math><sup>90</sup>. Jest to poniżej rekomendowanej wartości według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Szerokość pomieszczenia jest zmienna, dlatego obliczenia przeprowadzono przy założeniu średniej szerokości sali, która wynosi <math>2,475 \text{ m}</math>. Najmniejszym wymiarem analizowanej sali prób jest jej szerokość. Z tego powodu analizę proporcji sali prób przeprowadzono stosując oznaczenia szerokości (W) i wysokości (H) pomieszczenia zamiennie. Stosunek wysokości do szerokości wynosi <math>1,04</math>; czyli <math>H/W &lt; 1,1</math>. Salę oceniono negatywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Salę prób zaprojektowano na rzucie trapezu. Jedna dłuższa przegroda jest odchylona o <math>2,5</math> stopnia, co wg literatury jest odchyleniem zbyt małym aby było efektywne (minimum <math>5</math></p>		

<sup>89</sup>Według mapy akustycznej Szwajcarii [<https://map.geo.admin.ch>, dostęp: maj 2021]

<sup>90</sup>Dostępny przekrój budynku uniemożliwia dokładny pomiar. Autorka założyła największą możliwą wartość.

stopni). Brak jest elementów pochłaniających lub rozpraszających dźwięk, który może zbyt mocno odbijać się między dłuższymi ścianami pomieszczenia. Brak elementów pochłaniających dźwięk na linii podłoga - sufit. To wszystko sprawia, że istnieje ryzyko powstania niekorzystnego zjawiska echa trzepoczącego lub zbyt dokuczliwych mocnych odbić dźwięku własnych instrumentów. Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.

Tabela 28. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.4.

## SALA PRÓB INDYWIDUALNYCH A.5

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Hochschule fur Musik / University of Music
lokalizacja	Karlsruhe, Niemcy
rodzaj inwestycji	Campus One - nowy kampus University of Music, składający się z zabytkowego pałacu, odbudowanego w latach 70/80-tych oraz nowych budynków edukacyjnych z salami prób i salami koncertowymi.
okres realizacji	2011 - 2013
architekt	Architekturbüro Ruser & Partner

Tabela 29. Sala prób indywidualnych A.5 – informacje ogólne.



Ilustracja 45. Campus One, Karlsruhe - widok na renesansowy pałac.

[źródło: [D5] - Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]





Ilustracja 46. Campus One, Karlsruhe - budynek z salami prób indywidualnych.  
[źródło: [D5] - Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Campus One Uniwersytetu Muzycznego w Karlsruhe powstał w celu zgromadzenia w jednym miejscu wszystkich aktywności związanych z funkcjonowaniem szkoły. Wcześniej uczelnia działała w czterech różnych lokalizacjach. Serce kampusu stanowi renesansowy pałac zaprojektowany przez Johannes'a Schoch'a na przełomie XVI/ XVII wieku. Obiekt wielokrotnie niszczone (pożary, bombardowanie podczas II wojny światowej) został ostatecznie zrekonstruowany w latach 1982-1989.<sup>91</sup> Wokół pałacu wzniesiono nowe budynki, w których zlokalizowano sale prób, zajęć teoretycznych oraz sale koncertowe. Otoczenie kampusu jawi się jako nieatrakcyjne i nieuporządkowane, jednak sam kampus jest przemyślną kompozycją urbanistyczną z licznymi terenami zielonymi i ograniczonym ruchem kołowym. Lokalizację kampusu blisko centrum miasta, dostęp komunikacją autobusową oraz bliskość dworca kolejowego oceniono pozytywnie ze względu na ułatwiony dostęp. Duża ilość miejsc parkingowych sprzyja komunikacji indywidualnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nastonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Budynek rozplanowany na rzucie w kształcie litery "L" posiada 4 kondygnacje, w tym jedną podziemną. Na każdym piętrze zlokalizowano kilka/ kilkanaście sal prób indywidualnych oraz pomieszczeń nauki gry na instrumencie pod okiem nauczyciela. W obiekcie znajdują się dwie klatki schodowe oraz winda. Biorąc pod uwagę niewielkie wymiary rzutu każdej kondygnacji (powierzchnia piętra wynosi 950 m<sup>2</sup>) jest to wystarczająca ilość aby zapewnić łatwy dostęp do sal na każdym poziomie. Analizowana sala znajduje się na ostatniej kondygnacji i posiada okna pasmowe ciągnące się przez dwie przegrody zewnętrzne, co zapewnia wysoce zadowalającą ilość doświetlenia. W celu doświetlenia sal zlokalizowanych w podziemiu, wykonano studzienki doświetleniowe. Okna sal umieszczonych na parterze wyposażono w zewnętrzne żaluzje aby zwiększyć poczucie intymności we wnętrzu podczas użytkowania.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
<p>Wnętrze sali oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Jakość zastosowanych materiałów wykończeniowych jest zadowalająca, a spokojna kolorystyka z przewagą bieli pozytywnie wpływa na przebieg prób.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 30,10 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal indywidualnych, jest to powierzchnia zdecydowanie <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia z uwzględnieniem elementów wykończeniowych wynosi od 2,15 m przy ścianach zewnętrznych, do 3,10 m w centralnej części sali. Biorąc pod uwagę nachylenie przekrycia oraz proporcjonalny udział płaskiego sufitu do pozostałej powierzchni sali, średnia wysokość wnętrza wynosi 2,785 m.</p>		

<sup>91</sup> <https://www.karlsruhe-erleben.de> [dostęp: kwiecień 2021]

<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie czworoboku nieforemnego. Kształt pomieszczenia oraz wymiary rzutu dają wiele możliwości wykorzystania wnętrza.		

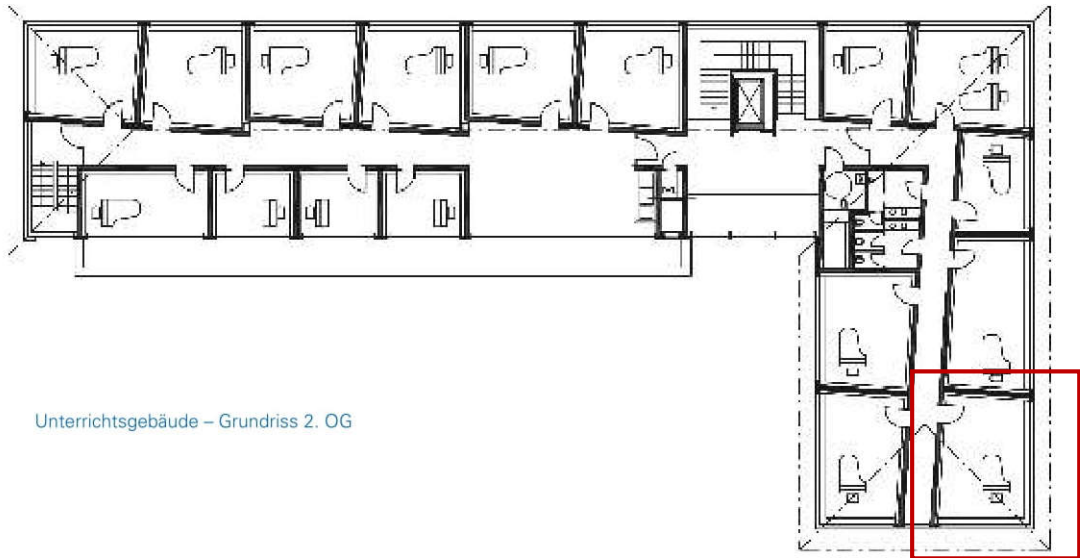
Tabela 30. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób indywidualnych A.5.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>przeciętna (głośna)</b>
<p>Campus One zlokalizowany jest w pobliżu dwóch ciągów komunikacyjnych o wysokim natężeniu ruchu kołowego. Budynki administracyjne uczelni wchodzące w skład całego założenia urbanistycznego, stanowią kubaturowe bariery akustyczne dla pozostałych budynków od strony Wolfartsweierer Str. Od północy strefę buforową między kampusem a Durlacher Allee stanowi park. Dzięki temu wpływ ruchu drogowego na poziom hałasu na terenie uczelni wynosi poniżej <math>L_{DWN} = 60</math> dB(A).<sup>92</sup> Niestety na południe od kampusu znajduje się kolejowy dworzec towarowy, który na terenie uczelni generuje hałas na poziomie <math>L_{DWN} = 70</math> dB(A) lub mniej, w trakcie dnia. Lokalizację oceniono jako <i>przeciętną (głośną)</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób zlokalizowana jest na pierwszym piętrze, które tworzy siedemnaście pomieszczeń o tym samym przeznaczeniu. We wszystkich salach prób zastosowano rozwiązanie konstrukcyjne <i>box-in-box</i>. Każda przegroda pionowa składa się z żelbetowego trzonu oraz dodatkowych ścian z płyt gipsowo-kartonowych z wełną mineralną po obu stronach przegrody. W oknach pasmowych ciągnących się wzdłuż całej kondygnacji, zastosowano dodatkową izolację akustyczną w miejscach połączenia między sąsiednimi salami. Ściany między poszczególnymi salami pozbawione są otworów wentylacyjnych oraz innych instalacji. Nie zaprojektowano przedsionków oddzielających salę od korytarza, ale zastosowane drzwi charakteryzują się wysoką izolacyjnością.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>przeciętna (ograniczona elast.)</b>
<p>Jedynym elementem pozwalającym na zmianę czasu pogłosu we wnętrzu jest kotara o niewielkiej szerokości, zamontowana wzdłuż wewnętrznej dłuższej przegrody. Brak jest podobnego rozwiązanie w kierunku prostopadłym, dlatego poziom elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu ocenia się jako ograniczony.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi <math>83,8</math> m<sup>3</sup>. Wartość ta mieści się w rekomendowanym przedziale według przyjętej skali ocen ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia jest zmienna. Biorąc pod uwagę kształt przekrycia, średnia wysokość wnętrza wynosi <math>2,785</math> m.</p>		

<sup>92</sup> <https://noise.eea.europa.eu> [dostęp: kwiecień 2021]

<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Ze względu na nieforemny kształt rzutu analizowanej sali prób, do obliczeń przyjęto średnią szerokość oraz średnią długość pomieszczenia. Stosunek tych wielkości mieści się w rekomendowanym przedziale wartości od 1,15 do 1,45 i wynosi 1,44. Sprawdzono również stosunek średniej szerokości sali do jej wysokości - ten warunek sprawdzono przy założeniu zarówno średniej wysokości jak i maksymalnej (sufit płaski), która charakteryzuje 2/3 sali. Oba warunki zostały spełnione (<math>W/H \geq 1,1</math>) i wynoszą odpowiednio 1,64 oraz 1,48. Zostały spełnione oba warunki przypisane do oceny <i>pozytywnej</i> według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Salę prób zaprojektowano na rzucie czworoboku foremego. Wewnętrzna dłuższa przegroda jest odchylona o 4 stopnie, co wg literatury jest odchyleniem zbyt małym aby było efektywne (min. 5 stopni). Jednak wzdłuż ściany zamontowano zasłonę, która przeciwdziała efektowi echa trzepoczącego. Niepożądanemu echu na linii podłoga-sufit przeciwdziała również kształt dwuspadowy sufitu. Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.</p>		

Tabela 31. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.5.



Unterrichtsgebäude – Grundriss 2. OG

Ilustracja 47. Campus One, Karlsruhe - budynek z salami prób indywidualnych, rzut drugiego piętra.  
[źródło: [D5] - Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]



Ilustracja 48. Campus One, Karlsruhe - sala prób indywidualnych.  
[źródło: [D5] - Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]

## SALA PRÓB INDYWIDUALNYCH A.6

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Conservatorium van Amsterdam / Amsterdam Conservatory of Music
lokalizacja	Amsterdam, Holandia
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba Conservatorium van Amsterdam.
okres realizacji	2005 - 2008
architekt	de Architecten Cie., Frits van Dongen

Tabela 32. Sala prób indywidualnych A.6 – informacje ogólne.

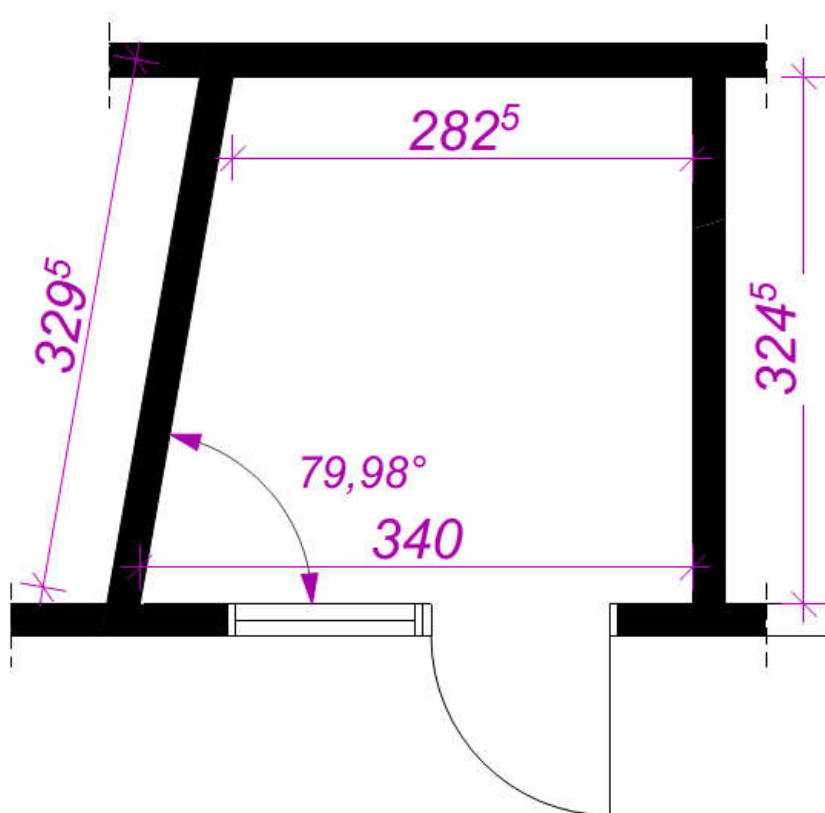


Ilustracja 49. Sala prób indywidualnych w Conservatorium van Amsterdam.  
[źródło: Heringa (2009) i Heringa (2014)]





Ilustracja 50. Conservatorium van Amsterdam - kondygnacja z salami prób indywidualnych.  
 [www.conservatoriumvanamsterdam.nl, dostęp: maj 2021]



Ilustracja 51. Sala prób indywidualnych w Conservatorium van Amsterdam - rzut sali.  
 [opracowanie: autorka, na podstawie rzutu udostępnionego przez Heringa (2009)]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Szkoła muzyczna Conservatorium van Amsterdam usytuowana jest w centrum Amsterdamu. Lokalizacja w mocno zurbanizowanej części miasta zapewnia ułatwiony dostęp komunikacją miejską. Liczne ścieżki rowerowe ułatwiają dostęp komunikacją rowerową. Bliskość dworca kolejowego zapewnia szybkie połączenie z podmiejskimi terenami. Najbliższe otoczenie szkoły muzycznej zapewnia zróżnicowane zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Analizowana sala prób znajduje się na ósmym piętrze jedenasto-kondygnacyjnego budynku szkoły (w tym dwie kondygnacje podziemne). Jest znacznie oddalona od głównego wejścia i stref komunikacji pionowej. Sąsiaduje z pomieszczeniami o tym samym przeznaczeniu. Wszystkie sale prób odsunięto od elewacji budynku, projektując wzdłuż przegród zewnętrznych korytarze. Ograniczyło to nasłonecznienie pomieszczeń. Pomimo przeszklonej fasady obiektu, konieczne jest korzystanie ze światła sztucznego również w trakcie dnia.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
<p>Wnętrze analizowanej sali prób indywidualnych oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Brak jest zbędnych elementów mogących rozpraszać użytkowników. Jakość zastosowanych materiałów uznano za zadowalającą. Elementem obniżającym ocenę jest zastosowana kolorystyka – intensywna czerwień na posadzce i suficie może negatywnie wpływać na muzyków korzystających z sali prób. Należy tu zaznaczyć, że intensywna kolorystyka jest celowym architektonicznym zabiegiem zastosowanym we wszystkich pomieszczeniach w obiekcie. Każdemu rodzajowi sali przypisano dany kolor. W przypadku sal prób indywidualnych jest to kolor czerwony.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 10,30 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal indywidualnych, jest to powierzchnia <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych, jednak przekracza ona granicę rekomendowanej jedynie o 0,3 m<sup>2</sup>, dlatego zaliczono ją jako <i>rekomendowaną</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia wynosi 2,72 m. Jest to dolna granica rekomendowanego przedziału wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii i ekonomii.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie trapezu (podstawy: 2,82 i 3,40 m, wysokość trapezu 3,245 m). Ze względu na niewielkie wymiary pomieszczenia oraz obecność licznych absorberów dźwięku, brak jest możliwości elastycznego wykorzystania wnętrza.</p>		

Tabela 33. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób indywidualnych A.6.



<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>negatywna (bardzo głośna)</b>
<p>Szkoła muzyczna Conservatorium van Amsterdam zlokalizowana jest w centrum Amsterdamu, w mocno zurbanizowanej części miasta. W bliskiej odległości od budynku szkoły znajduje się dworzec kolejowy. Bezpośrednio przy budynku biegną liczne linie kolejowe. Według dostępnej mapy akustycznej Amsterdamu z 2018 roku<sup>93</sup>, ruch kolejowy generuje hałas o wartości <math>L_{DWN}=70</math> dB(A) i więcej tuż przy elewacji szkoły muzycznej. Z tego powodu lokalizację obiektu oceniono jako <i>negatywną (bardzo głośną)</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Sale prób indywidualnych sąsiadują ze sobą bezpośrednio. Brak jest stref buforowych, przedsionków. Zastosowano konstrukcję <i>box-in-box</i>, która skutecznie eliminuje ryzyko przenoszenia dźwięków z pomieszczeń sąsiednich i utrudnianie użytkowania danej sali. Kolejnym pozytywnym zabiegiem architektonicznym jest odsunięcie wszystkich sal prób od elewacji zewnętrznej poprzez zlokalizowanie wzdłuż niej korytarzy. Poprawia to izolację akustyczną od dźwięków pochodzących z zewnątrz budynku.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>Na ścianach oraz suficie zastosowano liczne panele pochłaniające dźwięk o wymiarach 90 x 90 x 15 cm. Absorbery składają się z kilku warstw różnego rodzaju wełny mineralnej oraz warstwy folii, której zadaniem jest pochłanianie dźwięków w niskich częstotliwościach [Heringa (2009)]. Panele oceniono jako bardzo efektywne, jednak są one zamontowane na stałe, więc brak jest możliwości zmiany czasu pogłosu w analizowanej sali prób.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi 28 m<sup>3</sup>. Jest to poniżej rekomendowanej wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia wynosi 2,72 m. Jest to dolna granica rekomendowanego przedziału wartości według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Szerokość pomieszczenia jest zmienna, dlatego obliczenia przeprowadzono przy założeniu średniej szerokości sali, która wynosi 3,11 m. Stosunek szerokości do wysokości (W/H) wynosi 1,14; czyli został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i <i>przeciętnej</i> (<math>W/H \geq 1,1</math>). Stosunek długości do szerokości pomieszczenia (L/W) wynosi 1,04; co nie mieści się w przedziale warunkującym ocenę <i>pozytywną</i> lub <i>przeciętną</i>, według przyjętej skali ocen. Proporcje sali prób oceniono negatywnie.</p>		

<sup>93</sup> <https://maps.amsterdam.nl> [dostęp: grudzień 2021]

<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Salę prób zaprojektowano na rzucie trapezu. Jedna dłuższa przegroda jest odchylona o 10 stopni, co wg literatury jest odchyleniem efektywnym (minimum 5 stopni). Liczne panele absorbujące na dwóch sąsiednich ścianach oraz na suficie przeciwdziałają powstaniu niekorzystnego zjawiska echa trzepoczącego. Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.</p>		

Tabela 34. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.6.

### 4.3. Sale prób małych zespołów muzycznych – analiza i klasyfikacja.

#### SALA PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH B.1

##### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Zespół Państwowych Szkół Muzycznych im. M. Karłowicza
lokalizacja	Osiedle Centrum E, Nowa Huta, Kraków
rodzaj inwestycji	Nowe skrzydło istniejącego już budynku ZPSM z salami prób oraz salą kameralną.
okres realizacji	2010-2014
architekt	Agencja Projektowa A-4, Marek Smaga i wspólnicy Sp.J.

Tabela 35. Sala prób małych zespołów muzycznych B.1– informacje ogólne.

Analizowana sala prób została zaprojektowana na rzucie okręgu. Kształt pomieszczenia wywoływał niekorzystne zjawisko ogniskowania dźwięku, tak odczuwalne, że sala stała się niezdatna na użytku. Konieczny był projekt adaptacji akustycznej wnętrza, w ramach którego zaokrąglone płaszczyzny ścian zabudowano około metrowymi odcinkami z płyt gipsowo-kartonowych na ruszcie stalowym. Jedyny nieobudowany fragment, który pozostał zakrzywiony, to ściana podokienna. Dodano panele ściennie odbijające dźwięk oraz pochłaniające dźwięk zasłony. Analizie poddano salę prób po adaptacji akustycznej.



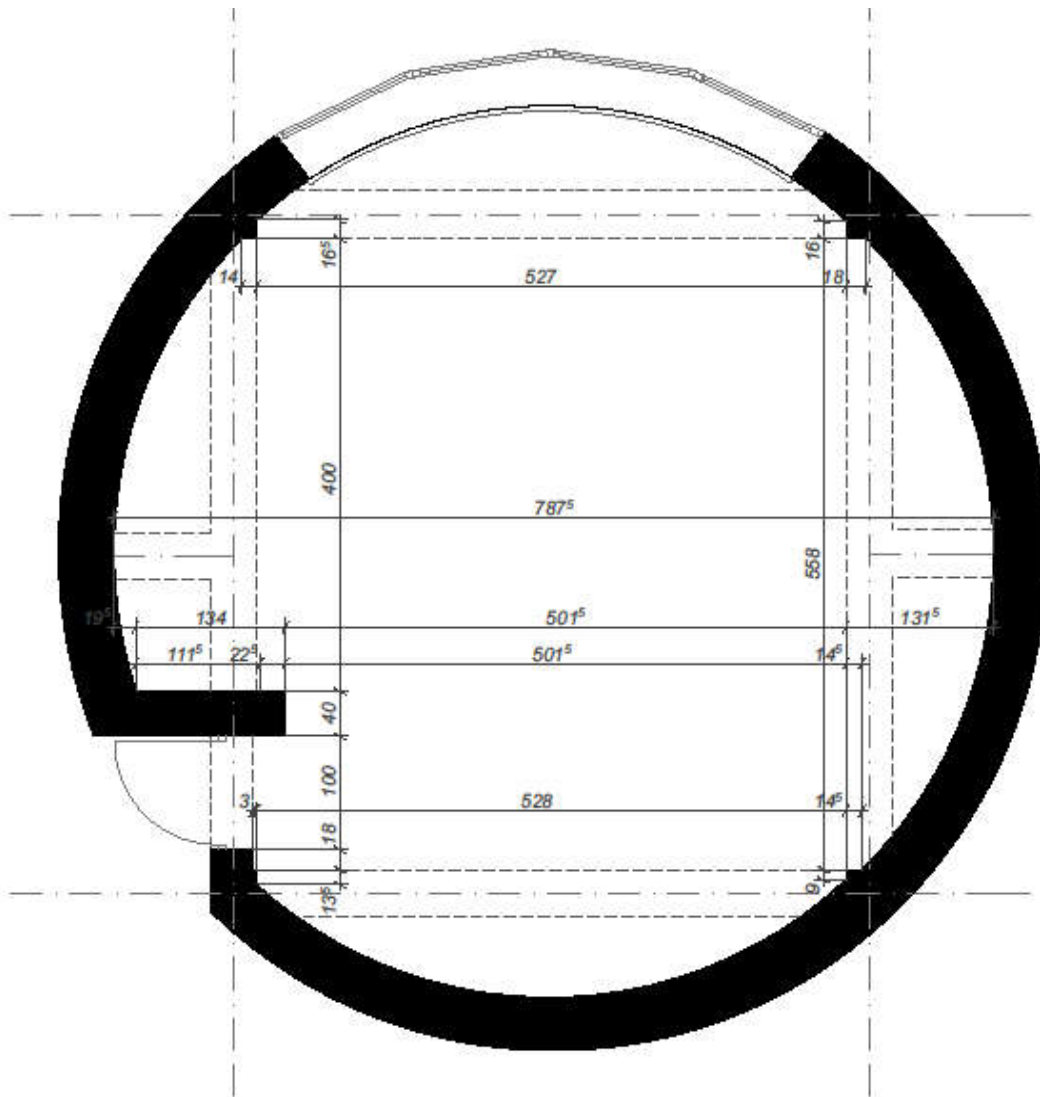
Ilustracja 52. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - wejście główne, stara część obiektu. [www.yelp.com, dostęp: maj 2018]]



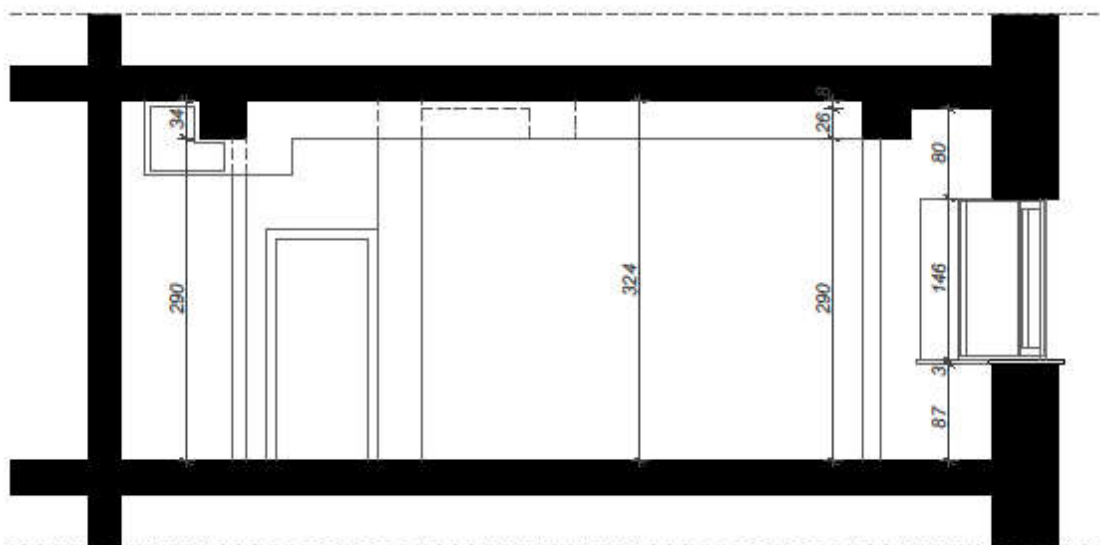
Ilustracja 53. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła" po adaptacji akustycznej. [fot. A.K. Kłosak]



Ilustracja 54. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - widok na sale "okrągłe".  
[[www.mkidn.gov.pl](http://www.mkidn.gov.pl), dostęp: sierpień 2018]

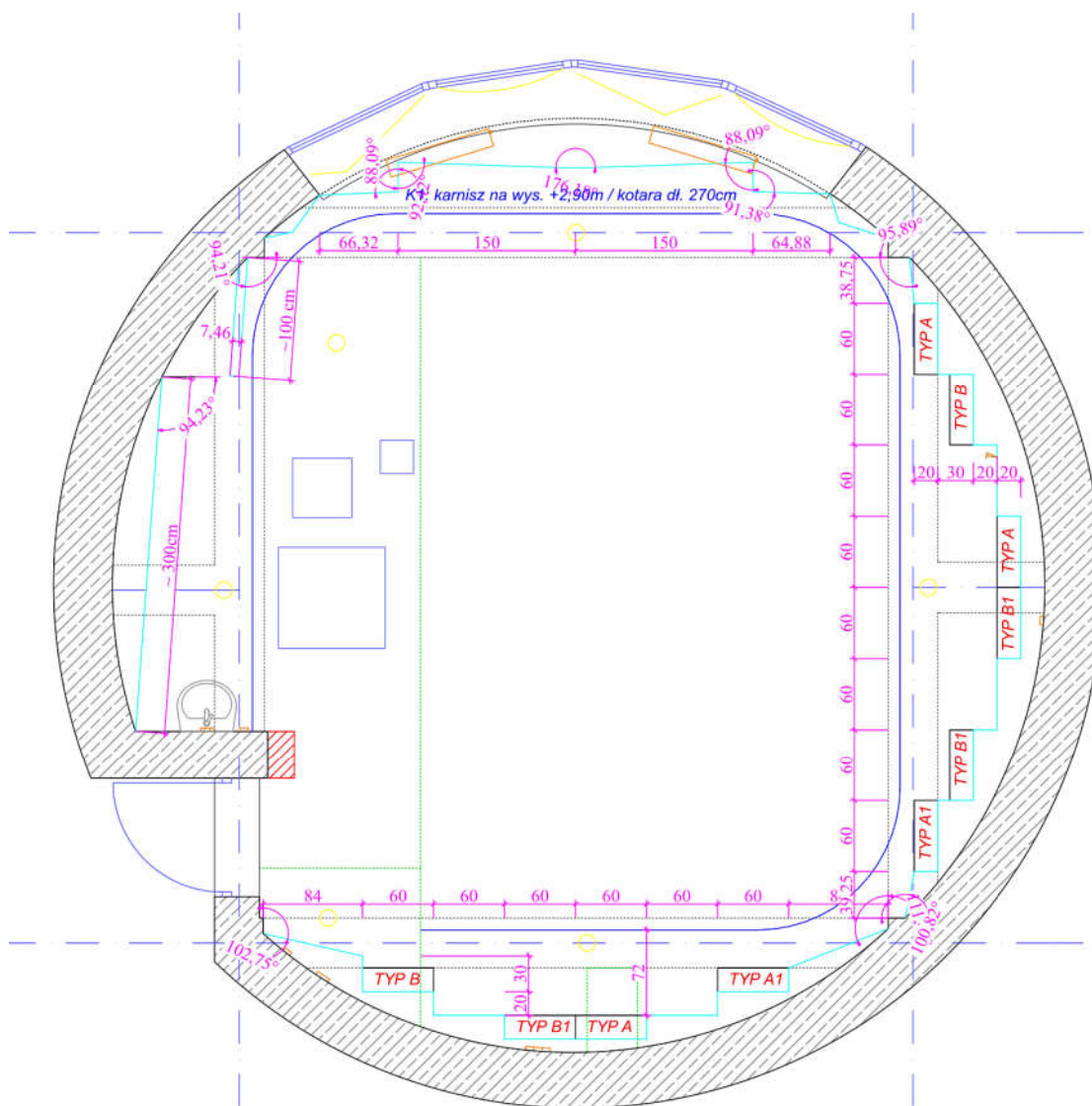


Ilustracja 55. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", rzut przed adaptacją akustyczną.  
 [opracowanie: autorka, na podstawie autorskiej inwentaryzacji]

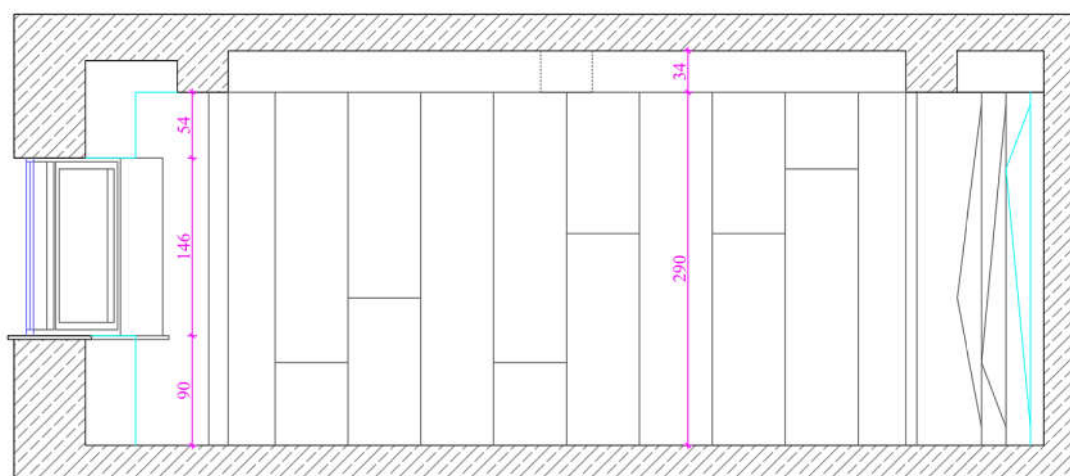


Ilustracja 56. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", przekrój przed adaptacją akustyczną.  
 [opracowanie: autorka, na podstawie autorskiej inwentaryzacji]





Ilustracja 57. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", projekt adaptacji akustycznej – rzut.  
[opracowanie: A.K. Kłosak i autorka]



Ilustracja 58. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", projekt adaptacji akustycznej – przekrój.  
[opracowanie: A.K. Kłosak i autorka]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Szkoła muzyczna zlokalizowana jest w bliskim sąsiedztwie Placu Centralnego, co sprawia, że dostęp do obiektu komunikacją miejską jest bardzo ułatwiony. Dodatkowo możliwy jest dojazd komunikacją indywidualną. Przed budynkiem znajduje się parking dedykowany użytkownikom obiektu. W niedalekiej odległości znajdują się liczne sklepy stanowiące zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób małych zespołów muzycznych jest jedną z ośmiu identycznych sal zlokalizowanych na I i II piętrze budynku. Sale prób nie sąsiadują ze sobą bezpośrednio. Każda z nich została wyodrębniona z przestrzennego korytarza, który ułatwia poruszanie się między salami wraz z instrumentami muzycznymi. Segment, w którym zlokalizowano sale prób znajduje się pomiędzy dwoma strefami komunikacyjnymi składającymi się z klatki schodowej oraz windy, co znacznie ułatwia dostęp do sal wraz z ciężkimi instrumentami muzycznymi. Wszystkie sale „okrągłe” posiadają po cztery okna tworzące łuk, co zapewnia wysoki stopień doświetlenia światłem dziennym. Brak wyodrębnionego pomieszczenie socjalnego w sąsiedztwie sal – jego rolę może pełnić obszerna przestrzeń komunikacyjna między salami, wyposażona w fotele i kanapy. Lokalizację analizowanej sali prób w bryle budynku oceniono pozytywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>negatywna (brak atrakcyjności)</b>
<p>Wnętrze sali prób oceniono jako pozbawione atrakcyjności, ze względu na niską jakość materiałów wykończeniowych (posadzka, meblowanie, ściennie elementy akustyczne). Kształt pomieszczenia uzyskany w wyniku adaptacji akustycznej oraz zastosowana kolorystyka wnętrza – błękitne ściany w połączeniu z niebieską stolarką okienną - nie stanowią neutralnego, spokojnego tła do ćwiczeń muzycznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Pierwotnie powierzchnia sali prób wynosiła 47,84 m<sup>2</sup>. W skutek adaptacji akustycznej zmniejszyła się do 39,61 m<sup>2</sup>. Jest to wartość, która przekracza górną granicę rekomendowanego przedziału wartości powierzchni sali prób dla małych zespołów.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia do stropu konstrukcyjnego wynosi 3,24 m, lecz zastosowany w ramach adaptacji akustycznej sufit podwieszany zmniejszył wysokość do 2,90 m. Obie wartości mieszczą się w rekomendowanych przedziale według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie okręgu, jednak w wyniku przeprowadzonej adaptacji akustycznej kształt rzutu sali zmienił się na wieloboczny z łukowym fragmentem pod oknami. Pomimo nieregularnego kształtu rzutu, pomieszczenie cechuje się dużą elastycznością. Wnętrze daje wiele możliwości ustawienia muzyków wraz z ich instrumentami, nawet w przypadku dużych gabarytowo instrumentów muzycznych jak pianino czy fortepian. Wymiary rzutu pomieszczenia są do siebie zbliżone, a przy rozsuniętych zasłonach pochłaniających dźwięk tworzy się niemal kształt kwadratu jako rzutu sali.</p>		

Tabela 36. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób małych zespołów muzycznych B.1.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>pozytywna (cicha)</b>
<p>Zgodnie z aktualną mapą akustyczną miasta Krakowa<sup>94</sup> najbliższe otoczenie budynku ZPSM im. M. Karłowicza charakteryzuje się długookresowym poziomem hałasu o wartości <math>L_{DWN}= 60</math> dB(A) lub niższym. Należy podkreślić, że jest to jedynie hałas generowany przez komunikację drogową i tramwajową. Jego niską wartość zapewnia oddalenie szkoły od Alei Jana Pawła II oraz lokalizacja Muzeum PRL' u jako kubaturowej bariery akustycznej. Analizowana sala zlokalizowana jest w zachodniej części obiektu, gdzie bezpośrednie sąsiedztwo stanowi zabudowa mieszkaniowa oraz plenerowy amfiteatr należący do szkoły muzycznej. Lokalizację obiektu pod względem głośności najbliższego otoczenia oceniono jako <i>pozytywną (cichą)</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Analizowana sala nie sąsiaduje bezpośrednio z żadną inną salą prób. Jej bezpośrednie sąsiedztwo stanowi przestrzenny korytarz, który generuje jedynie dźwięki pochodzące z rozmów. Ściany wewnętrzne analizowanego pomieszczenia są żelbetowe. Brak jest stref buforowych oraz przedsiionków ograniczających wpływ dźwięków z korytarza na funkcjonowanie sali. Autorka ocenia lokalizację sali jako przeciętną ze względu na brak wpływu innych sal prób, jedynie odczuwalny może być wpływ sąsiadującej przestrzeni korytarza i rozmów toczących się z nim. Według autorskiej ankiety przeprowadzonej na cele niniejszej pracy (Załącznik 1) słyszalność rozmów podczas próby nie stanowi tak istotnego problemu jak słyszalność innych instrumentów muzycznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>W pomieszczeniu zastosowano zastony pochłaniające dźwięk. Użytkownik sali może w szybki i łatwy sposób zmienić czas pogłosu poprzez rozsunięcie/zsuniecie kotar. Karnisze zamontowano wzdłuż wszystkich ścian pomieszczenia.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi <math>114,9</math> m<sup>3</sup>. Jest to wartość mieszcząca się w zakresie rekomendowanych wartości kubatur według ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia w świetle wynosi <math>2,90</math> cm. Jest to wartość poniżej dolnej granicy przedziału zalecanych wartości wysokości ze względu na ergonomię audytywną.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Ze względu na skomplikowany kształt rzutu sali prób uzyskany w ramach adaptacji akustycznej brak jest możliwości ustalenia średniej długości i szerokości pomieszczenia. Zgodnie z przyjętymi kryteriami, salę o kształcie znacznie odbiegającym od prostopadłościennego ocenia się pozytywnie.</p>		

<sup>94</sup> <https://miip.geomalopolska.pl/imap/#gpmap=gp13> [dostęp: maj 2021]



<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Ocenie poddano kształt rzutu sali prób otrzymany po przeprowadzonej adaptacji akustycznej. W ramach adaptacji zabudowano wszystkie zakrzywione płaszczyzny ścian, poza ścianą podokienną, co ograniczyło niepożądane zjawisko ogniskowania dźwięku oraz zamontowano pod różnymi kątami liczne panele odbijające dźwięk na dwóch sąsiednich ścianach, co zlikwidowało efekt echa trzepoczącego.</p>		

Tabela 37. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób małych zespołów muzycznych B.1.

## SALA PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH B.2

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Ogólnokształcąca Szkoła Muzyczna im. K. Szymanowskiego
lokalizacja	Wrocław
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba OSM im. K. Szymanowskiego.
okres realizacji	2013-2014
architekt	Maćków Pracownia Projektowa

Tabela 38. Sala prób małych zespołów muzycznych B.2 – informacje ogólne.

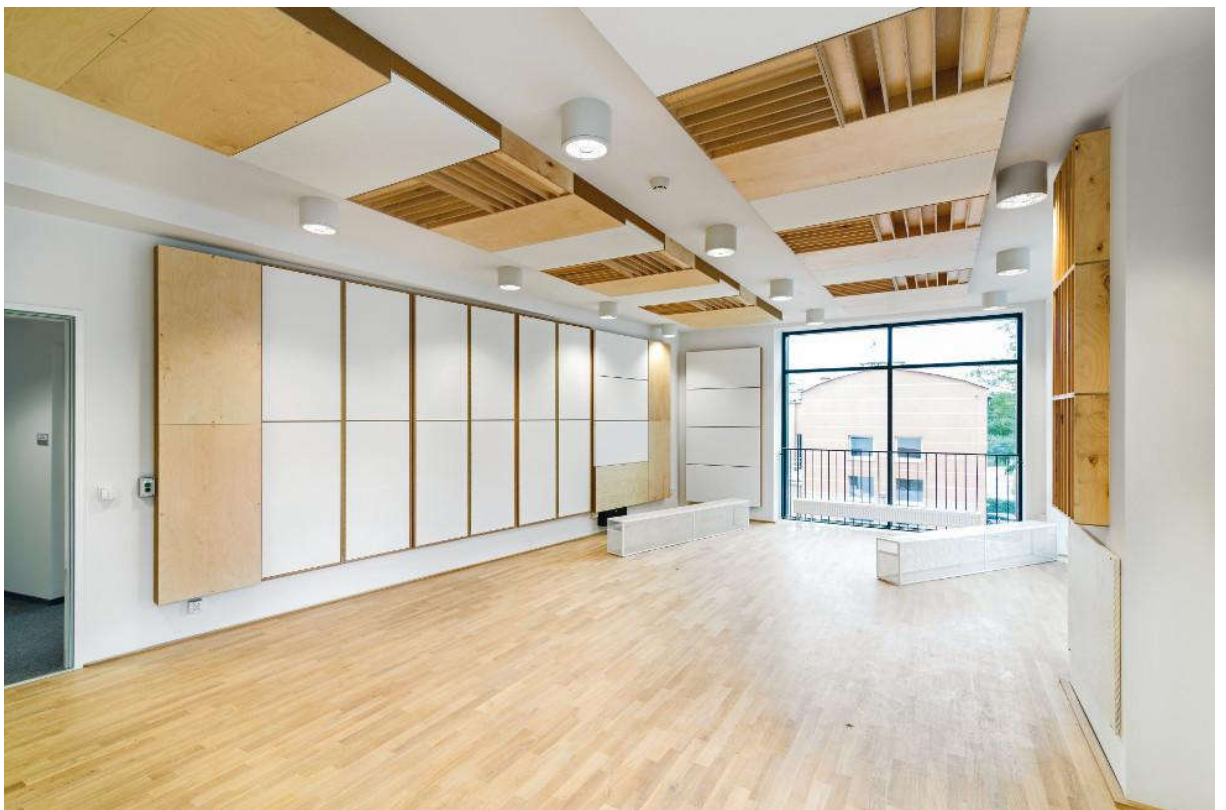


Ilustracja 59. OSM I i II stopnia we Wrocławiu - widok bryły budynku. [www.mackow.pl, dostęp: maj 2018]



©Piotr Krajewski - pkrajewski.pl

Ilustracja 60. OSM I i II stopnia we Wrocławiu - sala do ćwiczeń grupowych.  
[[www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com), dostęp: maj 2018, fot. Piotr Krajewski]



Ilustracja 61. OSM I i II stopnia we Wrocławiu - sala do ćwiczeń grupowych.  
[[www.architektura.muratorplus.pl](http://www.architektura.muratorplus.pl), dostęp: maj 2018, fot. Maciej Lulko]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Szkoła muzyczna zlokalizowana jest w centrum Wrocławia, przy ulicy marsz. Piłsudskiego. Bezpośrednio sąsiaduje z Filharmonią im. Witolda Lutosławskiego oraz budynkiem Urzędu Skarbowego. Po drugiej stronie ulicy znajduje się zabudowa mieszkaniowa z usługami na parterze. Lokalizacja obiektu szkoły muzycznej zapewnia ułatwiony dostęp komunikacją miejską. Obiekt posiada podziemny parking dedykowany użytkownikom. Pobliskie usługi zapewniają zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób grupowych znajduje się na drugim piętrze. Sąsiaduje bezpośrednio z pomieszczeniami o tym samym przeznaczeniu. Przestronny korytarz ułatwia komunikację między salami prób. Tuż przy salach zlokalizowano strefę komunikacyjną składającą się z klatki schodowej oraz windy. Liczne przeszklenia zapewniają wysoki stopień doświetlenia analizowanej sali prób.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
<p>Wnętrze sali prób oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Jakość zastosowanych materiałów uznano za zadowalającą. Stonowana kolorystyka pozytywnie wpływa na użytkowników sali, jednak liczne panele akustyczne na ścianach i suficie nie są spójne estetycznie z wyglądem sali oraz mogą stanowić elementy rozpraszające uwagę muzyków.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali wynosi 40,18 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal małych zespołów muzycznych, jest to powierzchnia zbyt duża pod względem ergonomii i ekonomii.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia wynosi 2,75 m, jednak ponad połowa sali ma mniejszą wysokość z powodu zamontowanych paneli akustycznych - w tych miejscach wysokość pomieszczenia wynosi 2,60 m. Z tego powodu wysokość analizowanej sali została oceniona jako <i>zbyt mała</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie prostokąta o wymiarach 4,90m x 8,20 m. Kształt, proporcje i wymiary sali prób pozwalają na duże możliwości wykorzystania pomieszczenia i urządzenia według potrzeb użytkowników.</p>		

Tabela 39. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób małych zespołów muzycznych B.2.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>negatywna (bardzo głośna)</b>
<p>Budynek szkoły zlokalizowany jest przy ulicy Marsz. Piłsudskiego, która charakteryzuje się dużym natężeniem ruchu kołowego oraz tramwajowego. Według mapy akustycznej miasta Wrocławia<sup>95</sup> najbliższe otoczenie budynku charakteryzuje się długookresowym poziomem</p>		

<sup>95</sup> <https://geoportals.wroclaw.pl/mapy/akustyczna/> [dostęp: maj 2021]

<p>hałasu o wartości przekraczającej <math>L_{DWN} = 70</math> dB(A). Należy podkreślić, że jest to jedynie hałas generowany przez komunikację drogową i tramwajową. Od strony południowej obiekt graniczy z boiskiem szkolnym, które generuje dodatkowy hałas. W niedalekiej odległości biegną również trzy linie kolejowe, ale nie mają one znaczącego wpływu na hałas tuż przy budynku szkoły.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Pomieszczenie sąsiaduje z salą o tym samym przeznaczeniu. Brak jest stref buforowych między salami prób, brak przedsionków między salą a korytarzem, jednak ściany między salami charakteryzują się konstrukcją <i>box-in-box</i>, dlatego ocenę zmieniono a <i>negatywnej</i> na <i>przeciętną</i>.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>W pomieszczeniu zastosowano panele akustyczne z białej płyty Ecophon oraz kasetony z nielakierowanej sklejki brzozonej.<sup>96</sup> Panele zamontowano do ścian oraz sufitu na stałe. Brak jest możliwości zmiany warunków akustycznych w pomieszczeniu.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi <math>106,5</math> m<sup>3</sup>. Wartość ta mieści się z przedziale rekomendowanych wartości według ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia wynosi <math>2,75</math> m z miejscowymi obniżeniami do <math>2,60</math> m. Według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną są to wysokości zbyt małe dla sal prób małych zespołów muzycznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Analizę proporcji sali prób przeprowadzono biorąc pod uwagę obie wysokości pomieszczenia (<math>2,60</math> m oraz <math>2,75</math> m). Stosunek szerokości do wysokości (W/H) wynosi odpowiednio <math>1,88</math> i <math>1,78</math>; czyli został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i <i>przeciętnej</i> (<math>W/H \geq 1,1</math>). Stosunek długości do szerokości pomieszczenia (L/W) wynosi <math>1,67</math>; co nie mieści się w przedziale warunkującym ocenę <i>pozytywną</i> lub <i>przeciętną</i>, według przyjętej skali ocen. Proporcje sali prób oceniono negatywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Pomieszczenie rozplanowano na rzucie prostokąta. Przeciwległe ściany są do siebie równoległe, jednak zastosowane panele i kasetony akustyczne przeciwdziałają niepożądanemu efektowi echa trzepoczącego we wszystkich trzech kierunkach. Brak płaszczyzn zakrzywionych, które generowałyby ogniskowanie dźwięku.</p>		

Tabela 40. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób małych zespołów muzycznych B.2.

<sup>96</sup> www.architektura.muratorplus.pl [dostęp: maj 2018]



## SALA PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH B.3

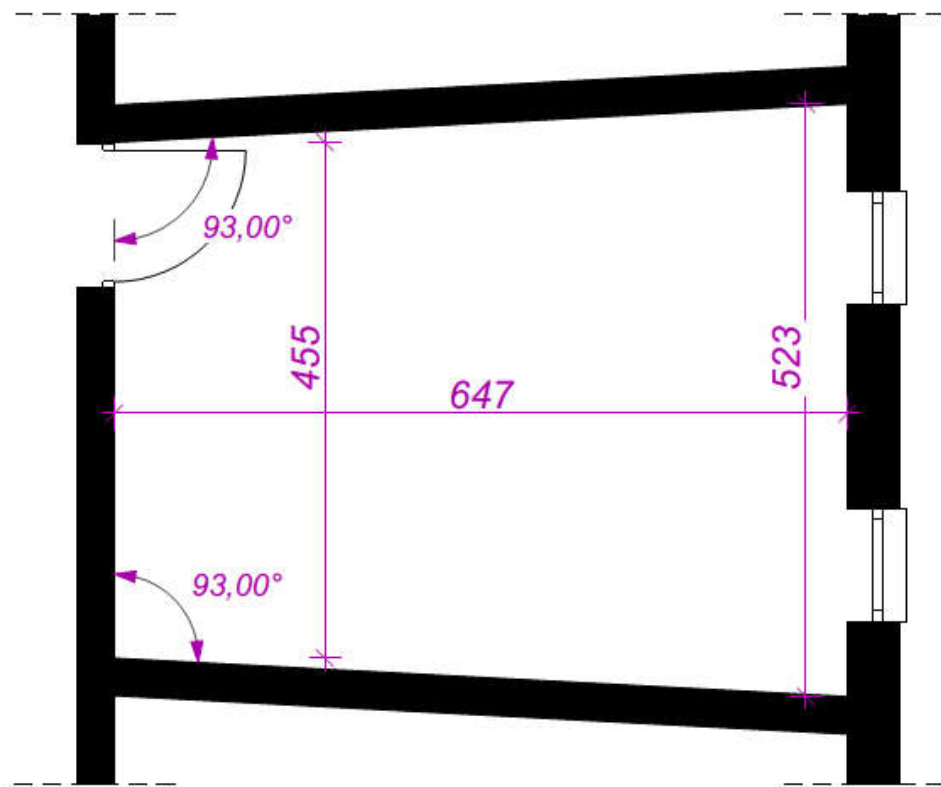
### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Zespół Państwowych Szkół Muzycznych Nr 1
lokalizacja	Warszawa
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba ZPSM nr 1 w Warszawie, w skład której wchodzi neogotycki budynek oraz nowo zaprojektowana część z salami prób, salą koncertową i zapleczem.
okres realizacji	2017 - 202 <sup>1</sup>
architekt	Konior Studio

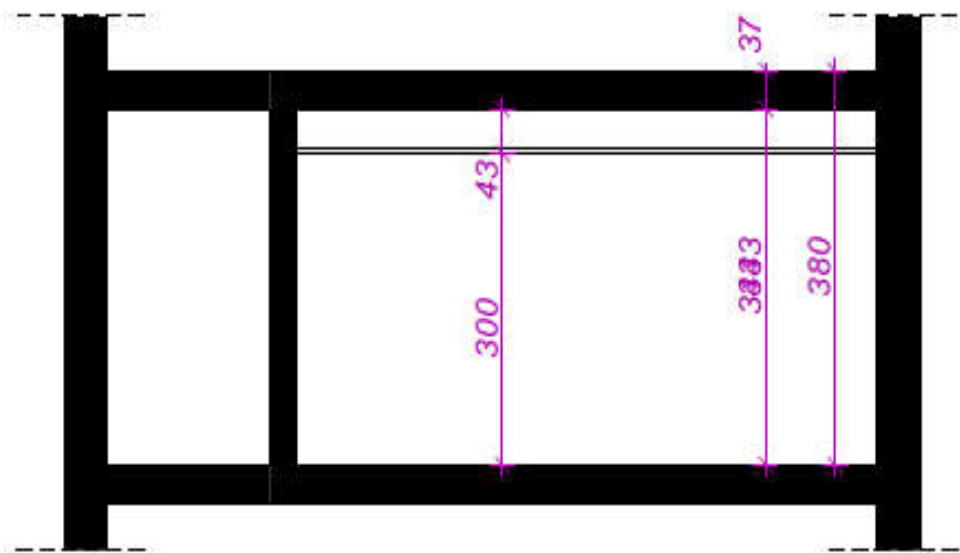
Tabela 41. Sala prób małych zespołów muzycznych B.3– informacje ogólne.



Ilustracja 62. ZPSM Nr 1 w Warszawie - nowa siedziba przy ulicy Rakowieckiej, widok na segment z salami prób małych zespołów instrumentalnych – wizualizacja. [www.koniorstudio.pl, dostęp: maj 2020]



Ilustracja 63. ZPSM Nr 1 w Warszawie – sala prób małych zespołów muzycznych - rzut. [opracowanie: autorka, na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017>, dostęp: styczeń 2021]



Ilustracja 64. ZPSM Nr 1 w Warszawie – sala prób małych zespołów muzycznych. [opracowanie: autorka, na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017>, dostęp: styczeń 2021]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Obiekt zlokalizowany jest bezpośrednio przy ulicy Rakowieckiej, w mocno zurbanizowanej części Warszawy jaką jest dzielnica Stary Mokotów. Dzięki temu dostępność do obiektu komunikacją miejską jest bardzo ułatwiona. Brak miejsc postojowych dedykowanych użytkownikom obiektu. Najbliższe sąsiedztwo stanowi m.in. kilkukondygnacyjna zabudowa mieszkaniowa oraz usługowa, która stanowi zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób znajduje się na pierwszym piętrze w nowopowstałej części budynku szkoły. Bezpośrednie sąsiedztwo stanowią pomieszczenia o tym samym przeznaczeniu i podobnych wymiarach. Do sal prowadzi szeroki korytarz, który ułatwia użytkownikom z instrumentami komunikację między salami. Analizowana sala prób zlokalizowana jest blisko bocznej strefy wejściowej wyposażonej z klatkę schodową i windę. Lokalizacja obiektu we wnętrzu kwartału zabudowy zapewnia poczucie intymności we wnętrzach. Pomieszczenia są dobrze doświetlone - w każdej sali prób dedykowanej małym zespołom muzycznym zaprojektowano po dwa portfenetry o wymiarach 1,0 x 3,0 m.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
<p>Analizowane wnętrze cechuje prostota i minimalizm. Ograniczono się do odcieni bieli i szarości. Podłogę wykończono szarą wykładziną igłowaną, zastosowano sufit podwieszany z pełnych szarych płyt, ściany pomalowano na biało. Ciekawym zabiegiem architektonicznym jest pozostawienie betonu szalunkowego jako finalnej warstwy ściany zewnętrznej we wnętrzu. Na ścianach stanowiących przegrody wewnętrzne umieszczono elementy pochłaniające dźwięk w postaci białych, ażurowych płyt drewnopochodnych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 31,64 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal małych zespołów, jest to powierzchnia <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia wynosi 3,00 m z uwzględnieniem sufitu podwieszanego. Wartość ta mieści się rekomendowanym przedziale według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>przeciętna (ograniczona elastyczność)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie trapezu o podstawach 4,55 m i 5,23 m oraz wysokości trapezu 6,47 m. Ze względu na wymiary pomieszczenia uznano, że elastyczność wykorzystania wnętrza jest nieco ograniczona. Możliwe są niewielkie modyfikacje w celu dostosowania do potrzeb użytkowników.</p>		

Tabela 42. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób małych zespołów muzycznych B.3.



<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>przeciętna (głośna)</b>
Lokalizację nowej siedziby ZPSM nr 1 w Warszawie ze względu na głośność najbliższego otoczenia oceniono jako przeciętną ( <i>głośną</i> ). Uzasadnienie oceny analogiczne jak w przypadku sąsiedniej sali indywidualnej A3.		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>przeciętna</b>
Analizowana sala prób grupowych zlokalizowana jest we wschodniej części nowego segmentu. Sąsiaduje bezpośrednio z salami o podobnych wymiarach i tym samym przeznaczeniu. Sale prób nie posiadają przedsionków, brak jest stref buforowych między nimi. Jednak zastosowane przegrody pionowe oddzielające poszczególne pomieszczenia, pozwalają na uzyskanie satysfakcjonujących warunków akustycznych we wnętrzach: zastosowano podwójne przegrody (konstrukcja gipsowo-kartonowa na stelażu z wypełnieniem wełna mineralną 10 cm) z pustką dylatacyjną 5 cm. Tworzy to konstrukcję <i>box-in-box</i> . Niebezpieczeństwem jest przenoszenie boczne dźwięku ścianą zewnętrzną, która ma tradycyjną konstrukcję żelbetową oraz przed drzwiami oddzielające salę od komunikacji. Z tego względu lokalizację analizowanej sali w bryle budynku oceniono jako przeciętną.		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
W analizowanej sali prób nie zastosowano ruchomych elementów, które pozwalałyby na zmianę akustyki wnętrza. Czas pogłosu w pomieszczeniu jest stały.		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Kubatura pomieszczenia wynosi 94,92 m <sup>3</sup> . Jest to wartość mieszcząca się w przedziale zalecanych wartości we względu na ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi 3,00 m z uwzględnieniem sufitu podwieszanego. Wartość ta jest poniżej dolnej granicy rekomendowanego przedziału według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
Analizę proporcji sali prób przeprowadzono biorąc pod uwagę średnią szerokość pomieszczenia równą 4,89 m. Stosunek szerokości do wysokości (W/H) wynosi 1,63; czyli został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i <i>przeciętnej</i> ( $W/H \geq 1,1$ ). Stosunek długości do szerokości pomieszczenia (L/W) wynosi 1,32; co mieści się w przedziale warunkującym ocenę <i>pozytywną</i> według przyjętej skali ocen. Proporcje sali prób oceniono pozytywnie.		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>negatywna</b>
Podobnie jak w przypadku sali indywidualnej A3, analizowaną salę prób B3 również zaprojektowano na rzucie trapezu. Dwie najdłuższe przeciwległe ściany są odchylone od siebie o 6 st., a podłoga pomieszczenia została wykończona wykładziną igłowaną. Wszystkie		

te zabiegi niwelują ryzyko wystąpienia zjawiska echa trzepoczącego. Jednak nadal zjawisko to może wystąpić między krótszymi ścianami pomieszczenia, tym bardziej, że konstrukcję jednej ze ścian pozostawiono odkrytą w formie betonu szalunkowego (beton jest materiałem silnie odbijającym dźwięk co zwiększa możliwość wystąpienia zjawiska echa trzepoczącego). Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.

Tabela 43. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób małych zespołów muzycznych B.3.

## SALA PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH B.4

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Music House of the Einsiedeln Abbey School
lokalizacja	Einsiedeln, Szwajcaria
rodzaj inwestycji	Nowe skrzydło obiektu, połączone z głównym barokowym budynkiem, całość zlokalizowana na terenie opactwa benedyktyńskiego.
okres realizacji	2006 - 2011
architekt	Diener & Diener Architekten

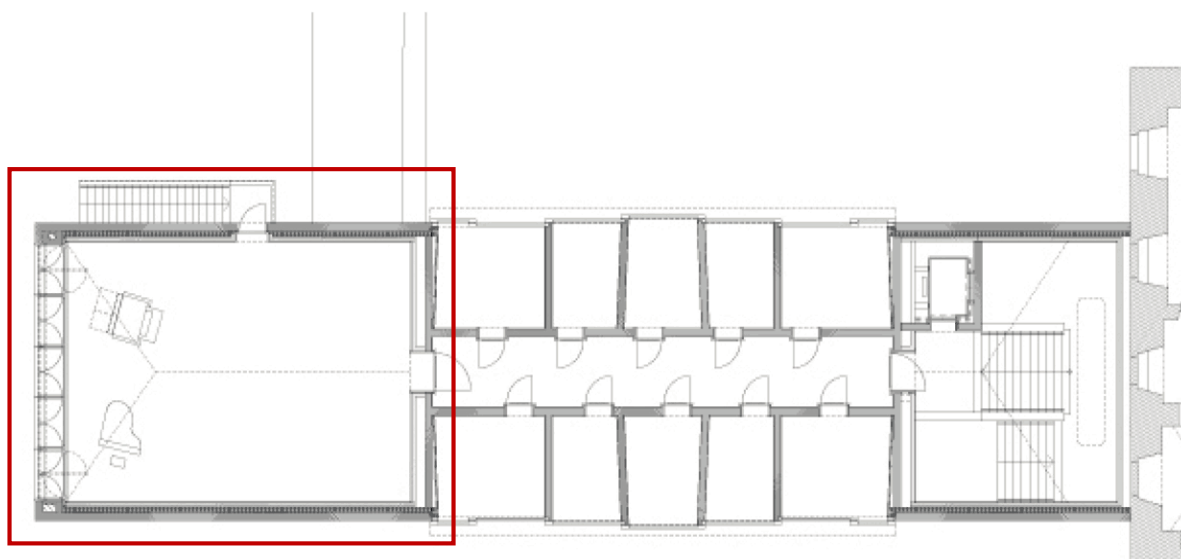
Tabela 44. Sala prób małych zespołów muzycznych B.4 – informacje ogólne.



Ilustracja 65. Music House of the Einsiedeln Abbey School.  
[[www.dienerdiener.ch](http://www.dienerdiener.ch), dostęp: marzec 2018]



Ilustracja 66. Music House of the Einsiedeln Abbey School - sala prób grupowych.  
[[www.mawa-design.de](http://www.mawa-design.de), dostęp: marzec 2018, autor: Udo Geisler]



Ilustracja 67. Music House of the Einsiedeln Abbey School - rzut nowego segmentu z zaznaczoną salą prób grupowych. [[www.dienerdiener.ch](http://www.dienerdiener.ch), dostęp: marzec 2018]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Analizowana sala prób zlokalizowana jest w tym samym segmencie, w którym znajduje się opisana wcześniej sala indywidualna A4. Możliwy jest dojazd do Einsiedeln koleją lub komunikacją indywidualną. Z powodu lokalizacji w małym miasteczku, do którego trzeba dojechać, dostępność oceniono jako przeciętną.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Salę prób grupowych usytuowano na drugiej kondygnacji nadziemnej. Zapewnia to poczucie intymności podczas użytkowania. Nowy segment Music House posiada oddzielne wejście, klatkę schodową oraz windę tuż przy salach muzycznych. Północna ściana pomieszczenia jest całkowicie przeszklona, co zapewnia wysoce zadowalający stopień doświetlenia światłem naturalnym.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>pozytywna (wysoka atrakcyjność)</b>
<p>Podobnie jak w przypadku omawianych wcześniej sal indywidualnych, wnętrze sali grupowej charakteryzuje minimalizm, stonowana kolorystyka i dbałość o detale. Zastosowano te same elementy wykończeniowe: drewniana posadzka oraz stolarka drzwiowa, białe wykończenie ścian i sufitu, białe listwy przypodłogowe oraz oświetlenie.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 120 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal małych zespołów, jest to powierzchnia zdecydowanie <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia jest zmienna. W najniższym miejscu wynosi 2,80 m, w najwyższym - 4,00 m. Obie wartości mieszczą się rekomendowanym przedziale według przyjętej skali ocen.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie prostokąta o wymiarach 8,90 m x 13,40 m. Wielkość pomieszczenia, jego proporcje oraz skumulowanie wszystkich przeszkleń na jednej ścianie daje wiele możliwości aranżacji wnętrza w zależności od potrzeb użytkowników. Incydentalnie pomieszczenie pełni również rolę sali kameralnej.</p>		

Tabela 45. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób małych zespołów muzycznych B.4.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>pozytywna (cicha)</b>
<p>Lokalizację Music House ze względu na głośność najbliższego otoczenia oceniono jako <i>pozytywną (cichą)</i>. Uzasadnienie oceny analogiczne jak w przypadku sąsiedniej sali indywidualnej A4.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>

<p>Analizowana sala prób grupowych zlokalizowana jest na końcu nowego segmentu. Z jednej strony sąsiaduje bezpośrednio z salami prób indywidualnych, pozostałe ściany stanowią przegrody zewnętrzne. Między omawianym pomieszczeniem a małymi salami zaprojektowano szachty instalacyjne, stanowiące strefy buforowe. Zastosowano dodatkową konstrukcję z płyt gipsowo-kartonowych na stelażu na wszystkich ścianach poza przeszkloną przegrodą, co znacznie ogranicza przechodzenie dźwięku między salami w obu kierunkach wraz z przenoszeniem bocznym dźwięku (dodatkowa konstrukcja G-K na ścianach bocznych pomieszczenia).</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>przeciętna (ograniczona elastyczność)</b>
<p>Podobnie jak w przypadku omawianych wcześniej sal indywidualnych, jedynym elementem pozwalającym na zmianę czasu pogłosu we wnętrzu jest zasłona zamontowana wzdłuż przeszklonej przegrody zewnętrznej. Brak jest podobnego rozwiązanie wzdłuż dłuższych ścian pomieszczenia, dlatego poziom elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu ocenia się jako ograniczony.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi 400 m<sup>3</sup>. Jest to powyżej zalecanej wartości według przyjętej skali ocen. Jednak, jak podkreślono w punkcie 6.2 niniejszej pracy, górną graniczną wartość rekomendowaną należy traktować orientacyjnie, a nie jako błąd projektowy.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia jest zmienna (od 2,80 do 4,00 m). Biorąc pod uwagę najniższą wysokość analizowanego wnętrza, która jest sporo mniejsza od rekomendowanej oraz średnią wysokość (3,40 m), która również nie mieści się w zalecanym przedziale wartości, wysokość analizowanej sali prób oceniono jako zbyt małą według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>nie ocenia się</b>
<p>Kubatura sali prób wynosi powyżej 300 m<sup>3</sup>. Metoda falowa stosowana w analizie pola akustycznego pomieszczenia jest obciążona dużym błędem i nie należy jej stosować. Analizowanej sali prób nie poddaje się ocenie ze względu na proporcje wymiarów.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>negatywna</b>
<p>Salę prób zaprojektowano na rzucie prostokąta, przekrytą dachem trójspadowym. Przeciwległe ściany są do siebie idealnie równoległe. Brak na nich elementów pochłaniających dźwięk, co może wygenerować niepożądane zjawisko echa trzepoczącego. Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.</p>		

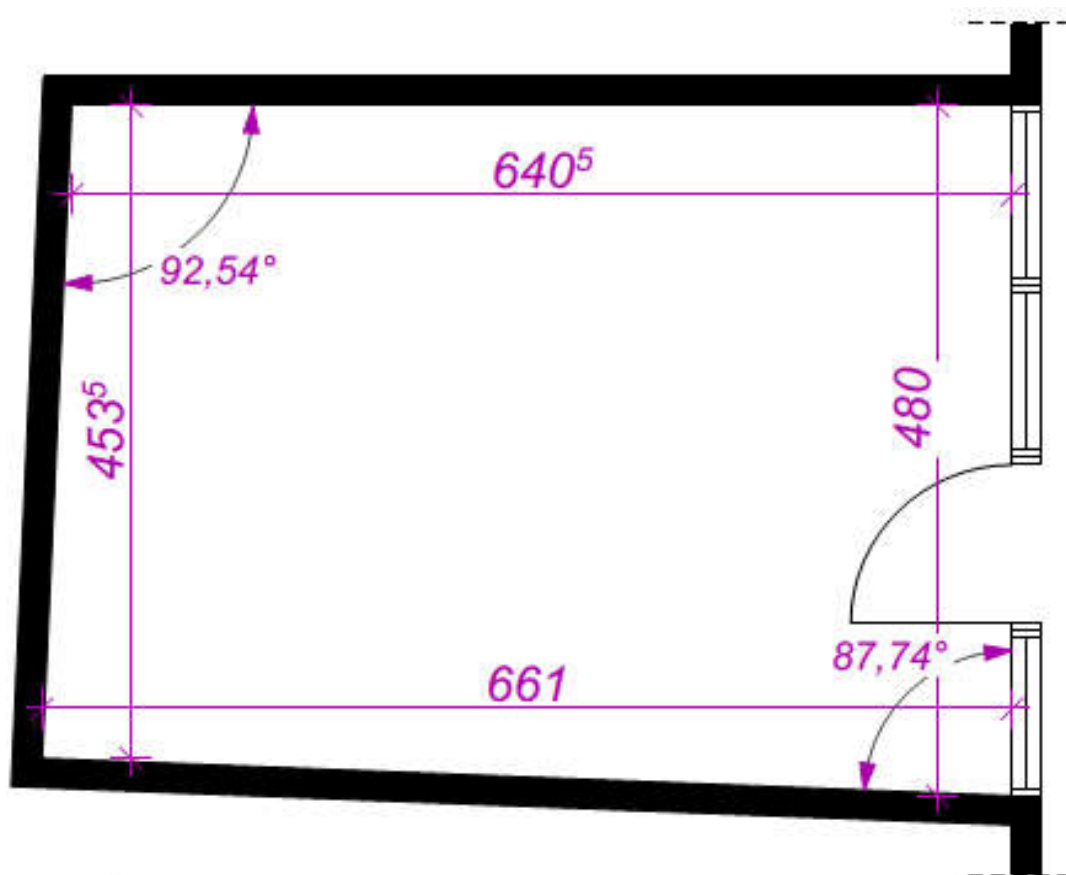
Tabela 46. Analiza i ocena jakości akustycznej sali prób małych zespołów muzycznych B.4.

## SALA PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH B.5

### INFORMACJE OGÓLNE:

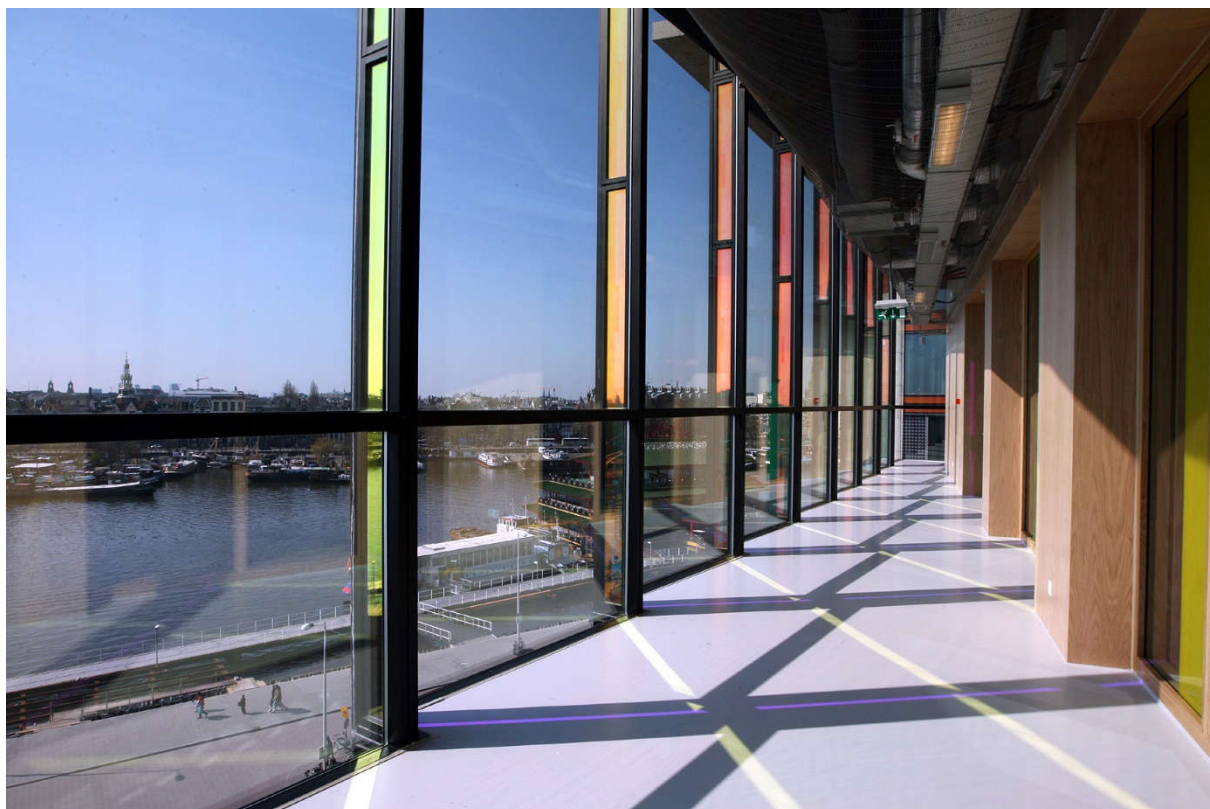
nazwa szkoły / uczelni	Conservatorium van Amsterdam / Amsterdam Conservatory of Music
lokalizacja	Amsterdam, Holandia
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba Conservatorium van Amsterdam.
okres realizacji	2005 - 2008
architekt	de Architecten Cie., Frits van Dongen

Tabela 47. Sala prób małych zespołów muzycznych B.5 – informacje ogólne.

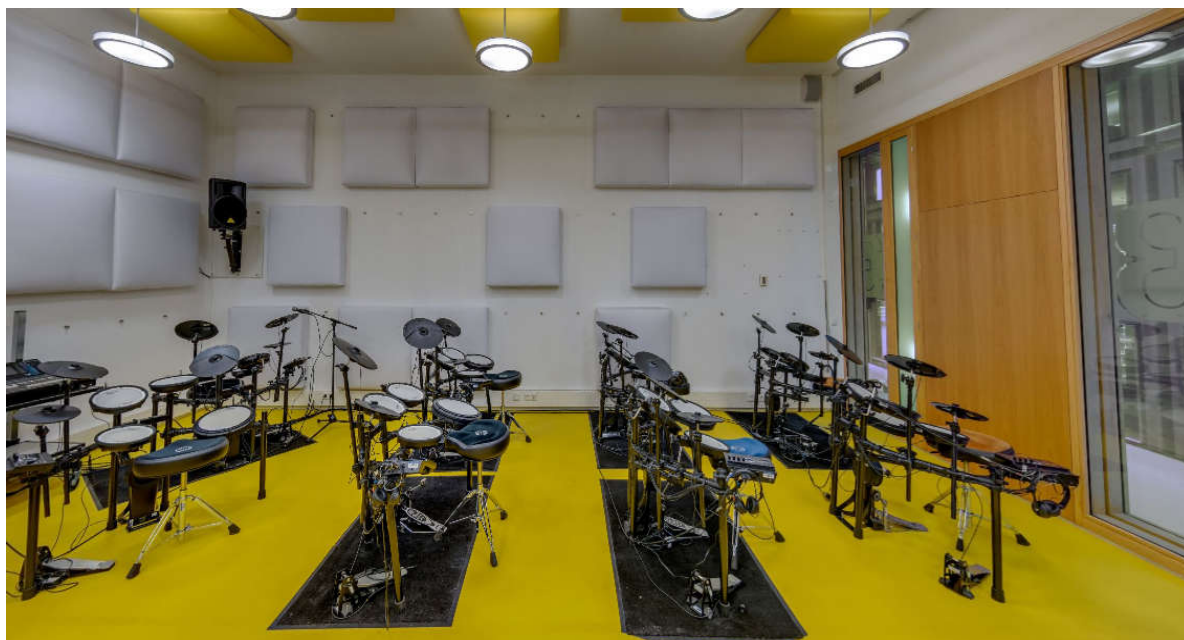


Ilustracja 68. Sala prób małych zespołów muzycznych w Conservatorium van Amsterdam - rzut sali.  
[opracowanie: autorka, na podstawie rzutu udostępnionego przez Heringa (2009)]





Ilustracja 69. Conservatorium van Amsterdam – korytarz przy salach prób małych zespołów muzycznych.  
[<https://rienksbouwmanagement.nl/project/conservatorium-amsterdam/>, dostęp: styczeń 2022]



Ilustracja 70. Conservatorium van Amsterdam – sala prób małych zespołów muzycznych.  
[[www.conservatoriumvanamsterdam.nl](http://www.conservatoriumvanamsterdam.nl), dostęp: maj 2021]



<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
Lokalizację budynku szkoły muzycznej Conservatorium van Amsterdam oceniono pozytywnie pod względem łatwości dostępu. Uzasadnienie analogiczne jak opisie sali prób indywidualnych A6.		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>przeciętna</b>
Analizowana sala prób znajduje się na trzecim piętrze jedenasto-kondygnacyjnego budynku szkoły (w tym dwie kondygnacje podziemne). Jest znacznie oddalona od głównego wejścia i stref komunikacji pionowej. Sąsiaduje z pomieszczeniami o tym samym przeznaczeniu. Wszystkie sale prób odsunięto od elewacji budynku, projektując wzdłuż przegród zewnętrznych korytarze. Ograniczyło to nasłonecznienie pomieszczeń. Pomimo przeszklonej fasady obiektu, konieczne jest korzystanie ze światła sztucznego również w trakcie dnia.		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
Wnętrze analizowanej sali prób małych zespołów muzycznych oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Jakość zastosowanych materiałów uznano za zadowalającą. Brak jest zbędnych elementów dekoracyjnych mogących rozpraszać użytkowników. Elementem obniżającym ocenę jest zastosowana kolorystyka - zestawienie bieli z intensywną żółcią na posadzce i absorberach zamontowanych na suficie. Może to negatywnie wpływać na muzyków korzystających z sali prób. Zastosowana kolorystyka jest celowym zabiegiem architektonicznym.		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 30,30 m <sup>2</sup> . Według przyjętej skali ocen dla sal małych zespołów muzycznych, jest to powierzchnia <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi 3,50 m. Mieści się to w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii i ekonomii.		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie czworokąta nieforemnego. Wymiary i proporcje rzutu dają wiele możliwości aranżacji wnętrza i dostosowania go do potrzeb użytkowników.		

Tabela 48. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób małych zespołów muzycznych B.5.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>negatywna (bardzo głośna)</b>
Lokalizację budynku Conservatorium van Amsterdam oceniono jako bardzo głośną ze względu na najbliższe otoczenie. Uzasadnienie analogiczne jak opisie sali prób A.6.		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
Sale prób małych zespołów muzycznych sąsiadują ze sobą bezpośrednio. Brak jest stref buforowych, przedsionków. Zastosowano konstrukcję <i>box-in-box</i> , która skutecznie eliminuje ryzyko przenoszenia dźwięków z pomieszczeń sąsiednich i utrudnianie użytkowania danej sali. Kolejnym pozytywnym zabiegiem architektonicznym jest odsunięcie wszystkich sal prób od elewacji zewnętrznej poprzez zlokalizowanie wzdłuż niej korytarzy. Poprawia to izolację akustyczną od dźwięków pochodzących z zewnątrz budynku.		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
Na ścianach oraz suficie zastosowano liczne panele pochłaniające dźwięk o wymiarach 90 x 90 x 15 cm. Absorbery składają się z kilku warstw różnego rodzaju wełny mineralnej oraz warstwy folii, której zadaniem jest pochłanianie dźwięków w niskich częstotliwościach [Heringa (2009)]. Panele oceniono jako bardzo efektywne, jednak są one zamontowane na stałe, więc brak jest możliwości zmiany czasu pogłosu w analizowanej sali prób.		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Kubatura pomieszczenia wynosi 106 m <sup>3</sup> . Mieści się to w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii audytywnej.		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi 3,50 m. Jest to dolna granica rekomendowanego przedziału wartości według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
Analizę proporcji sali prób przeprowadzono biorąc pod uwagę średnią szerokość pomieszczenia równą 4,67 m oraz średnią długość pomieszczenia równą 6,51 m. Stosunek szerokości do wysokości (W/H) wynosi 1,33; czyli został spełniony pierwszy warunek zarówno oceny <i>pozytywnej</i> jak i <i>przeciętnej</i> ( $W/H \geq 1,1$ ). Stosunek długości do szerokości pomieszczenia (L/W) wynosi 1,39; co mieści się w przedziale warunkującym ocenę <i>pozytywną</i> według przyjętej skali ocen. Proporcje sali prób oceniono pozytywnie.		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych</i>	<b>pozytywna</b>
Salę prób zaprojektowano na rzucie czworokąta nierównobocznego. Każde przeciwległe sobie ściany są odchylone względem siebie o około 2,5 stopnia. Według dostępnej literatury jest to odchylenie zbyt małe aby efektywnie przeciwdziałało zjawisku echa trzepoczącego (wymagany kąt odchylenia to minimum 5 stopni). Jednak liczne panele pochłaniające dźwięk zamontowane na ścianach i suficie, mogą skutecznie zminimalizować to zjawisko. Brak płaszczyzn zakrzywionych mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.		

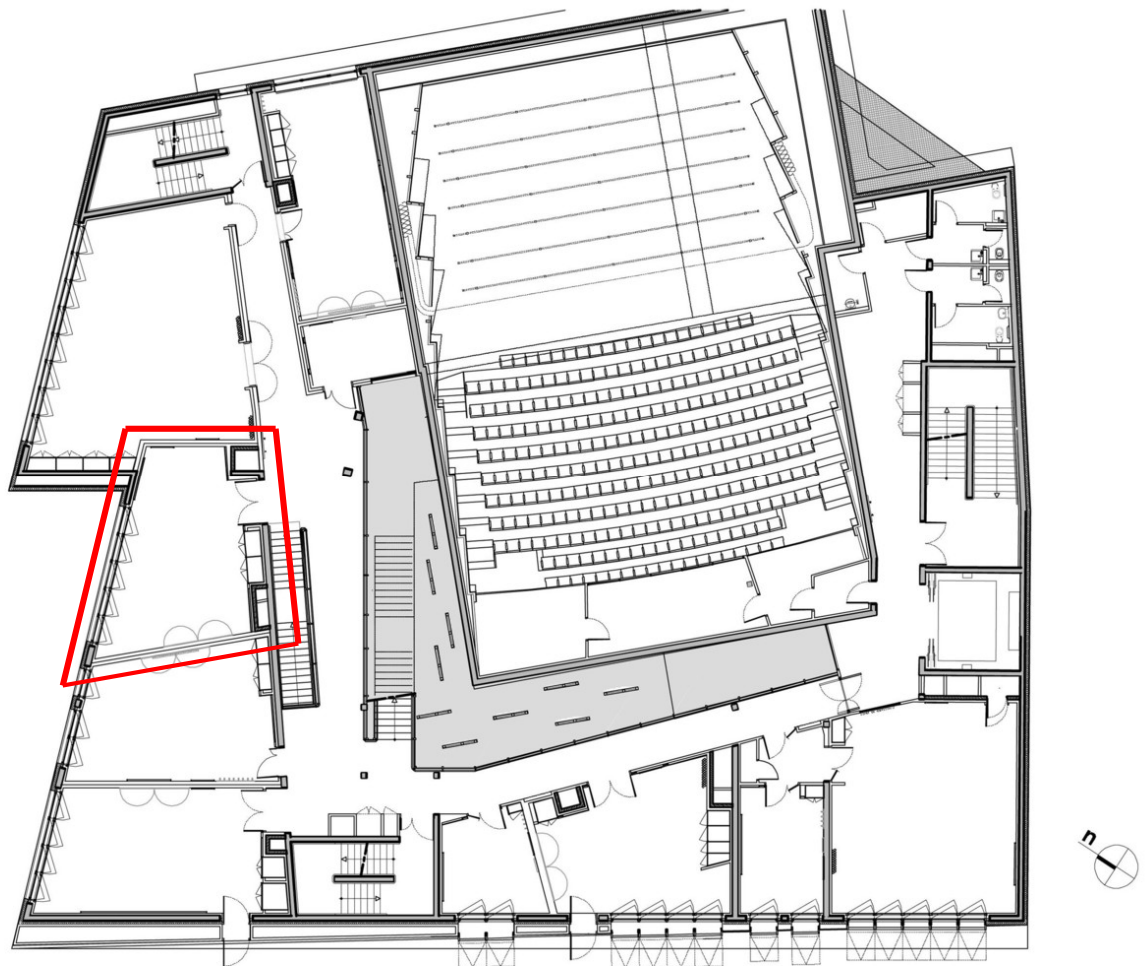
Tabela 49. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób małych zespołów muzycznych B.5.

## SALA PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH B.6

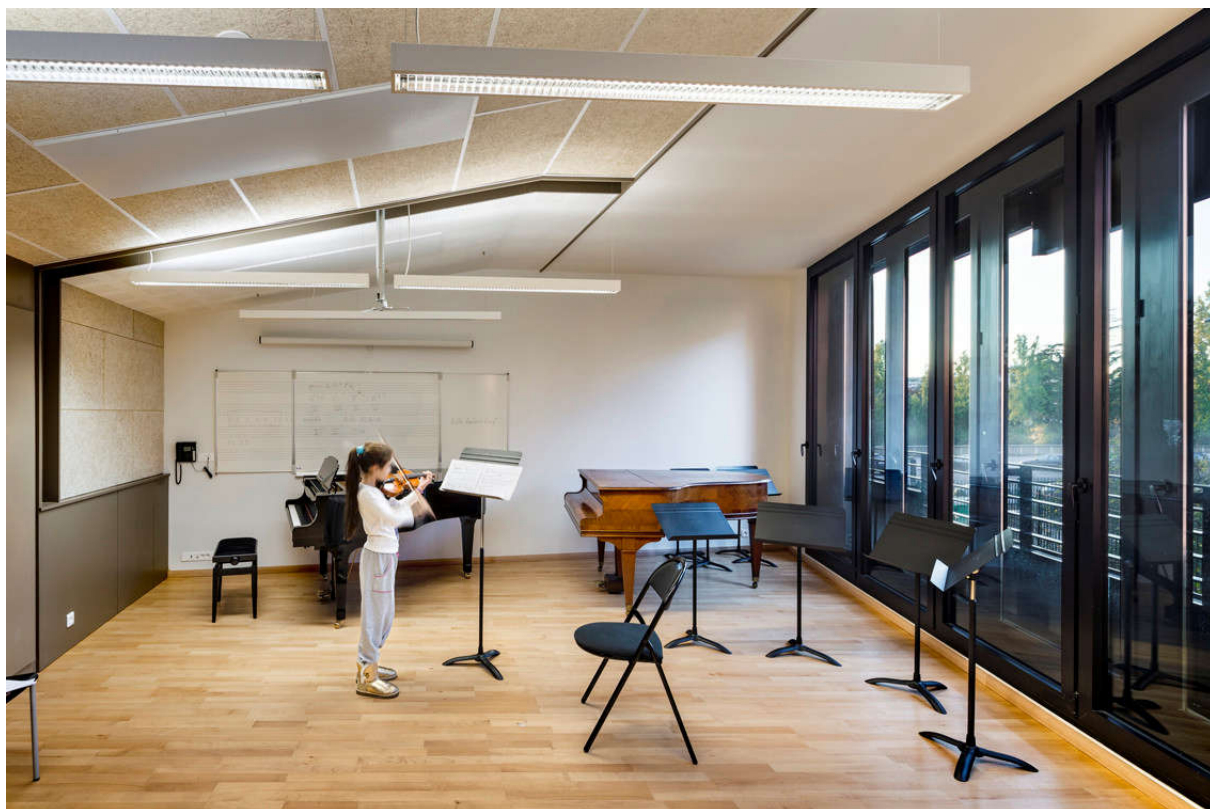
### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Conservatoire de Paris / Music Conservatory in Paris
lokalizacja	Paryż, Francja
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba Conservatoire de Paris.
okres realizacji	2011-2013
architekt	Basalt Architecture

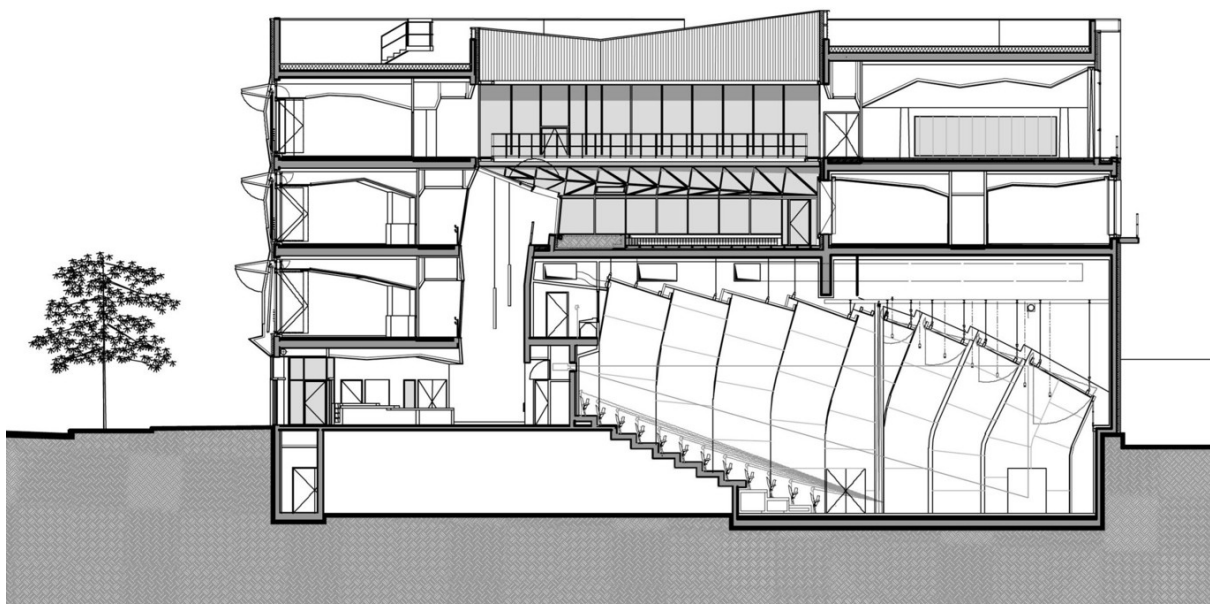
Tabela 50. Sala prób małych zespołów muzycznych B.6 – informacje ogólne.



Ilustracja 71. Conservatoire de Paris – rzut pierwszego piętra z zaznaczoną salą prób małych zespołów muzycznych. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018]



Ilustracja 72. Conservatoire de Paris – sala prób małych zespołów muzycznych.  
[www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. Sergio Grazia]



Ilustracja 73. Conservatoire de Paris – przekrój przez budynek szkoły.  
[www.archdaily.com, dostęp: maj 2018]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Budynek szkoły muzycznej znajduje się przy Rue de Courcelles, tuż przy Boulevard Peripherique. Bezpośrednio sąsiaduje z Europejskim Centrum Judaizmu oraz szkolnym centrum sportowym. Lokalizację budynku Conservatoire de Paris oceniono pozytywnie pod względem łatwości dostępu. Ze względu na lokalizację blisko centrum, w mocno zurbanizowanej części miasta, możliwy jest dostęp komunikacją autobusową. Dostęp komunikacją indywidualną jest utrudniony ze względu na małą ilość pobliskich miejsc postojowych. Najbliższe otoczenie zapewnia zaplecze gastronomiczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób znajduje się na pierwszym piętrze pięcio-kondygnacyjnego budynku szkoły (w tym jedna kondygnacja podziemna). Sąsiaduje z salami o tym samym przeznaczeniu. Sala zlokalizowana jest blisko wejścia głównego do budynku, tuż przy klatce schodowej. Ułatwia to dostęp do pomieszczenia. W przypadku dużych instrumentów muzycznych, istnieje możliwość skorzystania z windy. Północna ściana sali jest niemal całkowicie przeszklona, co zapewnia dostęp światła naturalnego podczas użytkowania pomieszczenia. Wnękę zabudowano szafkami, tworząc magazyn małe instrumenty muzyczne.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
<p>Wnętrze analizowanej sali prób małych zespołów muzycznych oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Jakość zastosowanych materiałów uznano za zadowalającą. Posadzkę wykończono panelami podłogowymi. Część ścian i sufitu wykończono kremowymi panelami pochłaniającymi dźwięk. Zastosowano czarną stolarkę okienną. Oświetlenie sztuczne stanowią tradycyjne świetlówki, co może być niekomfortowe przy długim użytkowaniu sali po zmroku.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 46,0 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal małych zespołów muzycznych, jest to powierzchnia <i>zbyt duża</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia jest zmienna. Połowa sali ma wysokość 3,09 m. W pozostałej części wysokość zmniejsza się do 2,26 m. Średnia wysokość pomieszczenia wynosi 2,88 m. Mieści się to w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii i ekonomii.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie wieloboku nieforemnego. Wymiary i proporcje rzutu dają wiele możliwości aranżacji wnętrza i dostosowania go do potrzeb użytkowników.</p>		

Tabela 51. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób małych zespołów muzycznych B.6.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>negatywna (bardzo głośna)</b>
<p>Lokalizację budynku szkoły muzycznej Conservatoire de Paris oceniono jako bardzo głośną. Według mapy akustycznej miasta Paryża<sup>97</sup> najbliższe otoczenie budynku charakteryzuje się długookresowy poziomem hałasu o wartości przekraczającej <math>L_{DWN} = 70</math> dB(A) przy elewacji budynku. Tuż przy szkole biegną ulice o wysokim natężeniu ruchu kołowego – Rue de Courcelles i Boulevard de Reims. Najwięcej hałasu generuje pobliski Boulevard Peripherique – słynna obwodnica Paryża. Mimo, iż w tej lokalizacji przechodzi ona w tunel, to może generować tuż przy elewacji budynku szkoły hałas przekraczający 70 dB(A). Dodatkowo, budynek graniczy z osiedlowym placem zabaw od strony północnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób sąsiaduje bezpośrednio z dwoma pomieszczeniami o tym samym przeznaczeniu. Graniczy również z dwoma pionami instalacyjnymi, które mogą generować hałas uciążliwy dla użytkowników sali prób. Zastosowana na całym obwodzie pomieszczenia konstrukcja <i>box – in – box</i> może skutecznie ograniczyć słyszalność dźwięków z sąsiednich sal i pionów instalacyjnych. Dlatego analizowaną salę oceniono pozytywnie.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
<p>Na ścianach oraz suficie zastosowano liczne panele pochłaniające dźwięk o różnych wymiarach. Są one zamontowane na stałe. Brak jest ruchomych elementów pozwalających na modyfikację czasu pogłosu we wnętrzu.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Kubatura pomieszczenia wynosi 132,6 m<sup>3</sup>. Mieści się to w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>zbyt mała</b>
<p>Wysokość pomieszczenia jest zmienna. Połowa sali ma wysokość 3,09 m. W pozostałej części wysokość zmniejsza się do 2,26 m. Średnia wysokość pomieszczenia wynosi 2,88 m. Każda z tych wartości jest poniżej dolnej granicy rekomendowanego przedziału wartości. Wysokość oceniono jako <i>zbyt małą</i> według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii audytywnej.</p>		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analiza wymiarów sali prób wykazała, że szerokość pomieszczenia zwiększa się o ponad 50% na całej długości sali. Wyznaczenie średniej szerokości pomieszczenia jest bezcelowe, ponieważ jej zmienność jest zbyt duża. Taki kształt pomieszczenia znacznie odbiega od prostopadłościennego. Zgodnie w przyjętymi kryteriami, pomieszczenie ocenia się pozytywnie.</p>		

<sup>97</sup> <https://carto.bruitparif.fr/> [dostęp: maj 2021]

<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Salę prób zaprojektowano na rzucie wieloboku nieforemnego. Przeciwległe ściany są od siebie odchylone o 9,5 stopnia oraz 17,5 stopnia. Są to odchylenia o wiele większe niż zakładane minimum, czyli 5 stopni. Odchylenie zastosowano również w części sufitu. Układ ścian oraz przegród poziomych eliminuje ryzyko niepożądanego efektu echa trzepoczącego. Brak płaszczyzn zakrzywionych mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.</p>		

Tabela 52. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób małych zespołów muzycznych B.6.



## 4.4. Sale prób dużych zespołów muzycznych – analiza i klasyfikacja.

### SALA PRÓB DUŻYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH C.1

#### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Hochschule fur Musik / University of Music
lokalizacja	Karlsruhe, Niemcy
rodzaj inwestycji	Campus One - nowy kampus University of Music, składający się z zabytkowego pałacu, odbudowanego w latach 70/80-tych oraz nowych budynków edukacyjnych z salami prób i salami koncertowymi.
okres realizacji	2011 - 2013
architekt	Architekturbüro Ruser & Partner

Tabela 53. Sala prób dużych zespołów muzycznych C.1 – informacje ogólne.

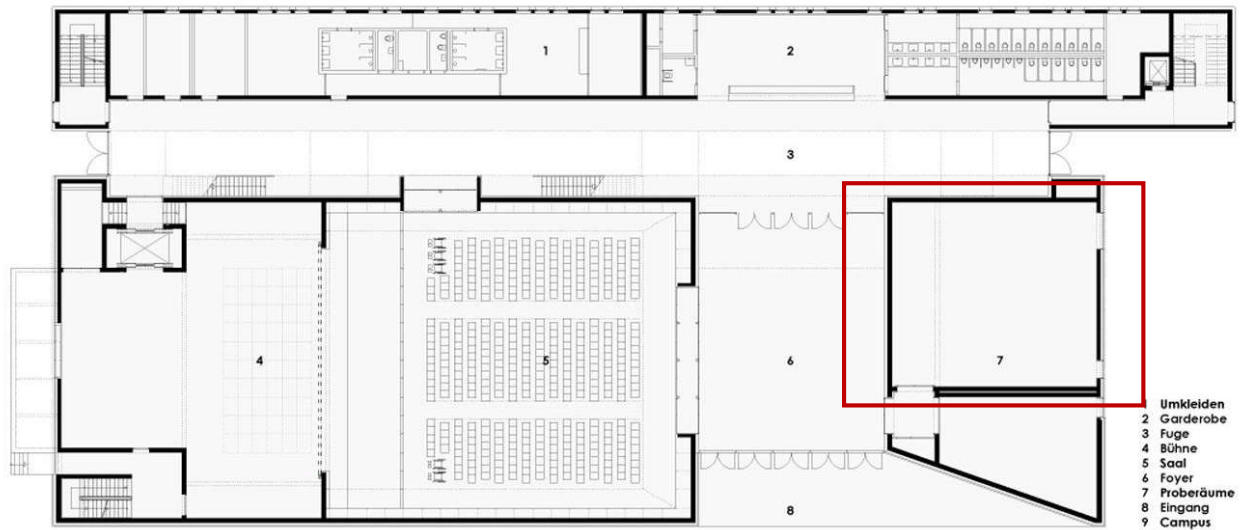


Ilustracja 74. Campus One, Karlsruhe - sala prób dużych zespołów muzycznych.  
[źródło: [D5] - Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]





Ilustracja 75. Campus One, Karlsruhe - bryła budynku Multimedia Complex.  
 [www.jung.de, dostęp: maj 2018]



Ilustracja 76. Campus One, Karlsruhe - rzut przyziemia budynku Multimedia Complex.  
 [www.jung.de, dostęp: maj 2018]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
<p>Analizowana sala prób zlokalizowana jest w budynku Multimedia Complex, wchodzącego w skład Campus One w Karlsruhe. Lokalizację kampusu charakteryzuje bliskość centrum miasta, dostęp komunikacją autobusową oraz bliskość dworca kolejowego. Lokalizację oceniono pozytywnie ze względu na ułatwiony dostęp.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>przeciętna</b>
<p>Analizowaną salę prób grupowych zlokalizowano na parterze, tuż przy wejściu głównym do budynku Multimedia Complex. Do sali prób prowadzi dodatkowy przedsionek oddzielający ją od głównego holu. Zastosowano drzwi dwuskrzydłowe zarówno do przedsionka, jak i do sali prób. Wszystkie te zabiegi ułatwiają dostęp do pomieszczenia nawet z dużym instrumentem. Ocenę sali obniża brak okien, przez co użytkownicy są zmuszeni do korzystania ze światła sztucznego niezależnie od pory dnia.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
<p>Wnętrze analizowanej sali prób oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Jakość użytych materiałów wykończeniowych jest zadowalająca. Wnętrze cechuje prostota i minimalizm, brak elementów rozpraszających uwagę użytkowników. Ocenę obniża zastosowana kolorystyka – ciemnoszare i czarne barwy w połączeniu z brakiem światła naturalnego mogą niekorzystnie oddziaływać na muzyków podczas prób.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 165,90 m<sup>2</sup>. Według przyjętej skali ocen dla sal dużych zespołów muzycznych, jest to powierzchnia mieszcząca się w przedziale wartości rekomendowanych ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
<p>Wysokość pomieszczenia wynosi 6,40 m, z miejscowym obniżeniem do 2,70 m przy wejściu do sali. Wartość 6,40 m mieści się w przedziale wartości rekomendowanych według przyjętej skali ocen. Miejscowe obniżenie wysokości pominięto ze względu na znikomy wpływ na funkcjonalność pomieszczenia.</p>		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
<p>Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie prostokąta o wymiarach 12,25 m x 13,54 m. Kształt, wymiary i proporcje sali prób dają wiele możliwości aranżacji i wykorzystania wnętrza.</p>		

Tabela 54. Analiza i ocena jakości architektonicznej sali prób dużych zespołów muzycznych C.1.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>przeciętna (głośna)</b>
Lokalizację Campus One oceniono jako <i>głośną</i> . Uzasadnienie oceny analogiczne jak w przypadku sali indywidualnej A.5.		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
Analizowana sala prób grupowych zlokalizowana jest na parterze, tuż przy wejściu głównym do budynku. Sąsiaduje bezpośrednio z holem głównym oraz inną salą prób. Między analizowaną salą prób a pozostałymi pomieszczeniami zastosowano podwójne ściany zwiększające izolacyjność akustyczną. Zastosowano również dodatkowy przedsionek przed wejściem do pomieszczenia, który izoluje strefę drzwi sali prób od dźwięków dochodzących z holu głównego. Kolejnym pozytywnym rozwiązaniem architektonicznym, który wpływa na izolacyjność akustyczną pomieszczenia jest odseparowanie sali prób od sali koncertowej holem głównym i zastosowanie podwójnych przegród.		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
Możliwa jest szeroka modyfikacja długości czasu pogłosu dzięki zamontowanym kotarom pochłaniającym dźwięk, zawieszonym na dwóch sąsiednich ścianach pomieszczenia.		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Kubatura pomieszczenia wynosi 940 m <sup>3</sup> . Według przyjętej skali ocen dla sal dużych zespołów muzycznych, jest to kubatura mieszcząca się w przedziale wartości rekomendowanych ze względu na ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi 6,40 m i mieści się w przedziale rekomendowanych wartości według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>nie ocenia się</b>
Kubatura sali prób wynosi powyżej 300 m <sup>3</sup> . Metoda falowa stosowana w analizie pola akustycznego pomieszczenia jest obciążona dużym błędem i nie należy jej stosować. Analizowanej sali prób nie poddaje się ocenie ze względu na proporcje wymiarów.		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
Salę prób zaprojektowano na rzucie prostokąta (prawie kwadratu), przekrytego dachem płaskim. Przeciwległe ściany są do siebie równoległe, jednak na dwóch sąsiednich przegrodach zastosowano wysokie na całe pomieszczenie kotary, które zapobiegają powstaniu echa trzepoczącego. Istnieje ryzyko wystąpienia echa trzepoczącego na linii podłoga – sufit, jednak można przyjąć, że widoczna konstrukcja dachu oraz liczne instalacje oświetleniowe w jakimś stopniu przeciwdziałają temu zjawisku. Brak przegród zakrzywionych, mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.		

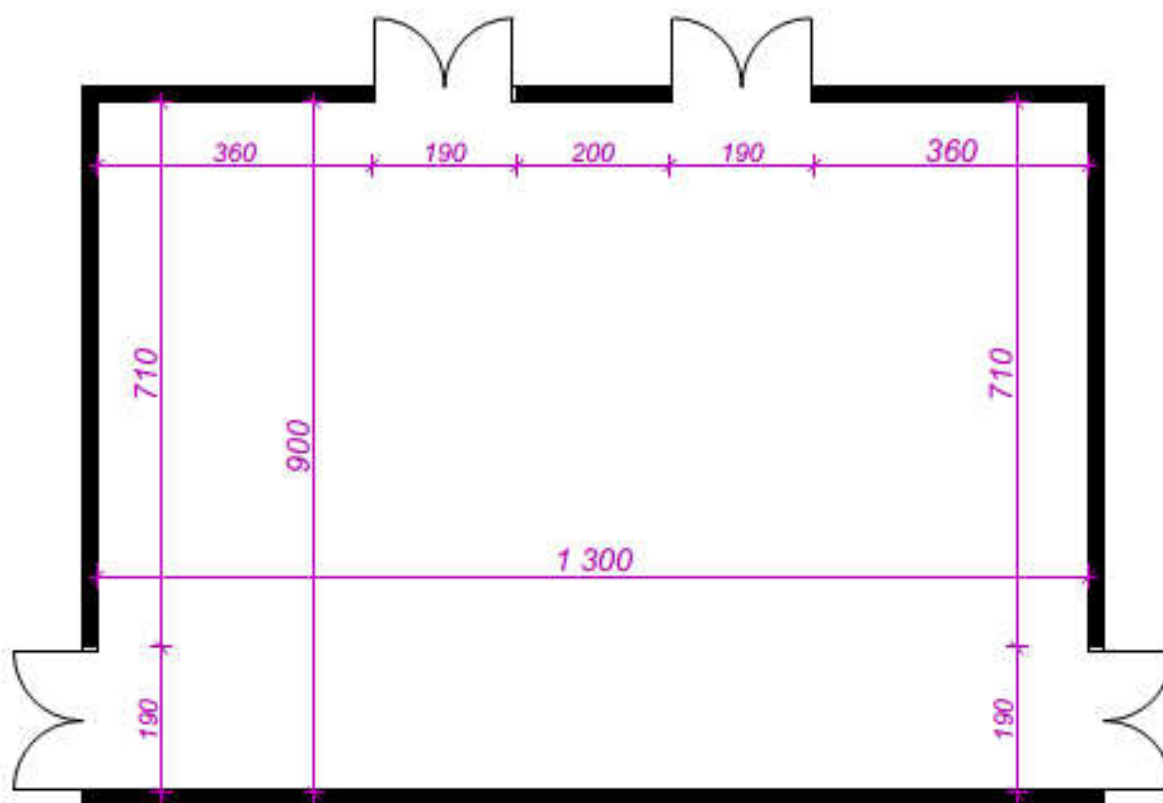
Tabela 55. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób dużych zespołów muzycznych C.1.

## SALA PRÓB DUŻYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH C.2

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Conservatorium van Amsterdam / Amsterdam Conservatory of Music
lokalizacja	Amsterdam, Holandia
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba Conservatorium van Amsterdam.
okres realizacji	2005 - 2008
architekt	de Architecten Cie., Frits van Dongen

Tabela 56. Sala prób dużych zespołów muzycznych C.2 – informacje ogólne.



Ilustracja 77. Ensemble - sala prób dużych zespołów muzycznych w Conservatorium van Amsterdam - rzut sali.  
[opracowanie: autorka, na podstawie danych udostępnionych przez Heringa (2009)]



Ilustracja 78. Conservatorium van Amsterdam, Ensemble – sala prób dużych zespołów muzycznych.  
[[www.conservatoriumvanamsterdam.nl](http://www.conservatoriumvanamsterdam.nl), dostęp: maj 2021]



Ilustracja 79. Conservatorium van Amsterdam, Ensemble – sala prób dużych zespołów muzycznych.  
[[www.conservatoriumvanamsterdam.nl](http://www.conservatoriumvanamsterdam.nl), dostęp: maj 2021]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
Lokalizację budynku szkoły muzycznej Conservatorium van Amsterdam oceniono pozytywnie pod względem łatwości dostępu. Uzasadnienie analogiczne jak opisie sali prób indywidualnych A6.		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>przeciętna</b>
Analizowana sala prób Ensemble znajduje się na parterze jedenasto-kondygnacyjnego budynku szkoły (w tym dwie kondygnacje podziemne). Sąsiaduje z salą prób teatralnych Theatre. Jest nieznacznie oddalona od głównego wejścia. Podobnie jak pozostałe sale prób jest ona odsunięta od elewacji budynku. Ograniczyło to nasłonecznienie pomieszczeń. Pomimo zastosowania dwóch sporych przeszkleń, konieczne jest korzystanie ze światła sztucznego również w trakcie dnia.		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>przeciętna (przeciętna atrakcyjność)</b>
Wnętrze analizowanej sali prób dużych zespołów muzycznych oceniono jako przeciętnie atrakcyjne. Jakość zastosowanych materiałów uznano średnio zadowolającą. Kolejnym elementem obniżającym ocenę jest zastosowana kolorystyka - zestawienie bieli z intensywnym kolorem niebieskim ściennych i sufitowych absorberów. Może to negatywnie wpływać na muzyków korzystających z sali prób (zastosowana kolorystyka jest celowym zabiegiem architektonicznym). Brak jest zbędnych elementów dekoracyjnych mogących rozpraszać użytkowników.		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 117 m <sup>2</sup> . Według przyjętej skali ocen dla sal dużych zespołów muzycznych, jest to powierzchnia <i>rekomendowana</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi 6,0 m. Mieści się to w rekomendowanym przedziale wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii tradycyjnej.		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie prostokąta o wymiarach 13,0 m x 9,0 m. Wymiary i proporcje rzutu dają wiele możliwości aranżacji wnętrza i dostosowania go do potrzeb użytkowników.		

Tabela 57. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób dużych zespołów muzycznych C.2.



<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>negatywna (bardzo głośna)</b>
Lokalizację budynku szkoły muzycznej Conservatorium van Amsterdam oceniono jako <i>bardzo głośną</i> ze względu na najbliższe otoczenie. Uzasadnienie analogiczne jak opisie sali prób indywidualnych A6.		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
Analizowana sala prób Ensemble sąsiaduje bezpośrednio z salą prób teatralnych Theatre. Zastosowano konstrukcję <i>box-in-box</i> , która skutecznie eliminuje ryzyko przenoszenia dźwięków z sąsiedniej sali prób oraz korytarzy. Kolejnym pozytywnym zabiegiem architektonicznym jest odsunięcie sali prób od elewacji zewnętrznej poprzez zlokalizowanie wzdłuż niej korytarzy. Poprawia to izolacyjność akustyczną od dźwięków pochodzących z zewnątrz budynku.		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>przeciętna (ograniczona elastyczności)</b>
Na ścianach oraz suficie zastosowano liczne panele pochłaniające dźwięk o różnych wymiarach. Absorbery składają się z kilku warstw różnego rodzaju wełny mineralnej oraz warstwy folii, której zadaniem jest pochłanianie dźwięków w niskich częstotliwościach [Heringa (2009)]. Panele oceniono jako bardzo efektywne, jednak są one zamontowane na stałe. Jedynym elementem pozwalającym na zmianę czasu pogłosu w bardzo ograniczonym zakresie, są kotary zamontowane wzdłuż dwóch okien.		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Kubatura pomieszczenia wynosi 702 m <sup>3</sup> . Według przyjętej skali ocen dla sal dużych zespołów muzycznych, jest to kubatura mieszcząca się w przedziale wartości rekomendowanych ze względu na ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi 6,0 m i mieści się w przedziale rekomendowanych wartości według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną.		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>nie ocenia się</b>
Kubatura sali prób wynosi powyżej 300 m <sup>3</sup> . Metoda falowa stosowana w analizie pola akustycznego pomieszczenia jest obciążona dużym błędem i nie należy jej stosować. Analizowanej sali prób nie poddaje się ocenie ze względu na proporcje wymiarów.		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych</i>	<b>pozytywna</b>
Salę prób zaprojektowano na rzucie prostokąta o wymiarach 13,0 m x 9,0 m. Brak jest odchylenia przeciwnych ścian względem siebie, jednak liczne panele pochłaniające dźwięk zamontowane na ścianach i suficie skutecznie minimalizują niepożądane zjawisko echa trzepoczącego. Brak płaszczyzn zakrzywionych mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.		

Tabela 58. Analiza i ocena jakości akustycznej sali prób dużych zespołów muzycznych C.2.

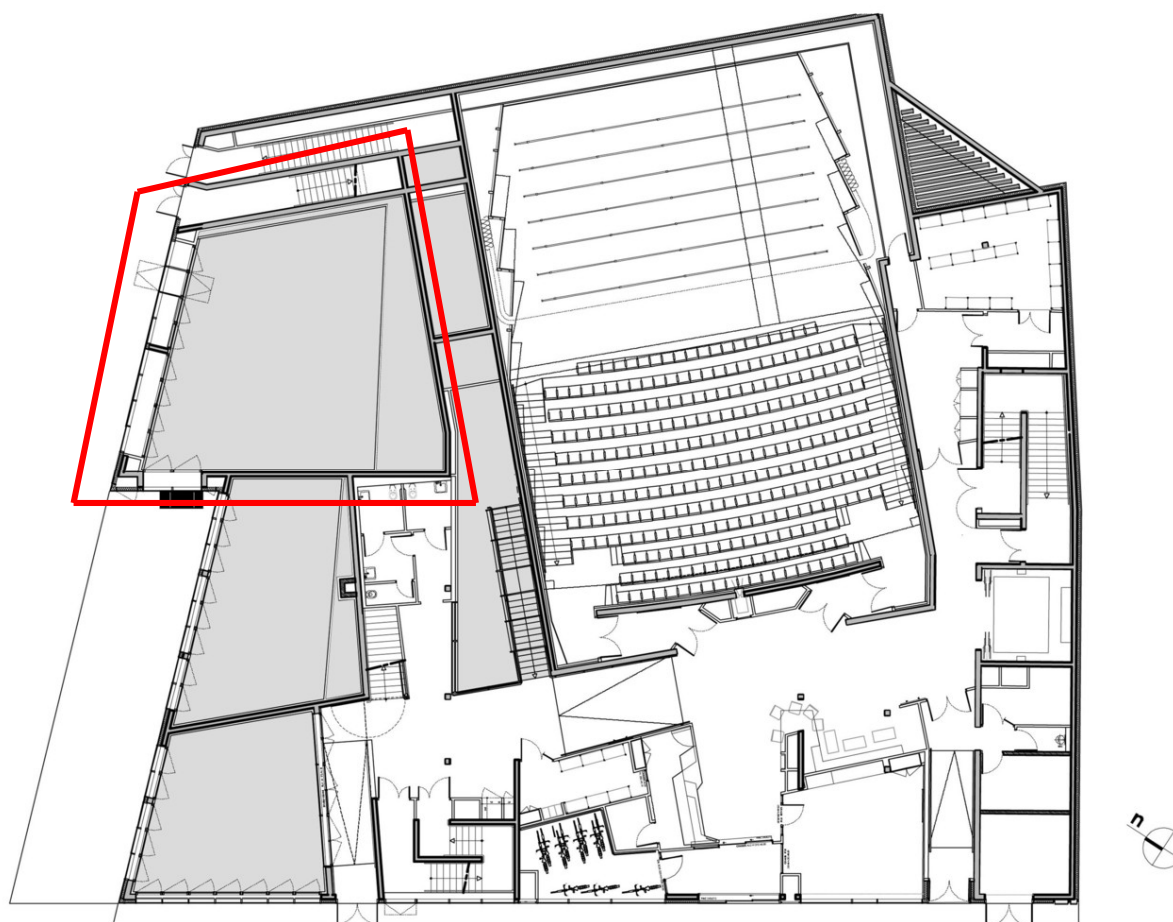


## SALA PRÓB DUŻYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH C.3

### INFORMACJE OGÓLNE:

nazwa szkoły / uczelni	Conservatoire de Paris / Music Conservatory in Paris
lokalizacja	Paryż, Francja
rodzaj inwestycji	Nowa siedziba Conservatoire de Paris.
okres realizacji	2011-2013
architekt	Basalt Architecture

Tabela 59. Sala prób dużych zespołów muzycznych C.3 – informacje ogólne.



Ilustracja 80. Conservatoire de Paris – rzut parteru z zaznaczoną salą prób dużych zespołów muzycznych.  
[www.archdaily.com, dostęp: maj 2018]



Ilustracja 81. Conservatoire de Paris – widok na północną i zachodnią elewację budynku szkoły.  
[www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. Sergio Grazia]



Ilustracja 82. Conservatoire de Paris – sala prób dużych zespołów muzycznych.  
[www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. Sergio Grazia]

<b>KRYTERIUM 1.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem łatwości dostępu do budynku.</i>	<b>pozytywna</b>
Lokalizację budynku szkoły muzycznej Conservatoire de Paris oceniono pozytywnie pod względem łatwości dostępu. Uzasadnienie analogiczne jak opisie sali prób B6.		
<b>KRYTERIUM 1.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na dostępność i nasłonecznienie wnętrza.</i>	<b>przeciętna</b>
Analizowaną salę prób zlokalizowano w podziemnej części pięcio-kondygnacyjnego budynku szkoły. Sala jest wysoka na dwie kondygnacje - swoją kubaturą zajmuje również poziom parteru. Sąsiaduje z salami o tym samym przeznaczeniu. Sala znajduje się blisko wejścia głównego do budynku, tuż przy klatce schodowej. Ułatwia to dostęp do pomieszczenia. W przypadku dużych instrumentów muzycznych, istnieje możliwość skorzystania z windy. Ze względu na lokalizację z podziemi, możliwe było zastosowanie okien jedynie w wyższych partiach pomieszczenia. Ogranicza to dostęp światła naturalnego.		
<b>KRYTERIUM 1.3</b>	<i>Ocena sali prób pod względem atrakcyjności i estetyki wnętrza.</i>	<b>pozytywna (wysoka atrakcyjność)</b>
Wnętrze analizowanej sali prób dużych zespołów muzycznych oceniono jako atrakcyjne. Jakość zastosowanych materiałów uznano za zadowalającą. Posadzkę wykończono panelami podłogowymi. Ściany oraz sufit wykończono białym kolorem, z którym kontrastują ciemno-szare panele dyfuzyjne. W tej samej ciemnej kolorystyce zaprojektowano stolarkę drzwiową. Zastosowano kontrastującą ze ścianami czarną stolarkę okienną. Brak jest zbędnych elementów dekoracyjnych mogących rozpraszać użytkowników.		
<b>KRYTERIUM 1.4</b>	<i>Ocena wielkości powierzchni użytkowej sali pod względem ergonomii.</i>	<b>rekomendowana</b>
Powierzchnia analizowanej sali prób wynosi 145,2 m <sup>2</sup> . Według przyjętej skali ocen dla sal dużych zespołów muzycznych, jest to powierzchnia <i>rekomendowana</i> ze względów ergonomicznych i ekonomicznych.		
<b>KRYTERIUM 1.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii.</i>	<b>zbyt duża</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi ok. 7,5 m. Jest to powyżej przedziału rekomendowanych wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii i ekonomii. Pominięto miejscowe zmniejszenie wysokości w części wejściowej sali, ponieważ nie wpłynęło to na ocenę.		
<b>KRYTERIUM 1.6</b>	<i>Ocena kształtu i proporcji sali prób ze względu na elastyczność wykorzystania wnętrza.</i>	<b>pozytywna (szeroka elastyczność)</b>
Pomieszczenie zaprojektowano na rzucie wieloboku nieforemnego. Wymiary i proporcje rzutu dają wiele możliwości aranżacji wnętrza i dostosowania go do potrzeb użytkowników.		

Tabela 60. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób dużych zespołów muzycznych C.3.

<b>KRYTERIUM 2.1</b>	<i>Ocena lokalizacji obiektu edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia.</i>	<b>negatywna (bardzo głośna)</b>
Lokalizację budynku szkoły muzycznej Conservatoire de Paris oceniono jako bardzo głośną ze względu na najbliższe otoczenie. Uzasadnienie analogiczne jak opisie sali prób indywidualnych B6.		
<b>KRYTERIUM 2.2</b>	<i>Ocena lokalizacji sali prób w bryle budynku ze względu na głośność i przeznaczenie bezpośrednio sąsiadujących pomieszczeń.</i>	<b>pozytywna</b>
Analizowana sala prób sąsiaduje bezpośrednio z salą o tym samym przeznaczeniu oraz z częścią komunikacyjną budynku, która oddziela ją od sali koncertowej i tym samym ogranicza przenikanie dźwięków między salami. Kolejnym pozytywnym zabiegiem architektonicznym jest zastosowanie na całym obwodzie sali prób konstrukcji typu <i>box-in-box</i> , która skutecznie blokuje przechodzenie dźwięków do pomieszczenia z sąsiedniej sali prób oraz z korytarzy.		
<b>KRYTERIUM 2.3</b>	<i>Ocena poziomu elastyczności warunków akustycznych we wnętrzu.</i>	<b>negatywna (brak elastyczności)</b>
W dolnych partiach ścian zastosowano panele dyfuzyjne. Brak jest ruchomych elementów pochłaniających dźwięk, które umożliwiałyby zmianę czasu pogłosu.		
<b>KRYTERIUM 2.4</b>	<i>Ocena wielkości kubatury sali pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Kubatura pomieszczenia wynosi ok. 860 m <sup>3</sup> . Jest to powyżej minimalnej rekomendowanej wartości według przyjętej skali ocen z uwzględnieniem ergonomii audytywnej.		
<b>KRYTERIUM 2.5</b>	<i>Ocena wysokości pomieszczenia pod względem ergonomii audytywnej.</i>	<b>rekomendowana</b>
Wysokość pomieszczenia wynosi ok. 7,5 m. Jest to powyżej dolnej granicy rekomendowanego przedziału wartości według przyjętej skali ocen uwzględniającej ergonomię audytywną. Pominięto miejscowe zmniejszenie wysokości w części wejściowej sali, ponieważ nie wpłynęło to na ocenę.		
<b>KRYTERIUM 2.6</b>	<i>Ocena proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną wnętrza.</i>	<b>nie ocenia się</b>
Kubatura sali prób wynosi powyżej 300 m <sup>3</sup> . Metoda falowa stosowana w analizie pola akustycznego pomieszczenia jest obciążona dużym błędem i nie należy jej stosować. Analizowanej sali prób nie poddaje się ocenie ze względu na proporcje wymiarów.		
<b>KRYTERIUM 2.7</b>	<i>Ocena kształtu przegród ograniczających salę ze względu na jakość akustyczną wnętrza i występowanie niekorzystnych zjawisk akustycznych.</i>	<b>pozytywna</b>
Salę prób zaprojektowano na rzucie wieloboku nieforemnego. Przeciwnieległe ściany są od siebie odchylone o 9,5 stopnia oraz 23,5 stopnia. Są to odchylenia o wiele większe niż zakładane minimum, czyli 5 stopni. Sufit podzielono na pasy, a każdy z nich odchylono o różny kąt w stosunku do poziomu posadzki. Układ ścian oraz sufitu eliminuje ryzyko niepożądanego efektu echa trzepoczącego. Brak płaszczyzn zakrzywionych mogących wywołać ogniskowanie dźwięku.		

Tabela 61. Analiza i ocena jakości akustycznej sali prób dużych zespołów muzycznych C.3.

## 4.5. Podsumowanie możliwości kształtowania sal prób muzycznych i ich klasyfikacji.

Przeprowadzona analiza i klasyfikacji piętnastu wybranych sal prób muzycznych pozwoliła sformułować następujące wnioski:

1. Wszystkie analizowane budynki szkół muzycznych, poza Music House of the Einsiedeln Abbey School (Szwajcaria), charakteryzują się łatwą dostępnością do obiektu (kryterium 1.1). Lokalizacja obiektów pod względem głośności najbliższego otoczenia jest bardzo zróżnicowana: od cichych do bardzo głośnych (kryterium 2.1). Jednak nie należy traktować tej oceny jako bezwzględne kryterium, ponieważ rozwiązaniem problemu przenikania hałasu z zewnątrz jest zastosowanie przegród zewnętrznych z lepszą izolacją akustyczną lub odsunięcie „wrażliwych” pomieszczeń jakimi są sale prób muzycznych do elewacji budynku i zastosowanie stref buforowych w postaci korytarzy – przykładem jest budynek Conservatorium van Amsterdam (Holandia). Zaproponowane rozwiązania wiążą się z większym budżetem inwestycji, a w przypadku rozwiązania drugiego – z ograniczonym dostępem światła naturalnego do odsuniętych od elewacji pomieszczeń. Brak jest widocznego powiązania oceny lokalizacji obiektu pod względem architektonicznym i akustycznym. Możliwe jest zapewnienie zarówno ułatwionego dostępu do budynku szkoły muzycznej, jak i zapewnienie otoczenia, które nie generuje hałasu – przykładem jest Zespół Państwowych Szkół Muzycznych im. M. Karłowicza w Krakowie oraz Zespół Szkół Muzycznych im. I. Paderewskiego w Białymstoku.
2. Ocena lokalizacji sal w bryle budynku wykazała, że dostępność do sal prób indywidualnych oraz sal prób małych zespołów muzycznych w większości analizowanych przypadków jest ułatwiona poprzez zapewnienie dodatkowych stref wejściowych wyposażonych w klatki schodowe i windy, a stopień doświetlenia pomieszczeń jest zadowalający. Wyjątek stanowią sale prób zlokalizowane w Conservatorium van Amsterdam (Holandia). Utrudniony dostęp do tych sal wynika z wielkości budynku, w którym są zlokalizowane – obiekt 11-kondygnacyjny, natomiast ograniczone nasłonecznienie pomieszczeń to wynik zabiegu architektonicznego polegającego na odsunięciu od elewacji budynku sal prób muzycznych, w celu zapewnienia lepszej izolacyjności akustycznej. Lokalizację sal prób dużych zespołów muzycznych oceniono jako przeciętną. Ma to związek z większą kubaturą sal przeznaczonych na próby dużych grup muzycznych i problematycznymi lokalizacjami tych sal np. w kondygnacji podziemnej (sala prób w Conservatoire de Paris), co ogranicza dostęp światła naturalnego. Oceny lokalizacji sal prób w bryle budynku pod względem akustycznym są zróżnicowane (kryterium 2.2). Przeważają oceny pozytywne (osiem sal z piętnastu), które w większości wynikają z zastosowania konstrukcji ścian typu *box – in – box*, uważanej za bardzo efektywne rozwiązanie pod względem

izolacyjności akustycznej. Stosowanie stref buforowych między salami prób lub przedsionków oddzielających sale od korytarzy, jest rzadkością.

3. Większość analizowanych sal prób muzycznych charakteryzuje się przeciętną atrakcyjnością wnętrza (kryterium 1.3). Jedynie pomieszczenia w Music House of the Einsiedeln Abbey School (Szwajcaria) oraz salę prób dużych zespołów muzycznych w Conservatoire de Paris oceniono jako wysoce atrakcyjne. Wynika to z prostoty i minimalizmu jakimi charakteryzują się wysoko ocenione sale prób. Zastosowanie jasnej kolorystyki (odcienie bieli), drewnianych paneli podłogowych, ciekawych opraw oświetleniowych oraz ograniczenie dekoracji ściennych jedynie do kotar i paneli pochłaniających dźwięk, przekłada się na wysoką estetykę wnętrza, która sprzyja koncentracji muzyków i prawidłowemu funkcjonowaniu sali prób. Wyniki oceny estetyki wykończenia wnętrz analizowanych pomieszczeń stoją w opozycji z oczekiwaniami użytkowników sal prób muzycznych – dla 58% ankietowanych kwestia estetyki sali prób jest *istotna* lub *bardzo istotna* (Załącznik 3).
4. Jedynie trzy sale prób z piętnastu analizowanych pomieszczeń charakteryzują się szeroką elastycznością zmiany czasu pogłosu we wnętrzu (kryterium 2.3). Pozostałe sale prób mają tę możliwość w ograniczonym zakresie (cztery sale) – nie zadowalającym wszystkich użytkowników pomieszczenia lub tej możliwości nie posiadają (osiem sal). Oznacza to, że większość sal nie spełnia wymagań użytkowników - zmienną akustykę preferuje 43,7% ankietowanych muzyków, a możliwość samodzielnej regulacji akustyki sali jest *istotna* lub *bardzo istotna* dla 58,2% użytkowników sal prób muzycznych (Załącznik 3).
5. Przeprowadzona analiza sal wykazała, że powierzchnie sal prób indywidualnych oraz sal prób małych zespołów muzycznych są w większości zbyt duże ze względów ergonomicznych i ekonomicznych. Natomiast ocena jakości akustycznej dowodzi, że te same pomieszczenia charakteryzują się kubaturą w rekomendowanym zakresie wartości we względu na ergonomię audytywną. Z kolei pomieszczenia, których powierzchnie są wielkościami rekomendowanymi ze względów ergonomicznych i ekonomicznych, są oceniane jako zbyt małe po uwzględnieniu wymogów ergonomii audytywnej. Dotyczy to głównie sal prób indywidualnych, które są zbyt małe kubaturowo. Stąd można wysnuć następujące wnioski:
  - Rekomendowana kubatura sal prób muzycznych w ocenie jakości akustycznej oznacza zbyt dużą powierzchnię pomieszczeń w ocenie jakości architektonicznej.
  - Rekomendowana powierzchnia sal prób w ocenie jakości architektonicznej oznacza zbyt małą kubaturę pomieszczeń w ocenie jakości akustycznej.
  - Główny problem stanowią sale prób indywidualnych, których połowa charakteryzuje się zbyt małą kubaturą.



6. Większość analizowanych sal prób indywidualnych charakteryzuje się rekomendowaną wysokością zarówno w ocenie jakości architektonicznej jak i akustycznej. Oznacza to, że wymogi jakie są stawiane tym salom ze względów tradycyjnej ergonomii i ergonomii audytywnej pokrywają się. Różnice są widoczne w ocenie wysokości sal prób małych zespołów muzycznych. Sale, które oceniono jako pomieszczenia o wysokości rekomendowanej ze względu na ergonomię tradycyjną, okazały się zbyt niskie pod względem ergonomii audytywnej, mimo iż ich kubatura mieści się w zalecanym przedziale wartości. Wysokości sal prób dużych zespołów muzycznych zostały ocenione jako rekomendowane zarówno w przypadku oceny jakości architektonicznej, jak i jakości akustycznej. Stąd można wysnuć następujące wnioski:

- Wymogi stawiane salom prób indywidualnych oraz salom prób dużych zespołów muzycznych dotyczące ich wysokości, w ocenie jakości architektonicznej i akustycznej pokrywają się. Nie ma konieczności wprowadzania zmian.
- Analizowane sale prób małych zespołów muzycznych charakteryzują się zbyt małą wysokością ze względu na jakość akustyczną. Równocześnie spełniają one wymogi wysokości pomieszczenia związane z jakością architektoniczną. Konieczne jest zwiększenie wymaganej wysokości tych pomieszczeń w ocenie jakości architektonicznej, aby wymóg pokrywał się z rekomendowanym zakresem wysokości w ocenie jakości akustycznej.

7. Sale prób indywidualnych, ze względu na swoją małą powierzchnię, charakteryzują się ograniczoną elastycznością wykorzystania wnętrza lub jej zupełnym brakiem. Sale prób małych oraz dużych zespołów muzycznych zostały ocenione jako pomieszczenia o szerokiej elastyczności wykorzystania wnętrza. Wynika to z ich powierzchni użytkowych, które oceniono jako *zbyt duże* według oceny jakości architektonicznej.

8. Ocenie proporcji wymiarów pomieszczenia ze względu na jakość akustyczną (kryterium 2.6) poddano jedenaście sal (z piętnastu), których kubatura nie przekraczała 300 m<sup>3</sup>. Jedynie pięć analizowanych sal otrzymało pozytywną ocenę. Trzy z nich to sale, których kształt uznano za odbiegający od prostopadłościennego, dlatego oceniono go pozytywnie. Taki kształt uzyskano w ramach adaptacji akustycznej sali prób małych zespołów muzycznych w krakowskiej szkole muzycznej oraz w dwóch analizowanych salach Conservatoire de Paris. W przypadku sal szkoły paryskiej efekt ten uzyskano poprzez odchylenie od siebie przeciwległych ścian oraz zastosowanie sufitu podwieszanego pod różnymi kątami nachylenia. Dodatkowo pozwoliło to na zmniejszenie ryzyka wystąpienia niepożądanego efektu echa trzepocącego. Adaptacja sali w szkole krakowskiej miała na celu zlikwidowanie niekorzystnego zjawiska ogniskowania dźwięku. Przy okazji uzyskano wnętrze o kształcie odbiegającym od prostopadłościennego. Oznacza to, że jedynie dwie sale prostopadłościenne charakteryzują się proporcjami, które zapewniają współczynnik FSI  $\leq 1,75$ . W przypadku pięciu sal prostopadłościennych ocenionych negatywnie, główny problem



stanowi wysokość sal prób, która często jest równa szerokości pomieszczenia. Problem ten pojawia się najczęściej w przypadku sal prób indywidualnych.

9. Ocena kształtu przegród ograniczających sale prób (kryterium 2.7) wykazała, że 67% analizowanych pomieszczeń zostało zaprojektowanych poprawnie (ocena pozytywna), w sposób eliminujący ryzyko występowania niepożądanych zjawisk akustycznych. W salach prób ocenionych pozytywnie zaprojektowano odchylenia przeciwległych ścian o minimum 5 stopni lub, w przypadku przegród do siebie równoległych, zastosowano na jednej z nich elementy pochłaniające dźwięk, co skutecznie zredukowało szkodliwe zjawisko echa trzepoczącego. W analizowanych salach prób nie zastosowano zakrzywionych przegród ograniczających kubaturę, które mogłyby generować niekorzystne zjawisko ogniskowania dźwięku – wyjątek stanowi analizowana sala prób małych zespołów mieszcząca się w krakowskiej szkole muzycznej zaprojektowana na planie koła, jednak została ona poddana analizie po przeprowadzeniu udanej adaptacji akustycznej, która wyeliminowała ogniskowanie dźwięku.

Wyniki przeprowadzonej analizy i klasyfikacji sal prób muzycznych oraz wyniki ankiety rozpowszechnionej wśród użytkowników sal prób muzycznych (Załącznik 3) pozwoliły na zdefiniowanie głównych problemów tego typu pomieszczeń.

Główne problemy zidentyfikowane w trakcie przeprowadzonej oceny analizowanych sal prób muzycznych:

- I. Zbyt mała kubatura pomieszczenia - dotyczy szczególnie sal prób indywidualnych<sup>98</sup>.
- II. Zbyt mała wysokość pomieszczenia – dotyczy szczególnie sal prób małych zespołów muzycznych.
- III. Proporcje wymiarów sal prób muzycznych wpływają niekorzystnie na rozkład modów w pomieszczeniu – dotyczy głównie sal prób indywidualnych, których wysokość jest równa szerokości pomieszczenia.
- IV. Stały czas pogłosu w sali prób, brak możliwości jego zmiany w łatwy i szybki dla użytkownika sposób.
- V. Brak elastyczności wykorzystania wnętrza – dotyczy sal prób indywidualnych i ma bezpośredni związek ze zbyt małą powierzchnią tych pomieszczeń.
- VI. Przeciętna atrakcyjność wnętrza.

---

<sup>98</sup> W ramach oceny jakości akustycznej sal prób muzycznych, sprawdzono kubatury pomieszczeń. W przypadku sal prób indywidualnych połowa z nich okazała się zbyt małą kubaturowo, ale jednocześnie spełnione zostały warunki wysokości pomieszczenia. Stąd nasuwa się wniosek, iż główny problem stanowią zbyt małe powierzchnie sal prób indywidualnych, które w efekcie dają zbyt małe kubatury.



## Rozdział V

### **Analiza wpływu wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych na poziom komfortu akustycznego w salach prób muzycznych.**

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizy wpływu wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu sal prób muzycznych. Poprzez pojęcie komfortu akustycznego we wnętrzu autorka rozumie obiektywne parametry akustyczne jak głośność na poziomie bezpiecznym dla słuchu użytkowników pomieszczenia, preferowany przez muzyków czas pogłosu w sali oraz brak negatywnych zjawisk akustycznych jak koloryzacja dźwięku o niskich częstotliwościach. Wymienione cechy są parametrami mierzalnymi i jednocześnie mają wpływ na subiektywny odbiór pomieszczenia, rozumiany jako poczucie przestrzenności i intymności dźwięku. Badania ograniczono do analizy wpływu następujących parametrów funkcjonalno-przestrzennych: kształt wnętrza, rozumiany jako proporcje wysokości, szerokości i długości pomieszczenia, sposób wykończenia przegród ograniczających wnętrze oraz kubatura sali prób.

Analizę podzielono na dwie części. Pierwsza dotyczy wpływu proporcji sali prób na rozkład modów w pomieszczeniu, który odpowiada za koloryzację dźwięku. Druga część to analiza wpływu kubatury sali prób oraz sposobu wykończenia przegród ograniczających wnętrze na głośność dźwięku w pomieszczeniu.

## 5.1. Wpływ kształtu sali prób na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu.

Przeprowadzona w Rozdziale IV niniejszej pracy analiza możliwości kształtowania sal prób muzycznych wykazała, że projektowane sale prób indywidualnych oraz sale prób małych zespołów muzycznych są pomieszczeniami akustycznie małymi, czyli ich kubatura nie przekracza  $300 \text{ m}^3$ <sup>99</sup> (jedeny wyjątek stanowi sala prób małych zespołów w Music House of the Einsiedeln Abbey School). Oznacza to, że w tych pomieszczeniach istotną rolę odgrywa rozkład tzw. „modów” pomieszczenia, który odpowiada za niepożądaną koloryzację dźwięków o niskich częstotliwościach. Celem poniższej analizy jest sprawdzenie wpływu proporcji pomieszczenia na rozkład drgań własnych.

Analizę rozpoczęto od wyznaczenia kryteriów. W literaturze naukowej<sup>100</sup> opisano kilka sposobów wyznaczenia rozkładu modów, który zapewniałby najbardziej gładką odpowiedź częstotliwościową.<sup>101</sup> Jednak w dalszym stopniu, niezależnie od przyjętej metody, brak jest wyraźnej granicy między poprawnym rozkładem drgań własnych, a nieodpowiednim. Na podstawie dostępnej literatury naukowej oraz własnych analiz, autorka podaje w wątpliwość możliwość wyznaczenia takiej granicy. Podobne podejście zdaje się towarzyszyć badaniom Rindel’a (2021), który, wykorzystując metodę współczynnika FSI, w sposób arbitralny wyznaczył jego dopuszczalną wartość.<sup>102</sup> Brak jest badań in situ, na podstawie których można byłoby jednoznacznie określić granicę między rozkładem modów wpływającym odczuwalnie na odstęp dźwięku w pomieszczeniu, rozkładem wpływającym akceptowalnie na odstęp dźwięku a rozkładem drgań własnych nieodczuwanym przez ucho ludzkie. Z tego powodu autorka postanowiła oprzeć swoją analizę na dwóch podstawowych kryteriach:

1. Należy unikać nakładania się modów, co oznacza, że różnica częstotliwościowa między dwoma sąsiednimi modami powinna być różna od zero.
2. Różnice częstotliwościowe między kolejnymi modami powinny być jak najbardziej zbliżone do siebie.<sup>103</sup>

---

<sup>99</sup> Zgodnie z literaturą przytoczoną w pkt. 2.3.4. (Rozdział II).

<sup>100</sup> pkt. 2.3.4. (Rozdział II)

<sup>101</sup> Odpowiedź częstotliwościowa, to zależność poziomu dźwięku od częstotliwości. Gładka odpowiedź częstotliwościowa oznacza brak gwałtownych skoków poziomu dźwięku (zarówno wzmocnienia, jak i osłabienia dźwięku) w paśmie częstotliwości. Za skoki poziomu dźwięku w niskich częstotliwościach odpowiadają mody in. drgania własne pomieszczenia. Im bardziej równomierny rozkład modów w pomieszczeniu, tym skoki poziomu dźwięku w niskich częstotliwościach są mniej odczuwalne w odstęchu.

<sup>102</sup> Według Rindel’a (2021) należy dążyć do najniższej możliwej wartości współczynnika FSI, czyli około 1,33. Dla pomieszczeń, w których dźwięk gra istotną rolę, dopuszcza FSI równe lub poniżej 1,75. Dla pozostałych pomieszczeń FSI powinno być mniejsze niż 2,0.

<sup>103</sup> Równe odległości częstotliwościowe między kolejnymi modami oznaczałyby, że wykres zależności numeru modu od jego częstotliwości przyjmowałby postać funkcji liniowej rosnącej. Według Rindel’a (2020) jest to ideał, do którego należy dążyć. Wówczas współczynnik FSI wynosiłby 1,0. W rzeczywistości jest to niemożliwe do osiągnięcia, ponieważ wraz ze wzrostem częstotliwości „zagęszczenie” modów zwiększa się, a odległość częstotliwościowa między nimi maleje. Według autorki należy przyjąć, że równomierny rozkład modów dąży do funkcji logarytmicznej, a nie liniowej.

Dostępna literatura naukowa nie precyzuje dopuszczalnego zakresu różnic częstotliwościowych między modami, jak również dopuszczalnej ilości modów nałożonych na siebie. Dlatego celem poniższej analizy nie jest wyznaczenie zalecanych proporcji sal prób muzycznych, a zbadanie korelacji między rozkładem modów a proporcjami sali prób poprzez porównanie ze sobą pomieszczeń o różnych proporcjach. Autorka uznała metodę graficzną (wykresy) jako najlepszą w celu pokazania różnic i podobieństw między rozkładami modów analizowanych pomieszczeń.

Analizę przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Microsoft Excel 2021, który został wykorzystany do wygenerowania częstotliwości 25-ciu pierwszych modów oraz różnic częstotliwościowych między nimi w zależności od wymiarów pomieszczenia.

Obliczenia wykonano w trzech następujących krokach:

1. Obliczono częstotliwość 301 modów o najmniejszych liczbach modalnych, na podstawie wzoru<sup>104</sup>:

$$f_i = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{W}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{H}\right)^2}$$

gdzie:

$f_i$  – częstotliwość i-tego modu;

$c$  – prędkość dźwięku; przyjęto  $c = 344$  m/s (dla temp. 21°C);

$n_x, n_y, n_z$  – liczby modalne, które tworzą kod charakterystyczny dla danego modu;<sup>105</sup>

$L, W, H$  – wymiary pomieszczenia [m];

2. Spośród 301 obliczonych modów wybrano 25 pierwszych modów<sup>106</sup>, czyli modów o najniższych częstotliwościach.
3. Obliczono różnice między kolejnymi modami, otrzymując 24 różnice częstotliwościowe.

Analizę wpływu proporcji na komfort akustyczny we wnętrzu rozpoczęto od porównania ze sobą dwóch skrajnych przypadków wymienionych w dostępnej literaturze naukowej. Jest to pomieszczenie sześciennie o proporcjach 1:1:1, według literatury bardzo niekorzystne, oraz pomieszczenie o najlepszych proporcjach (1:1,2:1,45) według Meissner'a (2018) i Rindel'a (2020, 2021). Założono sale prób o kształcie prostopadłościennym, o wymiarach przedstawionych w Tabeli 62. Dodatkowo obliczono współczynnik FSI dla analizowanych pomieszczeń według wzoru Rindel'a (2020).

<sup>104</sup> Wzór pozwala na obliczenie częstotliwości kolejnych modów w pomieszczeniu, przy założeniu pomieszczenia prostopadłościennego o wymiarach  $L \times W \times H$  [Beranek (1954), Sepmeyer (1965), Rindel (2020, 2021)].

<sup>105</sup> Liczby modalne  $n_x, n_y, n_z$  przyjmują wartości liczb całkowitych od zera wzwyż, we wszystkich możliwych konfiguracjach np. 0-0-1, 2-0-1 itd. W większości przypadków trzy pierwsze mody pomieszczenia można opisać następującymi liczbami modalnymi: 1-0-0, 0-1-0, 0-0-1, a kolejne: 1-1-0, 1-0-1, 0-1-1 itd., lecz nie jest to regułą. Nie zawsze najniższe liczby modalne oznaczają mody z najniższych częstotliwościach, jest to również zależne od wymiarów pomieszczenia. Dlatego, aby wyznaczyć 25 pierwszych modów, czyli modów o najniższych częstotliwościach, wyliczono 301 modów o najniższych liczbach modalnych, wśród których znajduje się 25 modów o najniższych częstotliwościach.

<sup>106</sup> Do analizy wzięto pod uwagę 25 pierwszych modów, podobnie jak zrobili to Bolt (1946) i Rindel (2020, 2021).

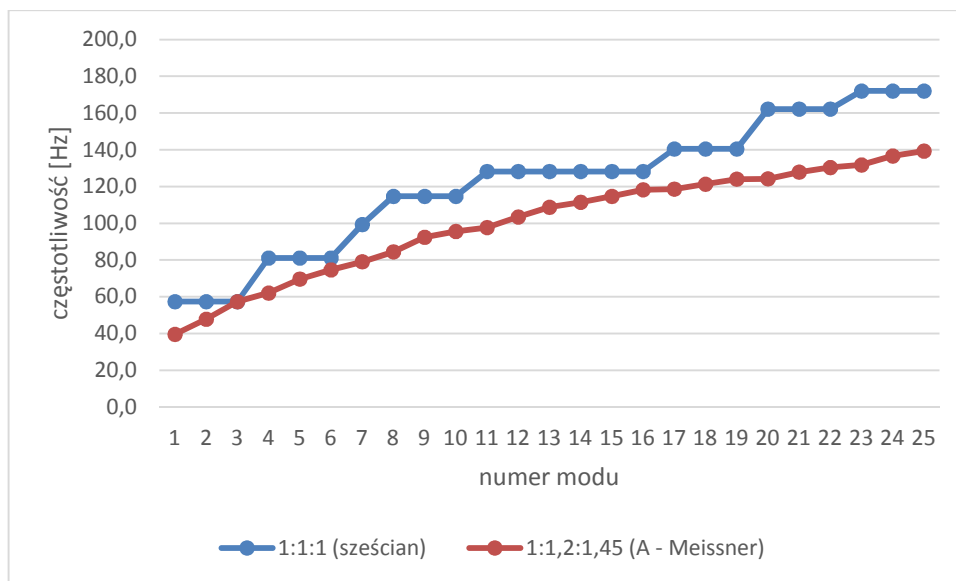
W Tabeli 63 przedstawiono częstotliwości 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między kolejnymi modami dla obu sal prób muzycznych. W przypadku pomieszczenia sześciennego mody wielokrotnie nakładają się np. mody numer 1, 2 i 3 występują w tej samej częstotliwości 57,33 Hz. Oznacza to, że w tej częstotliwości nastąpi niepożądany, gwałtowny skok poziomu dźwięku w sali prób. Podobna sytuacja następuje z kolejnymi modami, które nakładają się w częstotliwościach 81,08 Hz, 114,67 Hz itd. W częstotliwości 128,20 Hz nakładają się aż 6 modów (od modu 11 do 16). Na Wykresie 1 widoczne są charakterystyczne dla nakładania się modów „wypłaszczenia” wykresu – miejsca gdzie funkcja rosnąca przechodzi w funkcję stałą.

nr	proporcje	kształt / nazwa proporcji	H [m]	W [m]	L [m]	kubatura [m <sup>3</sup> ]	FSI
A1	1 : 1 : 1	sześcian	3,0	3,0	3,0	27,0	3,71
A2	1 : 1,2 : 1,45	A-Meissner'a	3,0	3,6	4,35	47,0	1,33

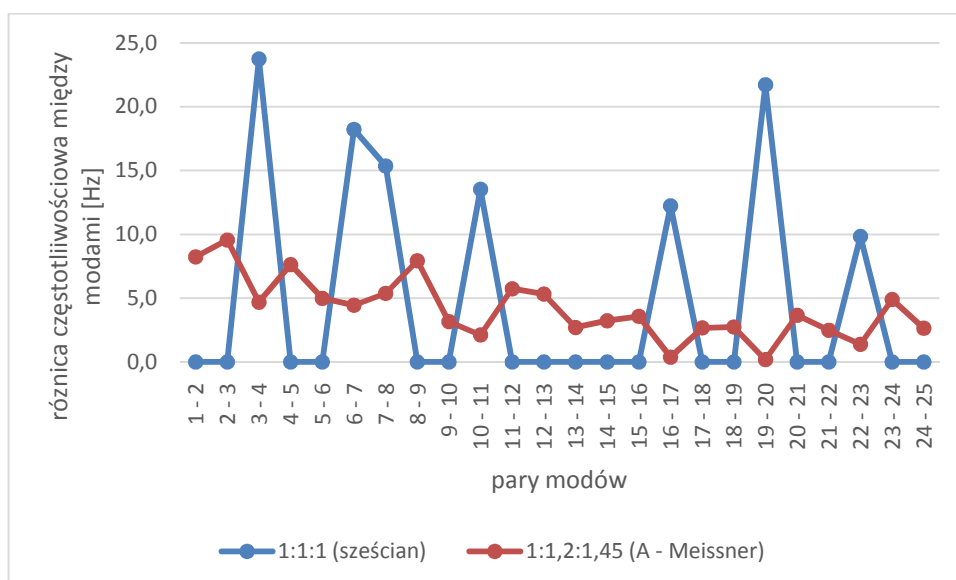
Tabela 62. Dane analizowanego pomieszczenia sześciennego i pomieszczenia o proporcjach A – Meissner’a.

nr modu	Częstotliwości 25 pierwszych modów (sześcian)	Częstotliwości 25 pierwszych modów (A – Meissner)	pary modów	Różnice częstotliw. $f_n - f_{n-1}$ (sześcian)	Różnice częstotliw. $f_n - f_{n-1}$ (A - Meissner)
1	57,33	39,54			
2	57,33	47,78	1 - 2	0,00	8,24
3	57,33	57,33	2 - 3	0,00	9,56
4	81,08	62,02	3 - 4	23,75	4,68
5	81,08	69,65	4 - 5	0,00	7,63
6	81,08	74,63	5 - 6	0,00	4,99
7	99,30	79,08	6 - 7	18,22	4,45
8	114,67	84,46	7 - 8	15,36	5,38
9	114,67	92,39	8 - 9	0,00	7,93
10	114,67	95,56	9 - 10	0,00	3,16
11	128,20	97,68	10 - 11	13,53	2,12
12	128,20	103,41	11 - 12	0,00	5,74
13	128,20	108,74	12 - 13	0,00	5,32
14	128,20	111,44	13 - 14	0,00	2,70
15	128,20	114,67	14 - 15	0,00	3,23
16	128,20	118,24	15 - 16	0,00	3,58
17	140,44	118,62	16 - 17	12,24	0,38
18	140,44	121,29	17 - 18	0,00	2,67
19	140,44	124,03	18 - 19	0,00	2,74
20	162,16	124,22	19 - 20	21,73	0,19
21	162,16	127,88	20 - 21	0,00	3,66
22	162,16	130,36	21 - 22	0,00	2,48
23	172,00	131,75	22 - 23	9,84	1,39
24	172,00	136,64	23 - 24	0,00	4,89
25	172,00	139,29	24 - 25	0,00	2,65

Tabela 63. Mody w pomieszczeniu sześciennym i o proporcjach A – Meissner’a.



Wykres 1. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniu sześciennym oraz w pomieszczeniu o proporcjach A – Meissner'a.



Wykres 2. Różnice częstotliwościowe między 25-ciomą pierwszymi modami w pomieszczeniu sześciennym oraz w pomieszczeniu o proporcjach A – Meissner'a.

Nakładanie się modów dobrze obrazuje również Wykres 2, który przedstawia różnice częstotliwościowe między kolejnymi modami – różnica równa zero oznacza nakładanie się modów. W przypadku pomieszczenia sześciennego występuje siedemnaście par modów, które nakładają się na siebie. Kolejnym negatywnym zjawiskiem są duże różnice częstotliwościowe między grupami nałożonych modów, sięgające ponad 23 Hz dla pary modów 3 – 4 oraz ponad 21 Hz dla pary modów 19 – 20 (Tabela 63, Wykres 2).

Rozkład modów w sali prób o proporcjach A-Meissner'a (1:1,2:1,45) kształtuje się zdecydowanie bardziej korzystnie. Wykres częstotliwości 25-ciu pierwszych modów zbliżony jest kształtem do funkcji logarytmicznej (Wykres 1). Wykres w żadnym miejscu nie



przechodzi w funkcję stałą, co oznacza brak nakładania się modów. Różnice częstotliwościowe są zbliżone do siebie i nie przekraczają 10 Hz (Tabela 63, Wykres 2).

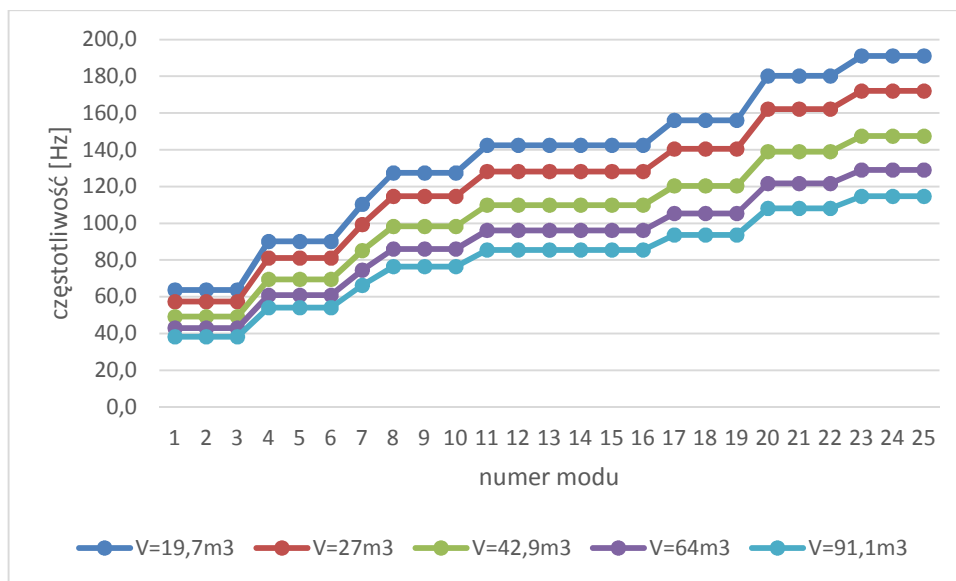
W celu sprawdzenia co wpływa na rozkład modów w sali prób muzycznych – proporcje pomieszczenia, czy jego konkretne wymiary – podobnej analizie poddano kilka sal o proporcjach 1:1:1, ale różnych wymiarach oraz kilka sal o proporcjach A – Meissner'a (1:1,2:1,45), różniących się wymiarami długości, szerokości i wysokości wnętrza. Dane dotyczące analizowanych pomieszczeń przedstawiono w Tabeli 64.<sup>107</sup>

nr	proporcje	kształt / nazwa proporcji	H [m]	W [m]	L [m]	kubatura [m <sup>3</sup> ]	FSI
B1	1 : 1 : 1	sześcian	2,7	2,7	2,7	19,7	3,71
B2	1 : 1 : 1	sześcian	3,0	3,0	3,0	27,0	3,71
B3	1 : 1 : 1	sześcian	3,5	3,5	3,5	42,9	3,71
B4	1 : 1 : 1	sześcian	4,0	4,0	4,0	64,0	3,71
B5	1 : 1 : 1	sześcian	4,5	4,5	4,5	91,1	3,71
C1	1 : 1,2 : 1,45	A-Meissner'a	2,7	3,24	3,915	34,2	1,33
C2	1 : 1,2 : 1,45	A-Meissner'a	3,0	3,6	4,35	47,0	1,33
C3	1 : 1,2 : 1,45	A-Meissner'a	3,5	4,2	5,075	74,6	1,33
C4	1 : 1,2 : 1,45	A-Meissner'a	4,0	4,8	5,8	111,4	1,33
C5	1 : 1,2 : 1,45	A-Meissner'a	4,5	5,4	6,525	158,6	1,33

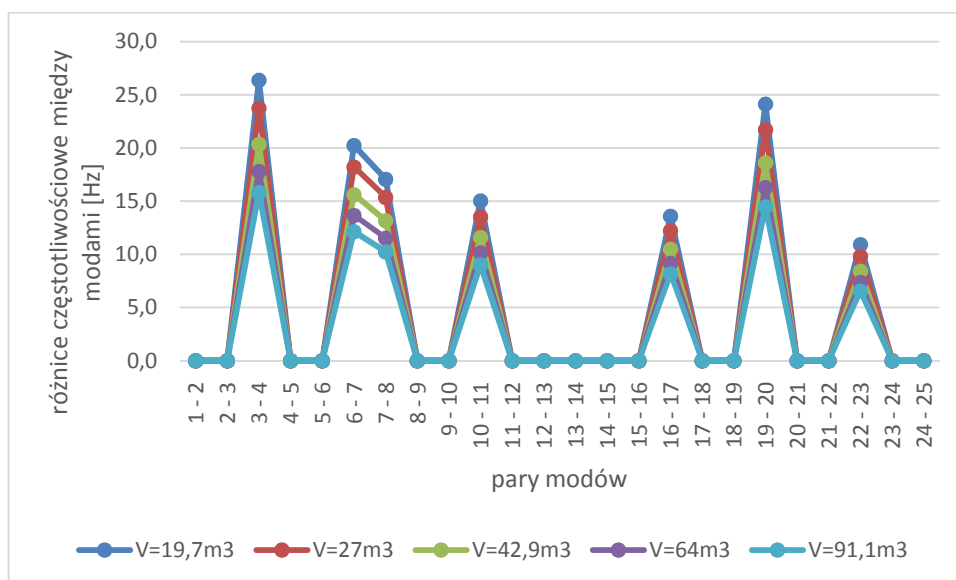
Tabela 64. Dane analizowanych pomieszczeń sześciennych i pomieszczeń o proporcjach A – Meissner'a.

Wykres 3 przedstawia rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach sześciennych o różnych wymiarach, czyli odmiennych kubaturach. Mimo, że konkretne mody występują w różnych częstotliwościach zależnych od wymiarów pomieszczenia, to kształt rozkładu modów jest taki sam dla wszystkich pomieszczeń sześciennych – funkcja przybiera postać funkcji liniowej rosnącej z miejscowymi przejściami do funkcji stałej, co świadczy o nakładaniu się modów. Potwierdza to Wykres 4, który przedstawia różnice częstotliwościowe między 25-ciomą pierwszymi modami w pomieszczeniach sześciennych. Niezależnie od kubatury pomieszczenia ilość nakładanych się modów jest taka sama – różnica częstotliwościowa wynosi zero dla siedemnastu par modów niezależnie od kubatury pomieszczenia. Zmienne są pozostałe różnice częstotliwościowe, różne od zero, które są zależne od kubatury – im mniejsza kubatura, tym różnice częstotliwościowe są większe: dla  $V=19,7\text{m}^3$  różnica między modami 3 i 4 wynosi ponad 25 Hz, dla  $V=91,1\text{m}^3$  różnica ta wynosi powyżej 15 Hz.

<sup>107</sup> Częstotliwości 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między modami dla omawianych sal prób muzycznych przedstawiono w formie tabel w Załączniku 4.

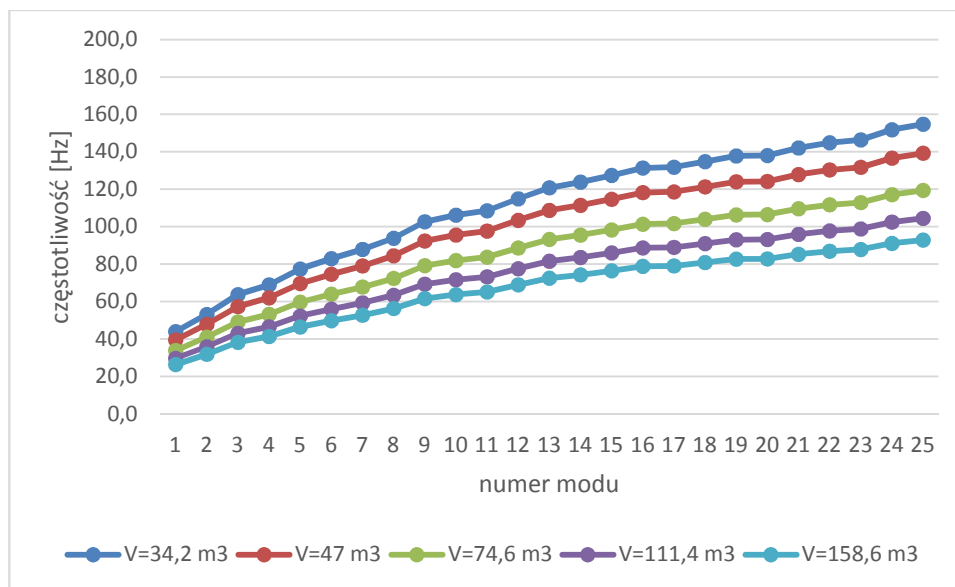


Wykres 3. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach sześciennych.

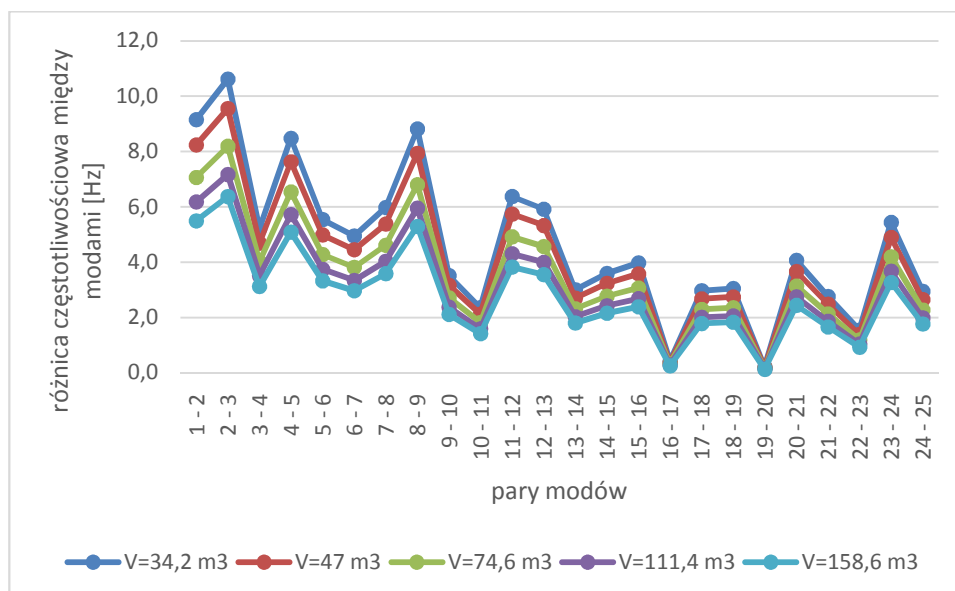


Wykres 4. Różnice częstotliwościowe między 25-ciu pierwszymi modami w pomieszczeniach sześciennych.

Analogicznie przedstawia się rozkład modów dla sal prób muzycznych o proporcjach A – Meissner’a i różnych kubaturach (Wykres 5). W zależności od kubatury pomieszczenia mody występują w różnych częstotliwościach, ale ich rozkład przybiera tę samą postać – funkcji dążącej do funkcji logarytmicznej, o różnym nachyleniu. Zależnie od kubatury sali prób różnice częstotliwościowe sięgają ponad 10 Hz dla pomieszczenia o kubaturze  $V=34,2\text{m}^3$ , natomiast przy kubaturze  $V = 158,6 \text{ m}^3$  maksymalna różnica częstotliwościowa (między modami 2 i 3) wynosi ponad 6 Hz (Wykres 6). Niezależnie od kubatury pomieszczenia, w przypadku wnętrza o proporcjach A – Meissner’a brak jest par modów o tej samej częstotliwości, czyli mody nie nakładają się, co korzystnie wpływa na odsłuch dźwięku w sali prób.



Wykres 5. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach o proporcjach A – Meissner'a.



Wykres 6. Różnice częstotliwościowe między 25-ciom pierwszymi modami w pomieszczeniach o proporcjach A – Meissner'a.

Powyższe analizy dowodzą, że proporcje a nie konkretne wymiary pomieszczenia decydują o rozkładzie modów w sali prób muzycznych. Wykres częstotliwości 25-ciu pierwszych modów przybiera taki sam kształt dla danych proporcji pomieszczenia pomimo różnych kubatur wnętrza. Dobór konkretnych wymiarów, co za tym idzie – kubatury dla danych proporcji, wpływa na zakres różnic częstotliwościowych między modami – im kubatura pomieszczenia jest większa, tym zakres różnic częstotliwościowych między modami jest mniejszy. Brak jest jednak rekomendowanego zakresu tych różnic, co uniemożliwia poddanie go ocenia, a jedynie porównaniu.

Autorka postanowiła poszerzyć badania z zakresu rozkładu modów w sali prób muzycznych o kolejne analizy:

- sprawdzenie jak zmiana dwóch wymiarów pomieszczenia sześciennego o 10% wpłynie na rozkład modów;
- sprawdzenie rozkładu modów w pomieszczeniach, których dwa wymiary są sobie równe lub stanowią swoją wielokrotność;
- sprawdzenie czy jest korelacja między współczynnikiem FSI a rozkładem modów w pomieszczeniu.

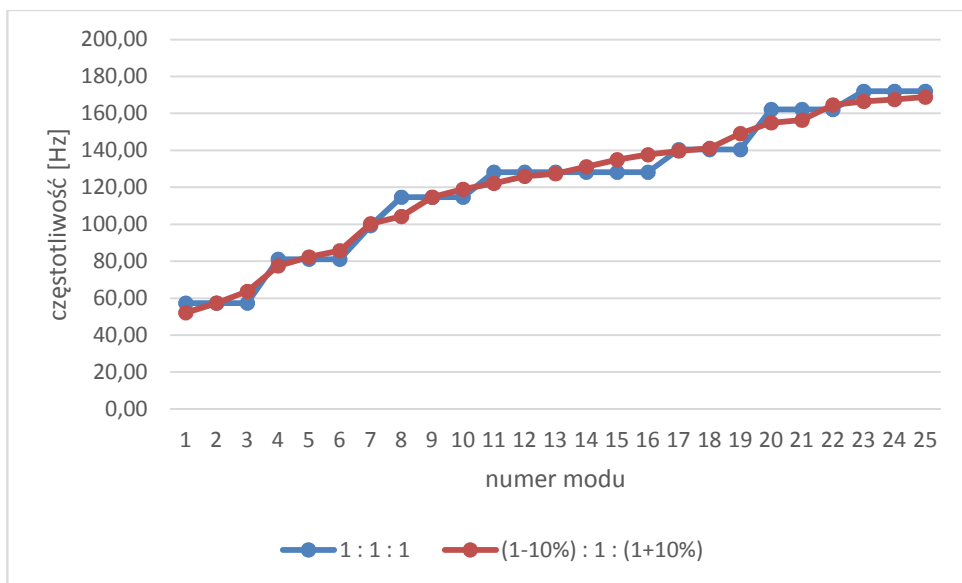
W celu sprawdzenia jak niewielka zmiana dwóch wymiarów pomieszczenia sześciennego wpłynie na rozkład modów, porównano ze sobą dwie sale prób: pomieszczenie sześciennie oraz pomieszczenie, którego szerokość stanowi 90% wysokości, a długość jest równa 110% wysokości. W Tabeli 65 zestawiono dane analizowanych sal prób muzycznych.<sup>108</sup>

nr	proporcje	kształt / nazwa proporcji	W[m]	H [m]	L [m]	kubatura [m <sup>3</sup> ]	FSI
D1	1 : 1 : 1	sześcian	3,0	3,0	3,0	27,0	3,71
D2	0,9 : 1 : 1,1	(1-10%):1:(1+10%)	2,7	3,0	3,3	26,73	1,57

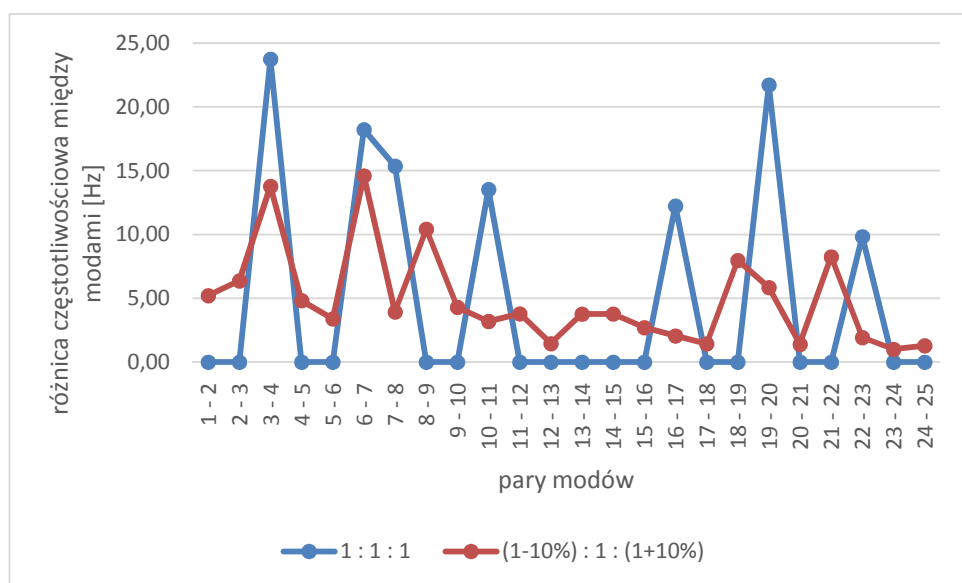
Tabela 65. Dane analizowanego pomieszczenia sześciennego i pomieszczenia o proporcjach (1-10%):1:(1+10%).

Wykres 7 obrazuje zmianę rozkładu modów obu analizowanych sal prób muzycznych. Zmiana dwóch wymiarów pomieszczenia sześciennego o 10 % zdecydowanie poprawia ten rozkład – wykres częstotliwości 25-ciu pierwszych modów przybliży się kształtem do funkcji logarytmicznej, brak jest charakterystycznych dla pomieszczenia sześciennego przejść w funkcję stałą, co świadczy o braku niepożądanego zjawiska nakładania się modów. Zmiana dwóch wymiarów pomieszczenia sześciennego o 10 % zmniejsza również różnice częstotliwościowe między kolejnymi modami (Wykres 8). Różnice częstotliwościowe między modami pomieszczenia sześciennego mieszczą się w przedziale 0 – 23,75 Hz. Zmiana proporcji zmniejsza ten przedział do 1,01 – 14,6 Hz, co korzystnie wpływa na odsłuch dźwięku w pomieszczeniu. Przeprowadzona analiza dowodzi, że zmiana dwóch wymiarów pomieszczenia sześciennego o 10% znacząco wpływa na rozkład modów w pomieszczeniu, a tym samym na odsłuch dźwięku w sali prób muzycznych.

<sup>108</sup> Częstotliwości 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między modami dla omawianych sal prób muzycznych przedstawiono w formie tabel w Załączniku 4.



Wykres 7. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniu sześciennym oraz po zmianie wymiarów o 10%.

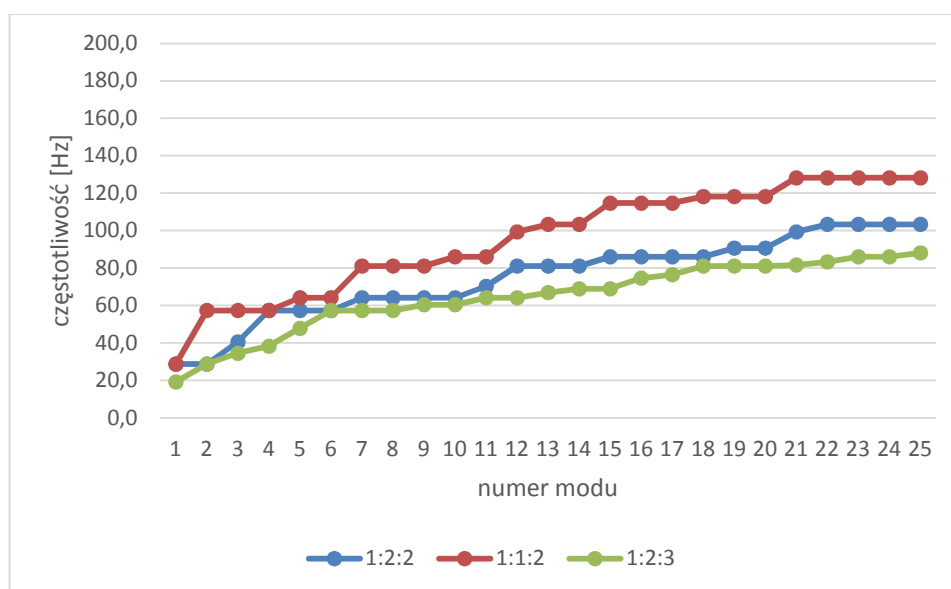


Wykres 8. Różnice częstotliwościowe między 25-ciu pierwszymi modami w pomieszczeniu sześciennym oraz po zmianie wymiarów o 10%.

Kolejne analizy przeprowadzono w celu sprawdzenia jak przebiega rozkład modów w salach prób muzycznych o dwóch wymiarach równych oraz o wymiarach stanowiących swoją wielokrotność (Tabela 66). Analizie poddano dwa pomieszczenia spełniające oba założenia (dwa wymiary równe sobie oraz wymiary stanowiące swoją wielokrotność), których kształt stanowi połowę sześcianu (E1, proporcje 1:2:2) oraz podwójny sześcian (E2, proporcje 1:1:2). W obu przypadkach występuje piętnaście par modów, które nakładają się – różnica częstotliwościowa między modami jest równa zero (Wykres 10). W sali prób, której wymiary nie są sobie równe, ale stanowią swoją wielokrotność (E3, proporcje 1:2:3), występuje osiem par modów nakładających się (Wykres 10). Stąd wniosek, że samo zwielokrotnienie wymiarów pomieszczenia poprawia rozkład modów (w porównaniu do pomieszczeń, których dwa wymiary są sobie równe oraz wymiary stanowią swoją wielokrotność), jednak nie likwiduje całkowicie zjawiska nakładania się modów. Nakładanie się modów obrazuje również Wykres 9, na którym widoczne są charakterystyczne „wypłaszczenia” - przejścia w funkcję stałą.

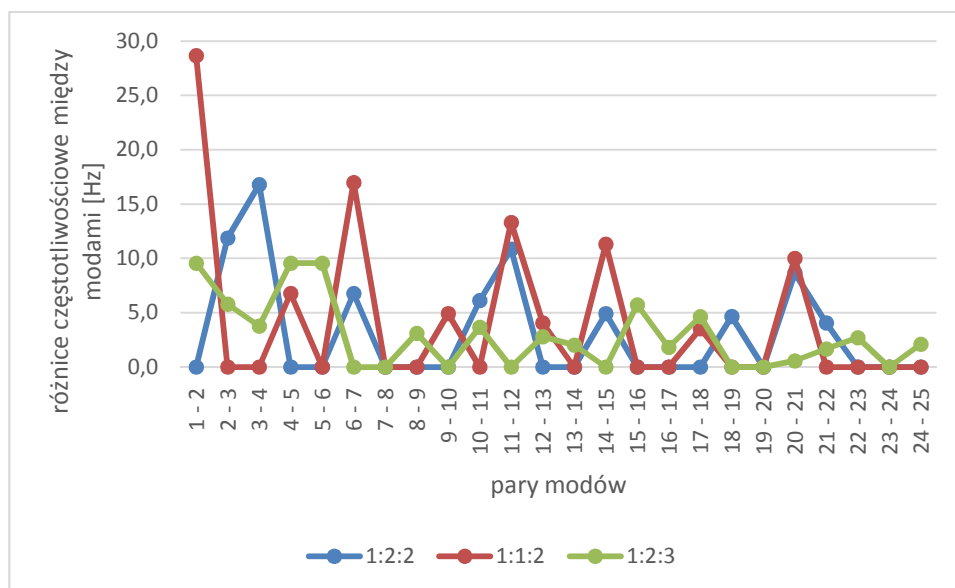
nr	proporcje	kształt / nazwa proporcji	H [m]	W [m]	L [m]	kubatura [m <sup>3</sup> ]	FSI
E1	1 : 2 : 2	połowa sześcianu	3,0	6,0	6,0	108,0	3,28
E2	1 : 1 : 2	podwójny sześcian	3,0	3,0	6,0	54,0	3,91
E3	1 : 2 : 3	wielokrotność	3,0	6,0	9,0	162,0	2,16

Tabela 66. Dane analizowanych pomieszczeń o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.



Wykres 9. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.

Zauważalna jest zależność między maksymalną różnicą częstotliwościową między modami a wartością współczynnika FSI. Współczynnik ten osiąga maksymalną wartość FSI = 3,91 dla pomieszczenia o proporcjach 1:1:2 (podwójny sześcián). Wówczas maksymalna różnica częstotliwościowa wynosi 28,67 Hz. Dla pomieszczenia o proporcjach 1:2:2 (połowa sześciánu), współczynnik FSI = 3,28, natomiast maksymalna różnica częstotliwościowa wynosi 16,79 Hz. Dalszy spadek współczynnika do wartości FSI = 2,16 (pomieszczenie o proporcjach 1:2:3) pokrywa się ze spadkiem maksymalnej różnicy częstotliwościowej do wartości 9,56 Hz.<sup>109</sup>



Wykres 10. Różnice częstotliwościowe między 25-ciomą pierwszymi modami w pomieszczeniach o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.

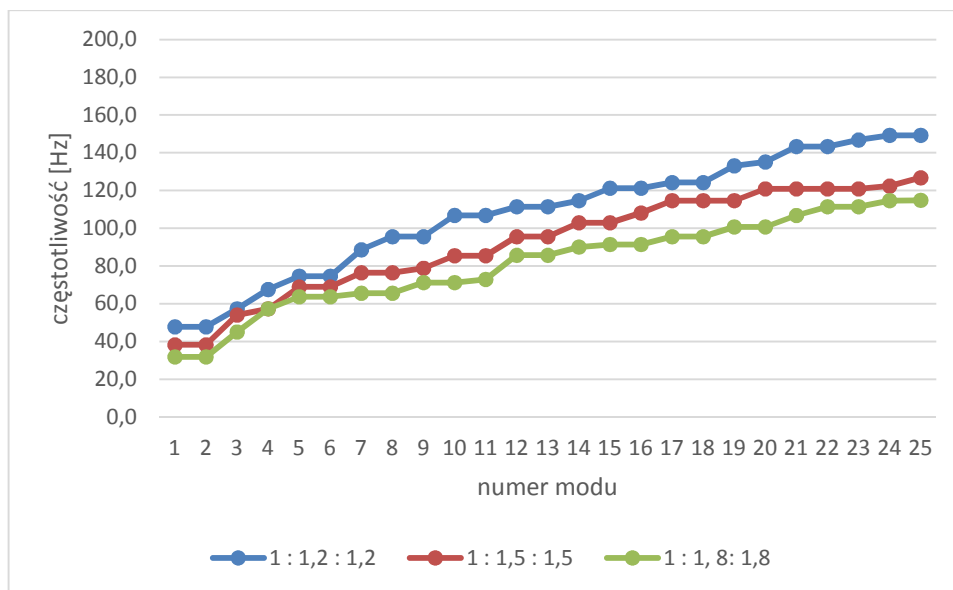
Analizie poddano również pomieszczenia, których dwa wymiary są sobie równe, ale żadne wymiary nie stanowią swojej wielokrotności (Tabela 67).<sup>110</sup> Przy tych założeniach ilość par modów nakładających się wynosi od 8 do 11 i jest zależna od dokładnych proporcji pomieszczenia. Dla rozkładu modów nie jest istotne, które dokładnie dwa wymiary pomieszczenia są sobie równe (Tabela 68, pomieszczenia nr 4 – 21). Wartości współczynnika FSI wynoszą powyżej 2,0.

nr	proporcje	kształt / nazwa proporcji	H [m]	W [m]	L [m]	kubatura [m <sup>3</sup> ]	FSI
F1	1 : 1,2 : 1,2	-	3,0	3,6	3,6	38,9	2,02
F2	1 : 1,5 : 1,5	-	3,0	4,5	4,5	60,8	2,41
F3	1 : 1,8 : 1,8	-	3,0	5,4	5,4	87,5	2,44

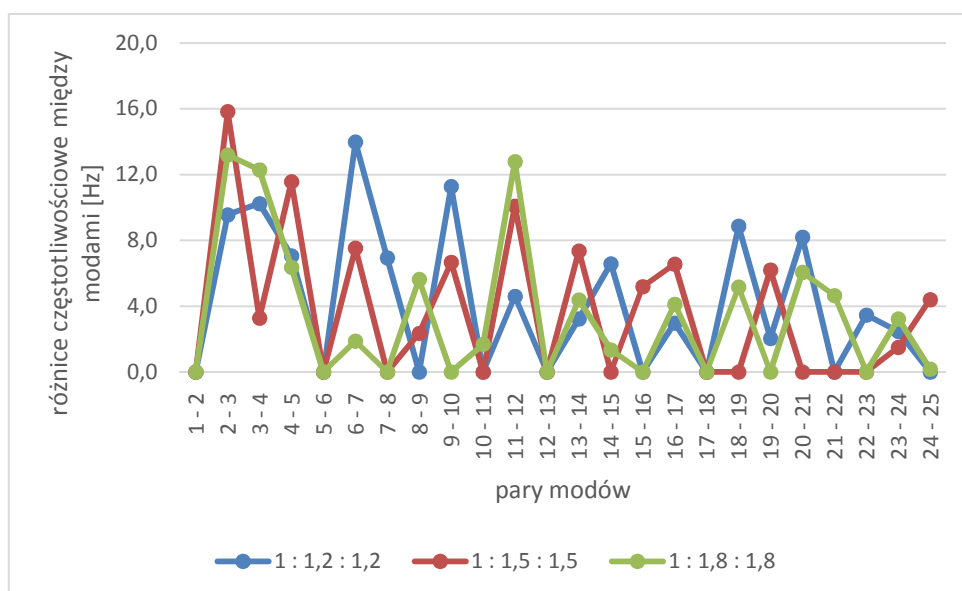
Tabela 67. Dane analizowanych pomieszczeń o dwóch wymiarach równych.

<sup>109</sup> Częstotliwości 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między modami dla omawianych sal prób muzycznych przedstawiono w formie tabel w Załączniku 4.

<sup>110</sup> W Tabeli 67 oraz na Wykresach 11-12 dla zachowania czytelności przedstawiono tylko trzy przykłady sal o dwóch wymiarach równych sobie. Więcej przykładów sal o dwóch wymiarach równych sobie, wraz z informacjami o rozkładzie modów w ich wnętrzu, zamieszczono w Tabeli 68.



Wykres 11. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach o dwóch wymiarach równych.



Wykres 12. Różnice częstotliwościowe między 25-ciomą pierwszymi modami w pomieszczeniach o dwóch wymiarach równych.

Zarówno pomieszczenia o dwóch wymiarach równych sobie oraz pomieszczenia o wymiarach stanowiących swoją wielokrotność, charakteryzują się zjawiskiem nakładania się modów. Zjawisko to zostaje dodatkowo wzmocnione (wzrasta ilość par nakładających się modów), gdy zostaną spełnione jednocześnie oba warunki – dwa wymiary równe sobie oraz wymiary stanowiące swoją wielokrotność.

W celu uniknięcia zjawiska nakładania się modów, należy projektować sale prób muzycznych, których wymiary nie są sobie równe oraz nie stanowią swojej wielokrotności.



Lp.	proporcje	kształt / nazwa proporcji / charakterystyka	ilość nałożonych na siebie par modów	zakres różnic częstotliwościowych między modami [Hz]	FSI
1	1 : 1 : 1	trzy wymiary równe	17	0,00 - 23,75	3,71
2	1 : 1 : 2	dwa wymiary równe + wielokrotność	15	0,00 - 28,67	3,91
3	1 : 2 : 2	dwa wymiary równe + wielokrotność	15	0,00 - 16,79	3,28
4	1 : 1 : 1,1	dwa wymiary równe (szerokość równa wysokości)	9	0,00 - 20,15	2,43
5	1 : 1 : 1,2		9	0,00 - 17,30	2,25
6	1 : 1 : 1,3		9	0,00 - 15,00	2,10
7	1 : 1 : 1,4		9	0,00 - 16,38	2,37
8	1 : 1 : 1,5		11	0,00 - 19,11	2,51
9	1 : 1 : 1,6		9	0,00 - 21,50	2,74
10	1 : 1 : 1,7		9	0,00 - 23,61	3,01
11	1 : 1 : 1,8		8	0,00 - 25,48	2,96
12	1 : 1 : 1,9		8	0,00 - 27,16	3,12
13	1 : 1,1 : 1,1		dwa wymiary równe (szerokość równa długości)	9	0,00 - 16,38
14	1 : 1,2 : 1,2	9		0,00 - 13,98	2,02
15	1 : 1,3 : 1,3	9		0,00 - 13,23	2,20
16	1 : 1,4 : 1,4	9		0,00 - 16,38	2,73
17	1 : 1,5 : 1,5	11		0,00 - 15,83	2,41
18	1 : 1,6 : 1,6	9		0,00 - 14,84	2,29
19	1 : 1,7 : 1,7	9		0,00 - 13,97	2,43
20	1 : 1,8 : 1,8	9		0,00 - 13,19	2,44
21	1 : 1,9 : 1,9	10		0,00 - 14,66	2,64
22	1 : 2 : 3	wielokrotność trzech wymiarów	8	0,00 - 9,56	2,16
23	1 : 2 : 2,4	wielokrotność dwóch wymiarów	4	0,00 - 10,46	1,80
24	1 : 2,2 : 2,6	-	0	0,57 - 9,96	1,80
25	1 : 1,5 : 2	wielokrotność dwóch wymiarów	5	0,00 - 9,56	1,75
26	1 : 1,8 : 2,4	-	1	0,00 - 9,56	1,75
27	1 : 1,4 : 1,7	-	0	0,05 - 12,10	1,76
28	1 : 1,3 : 2	wielokrotność dwóch wymiarów	4	0,00 - 15,44	1,76
29	1 : 1,3 : 1,5	L / H = 1,5	2	0,00 - 13,23	1,82
30	1 : 1,8 : 2,1	-	0	0,20 - 12,65	1,82
31	1 : 2 : 2,6	wielokrotność dwóch wymiarów	4	0,00 - 8,50	1,82
32	1 : 1,7 : 2,2	-	0	0,08 - 9,50	1,73
33	1 : 1,8 : 2,3	-	0	0,24 - 9,41	1,73
34	1 : 1,9 : 2,3	-	0	0,34 - 10,72	1,73
35	1 : 1,9 : 2,4	-	0	0,07 - 9,29	1,73
36	1 : 1,9 : 2,6	-	0	0,05 - 9,34	1,73

37	1 : 1,3 : 1,6	-	0	0,51 - 12,72	1,64
38	1 : 1,3 : 1,8	-	0	0,04 - 12,25	1,64
39	1 : 1,1 : 1,3	-	0	0,47 - 10,94	1,64
40	1 : 2,1 : 2,6	-	0	0,66 - 9,01	1,64
41	1 : 1,5 : 1,9	W / H = 1,5	1	0,00 - 10,48	1,62
42	1 : 1,5 : 2,1	W / H = 1,5	1	0,00 - 10,92	1,56
43	1 : 1,2 : 1,5	L / H = 1,5	3	0,00 - 9,56	1,46
44	1 : 1,11 : 1,22	(1-10%):1:(1+10%)	0	1,01 - 14,60	1,57
45	1 : 1,48 : 2,12	C - Meissner'a	0	0,24 - 11,69	1,54
46	1 : 1,4 : 1,89	B - Meissner'a	0	0,18 - 10,62	1,51
47	1 : 1,1 : 1,4	-	0	0,12 - 11,17	1,47
48	1 : 1,2 : 1,4	-	0	0,63 - 9,56	1,39
49	1 : 1,2 : 1,45	A - Meissner'a	0	0,19 - 9,56	1,33

Tabela 68. Korelacja między współczynnikiem FSI a rozkładem modów w pomieszczeniu.

Celem ostatniej analizy dotyczącej proporcji sal prób muzycznych jest sprawdzenie korelacji między wartością współczynnika FSI a rozkładem modów w pomieszczeniu. Analizę przeprowadzono na podstawie ilości par modów nakładających się oraz zakresu różnic częstotliwościowych między modami, które zestawiono z wartościami współczynnika FSI obliczonego dla danej proporcji pomieszczenia. Wartości tych danych dla 49-ciu sal prób muzycznych o różnych proporcjach zestawiono w Tabeli 68. Proporcje analizowanych sal wybrano tak, aby przedstawić pełen zakres wartości współczynnika FSI<sup>111</sup>, pomieszczenia o charakterystycznych proporcjach<sup>112</sup>, a także grupy pomieszczeń o różnych proporcjach, ale tej samej wartości współczynnika FSI.

Na podstawie danych zestawionych w Tabeli 68 można sformułować następujące wnioski:

- Wartość współczynnika FSI maleje wraz ze spadkiem ilości par modów nakładających się.<sup>113</sup> Jednak nie jest to zależność dająca przedstawić się wzorem, ponieważ zachodzi ona przedziałami np. ilość par modów nakładających się od 15 do 17 przekłada się na wartość współczynnika FSI w przedziale 3,28 – 3,91.; spadek ilości par modów do przedziału 8 - 11 oznacza spadek współczynnika FSI do przedziału 2,02 – 3,24.
- W większości przypadków analizowanych sal prób muzycznych, brak nakładania się modów (ilość par modów nakładających się wynosi zero) przekłada się na wartość współczynnika FSI poniżej 2,0.<sup>114</sup> Jednak widoczne są liczne odstępstwa związane z charakterystycznymi proporcjami sal prób. Analiza trzech par pomieszczeń o tych

<sup>111</sup> Wartości współczynnika FSI obliczono na podstawie wzoru Rindel'a (2020). Współczynnik może przyjmować wartości z zakresu od 1,33 do 3,91.

<sup>112</sup> Pomieszczenia, których dwa lub trzy wymiary są sobie równe/ stanowią swoją wielokrotność.

<sup>113</sup> Widoczne są również spadki zakresu różnic częstotliwościowych postępujące wraz ze spadkiem wartości współczynnika FSI, jednak należy to rozpatrywać łącznie z ilością par modów nakładających się. Wyznaczenie dokładnej zależności wymaga bardziej szczegółowych badań oraz większej ilości analizowanych proporcji pomieszczenia.

<sup>114</sup> Ustalenie dokładnej granicy wartości współczynnika FSI, do którego ilość par modów nakładających się wynosi zero, wymaga bardziej szczegółowych badań oraz większej ilości analizowanych proporcji pomieszczenia.

samych współczynnikach FSI, ale różnych proporcjach (pomieszczenia nr 23 – 28 w Tabeli 68) wykazała, że cecha charakterystyczna proporcji jak wielokrotność dwóch wymiarów skutkuje wzrostem ilości par modów nałożonych na siebie, pomimo niskiego współczynnika FSI (pomieszczenia nr 23, 25, 28 w Tabeli 68). Dla porównania sprawdzono pięć sal prób o tym samym współczynniku FSI = 1,73, ale o różnych proporcjach, które nie charakteryzują się szczególną cechą (pomieszczenia nr 32 – 36 w Tabeli 68). We wszystkich pięciu przypadkach ilość par nakładających się modów wyniosła zero. Podobna sytuacja zachodzi dla sal prób o współczynniku FSI = 1,64 (pomieszczenia nr 37 – 40 w Tabeli 68).

- Przeprowadzona analiza sal prób muzycznych wykazała jeszcze jedną charakterystyczną cechę proporcji pomieszczenia, która powoduje wzrost ilości par modów nakładających się – stosunek dwóch wymiarów pomieszczenia wynosi 1,5. Dowodem na to są skoki ilości par modów dla pomieszczeń nr 8 i 17 (Tabela 68), porównanie dwóch sal o współczynniku FSI = 1,82 (pomieszczenia nr 29 i 30 w Tabeli 68) oraz pomieszczenia nr 41 – 43, które pomimo bardzo niskiej wartości współczynnika FSI, charakteryzują się nakładaniem modów. Należy unikać tej zależności między dwoma wymiarami sali prób.

Jak wykazały przeprowadzone przez autorkę analizy, istnieje wyraźny związek pomiędzy kształtem pomieszczenia, definiowanym przez proporcje jego wymiarów, a rozkładem modów w pomieszczeniu i wyznaczoną na ich podstawie wartością współczynnika FSI. Niższa wartość współczynnika FSI przekłada się na mniejszą ilość par modów nałożonych na siebie oraz na mniejszy zakres różnic częstotliwościowych między modami. Zależność ta zachodzi przedziałami wartości i nie ma przełożenia na jednoznaczny wzór zależności. Proporcje pomieszczeń charakteryzujące się szczególnymi cechami jak wielokrotność dwóch wymiarów lub stosunek dwóch wymiarów pomieszczenia równy 1,5; zaburzają tę korelację i należy traktować je jako odstępstwa.

Wykorzystanie współczynnika FSI pozwala dobrać proporcje sali prób, które zapewnią lepszy rozkład modów w pomieszczeniu. Należy jednak pamiętać o unikaniu proporcji charakteryzujących się szczególnymi cechami jak równość i wielokrotność wymiarów oraz stosunek wymiarów równy 1,5. Poniżej przedstawiono, w możliwie najprostszej graficznej formie, podsumowanie wszystkich przeprowadzonych przez autorkę analiz, pokazujące rozkład wartości współczynnika FSI dla różnych proporcji pomieszczenia, w zależności od stosunku szerokości do wysokości oraz stosunku długości do wysokości pomieszczenia (Tabela 69). Wyniki zawarte w Tabeli 69 mogą być bezpośrednio zastosowane przez projektantów przyszłych sal prób, w celu doboru najlepszych możliwie wymiarów sal. Zastosowana przez autorkę kolorystyka została tak dobrana, aby możliwie intuicyjnie wskazać proporcje, których należy unikać (kolor czerwony) oraz proporcje, które są pożądane (kolor zielony). Jak widać z analizy Tabeli 69, proporcje charakteryzujące się bardzo niekorzystnymi, czyli wysokimi wartościami współczynnika FSI, to w szczególności: szerokość równa wysokości ( $W/H = 1,0$ ), długość równa wysokości ( $L/H = 1,0$ ), długość równa szerokości ( $L/W = 1,0$ ) – linia przekątna. W Tabeli 69 widoczny jest również wzrost

współczynnika FSI przy wielokrotności wymiarów ( $W/H = 2,0$  oraz  $L/H = 2,0$ ). Na otrzymane wyniki analiz naniesiono dodatkowe oznaczenia, które mogą pomóc projektantowi w doborze proporcji projektowanej sali prób muzycznych:

- Zaznaczono granicę proporcji gdzie długość pomieszczenia stanowi podwójną szerokość lub więcej, czego należy unikać ze względów funkcjonalnych [D4] a także akustycznych, czego dowodzą wartości współczynnika FSI tego obszaru – linia fioletowa ze strzałkami.
- Zaznaczono przedział proporcji zalecany przez Rindel’a (2021) i wyznaczony na podstawie wartości współczynnika FSI – obszar między liniami przerywanymi.
- Zaznaczono obszar proporcji zalecanych przez Bolt’a (1946) tzw. obszar Bolt’a – linia niebieska. Widoczne jest częściowe pokrycie obszaru Bolt’a z proporcjami zalecanymi przez Rindel’a (2021).

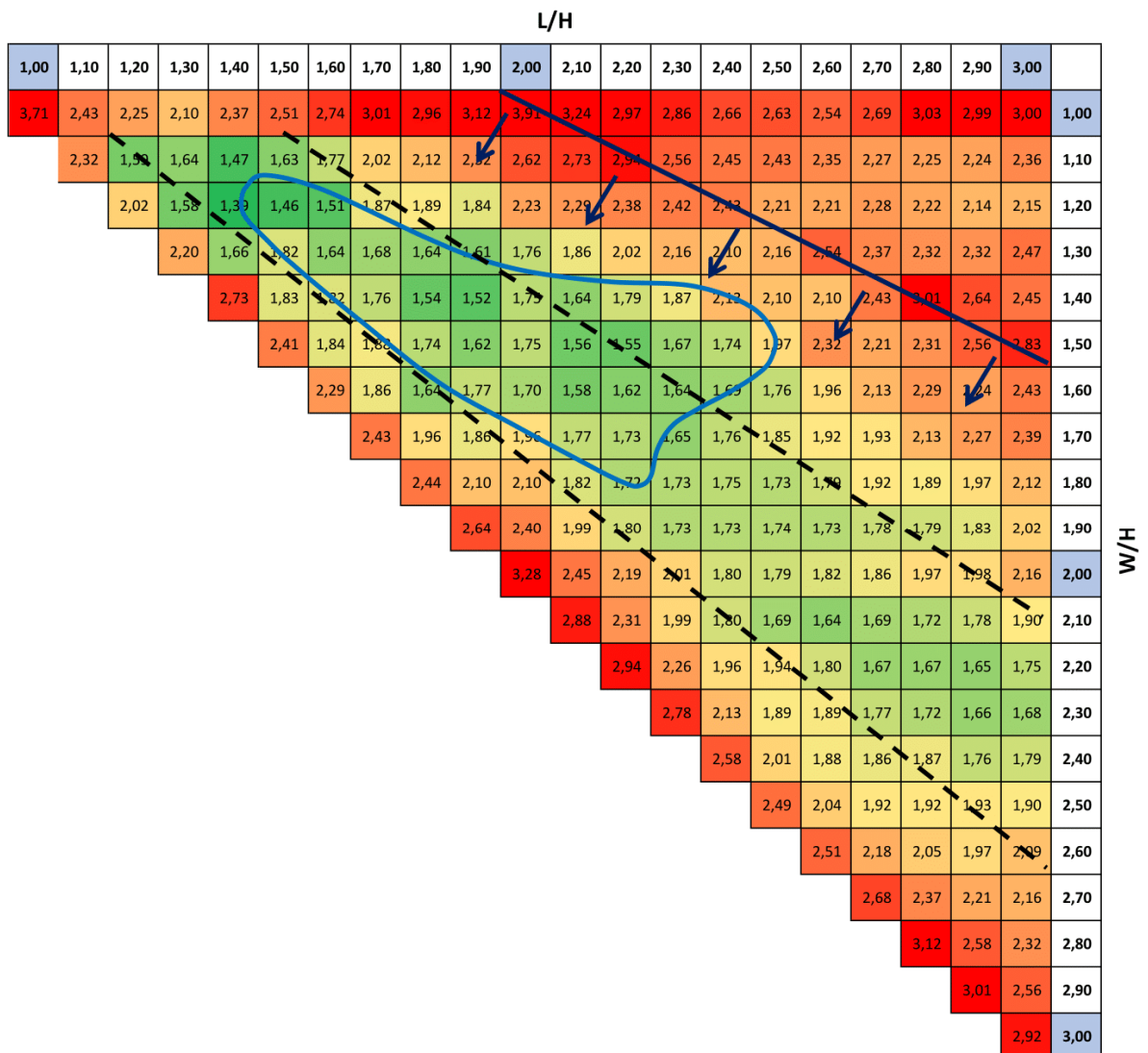


Tabela 69. Wartości współczynnika FSI dla różnych proporcji sal prób muzycznych. [opracowanie: autorka]

Mając na uwadze przebieg procesu projektowego sal prób muzycznych, w którym często narzucone są dokładne wymiary wysokości lub powierzchni użytkowej pomieszczenia, autorka napisała program, który pozwala na wygenerowanie tabel wartości współczynnika FSI dla konkretnych wymiarów pomieszczenia.<sup>115</sup> Ma to pomóc projektantom w doborze pozostałych wielkości do wymiarów narzuconych, przy zachowaniu jak najniższej wartości współczynnika FSI. Pomoże to również w wyznaczeniu zalecanych przedziałów wartości danych wymiarów pomieszczenia oraz wskaże wartości wymiarów, których należy unikać. Kod źródłowy programu napisany w języku Java został udostępniony jako Załącznik 5 niniejszej pracy, wraz z jedną przykładową tabelą wartości współczynnika FSI, przy założeniu wysokości pomieszczenia równej 3,0 m.

---

<sup>115</sup> Program generuje 24 tabele dla różnych wysokości pomieszczenia (od 2,7 m do 5,0 m, co 10 cm). Każda tabela obejmuje pomieszczenia o szerokości i długości od 2,0 m do 10,0 m; co 10 cm.

## 5.2. Wpływ kubatury i sposobu wykończenia przegród sali prób na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu - wstępne założenia.

Analizę wpływu kubatury oraz sposobu wykończenia przegród sal prób muzycznych na komfort akustycznych w ich wnętrzu podzielono na dwie części. Pierwsza część dotyczy wpływu wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych na poziom komfortu akustycznego w salach prób indywidualnych, druga – w salach małych zespołów muzycznych.<sup>116</sup> Wybór tego rodzaju sal został podyktowany wynikami przeprowadzonej analizy i klasyfikacji istniejących sal prób muzycznych (Rozdział IV), które wskazały sale prób indywidualnych oraz sale prób małych zespołów muzycznych, jako pomieszczenia często o nieodpowiedniej powierzchni, wysokości czy kubaturze.<sup>117</sup>

Analizie poddano osiemnaście sal prób indywidualnych o różnych kubaturach (od  $V=15\text{ m}^3$  do  $V=100\text{ m}^3$ ) oraz osiemnaście sal prób małych zespołów muzycznych różniących się objętością (od  $V=20\text{ m}^3$  do  $V=190\text{ m}^3$ ). Sposób wyznaczenia wielkości oraz poszczególnych wymiarów sal prób poddanych analizie przedstawiono w Załączniku 6.

W celu sprawdzenia wpływu wykończenia wnętrza na komfort akustyczny w salach prób muzycznych, przyjęto trzy warianty wykończenia przegród ograniczających zamodelowane pomieszczenia:

- Wariant W1 to wariant wyjściowy, który zakłada najprostszyszy sposób wykończenia wnętrza, bez adaptacji akustycznej: podłoga wykończona panelami, ściany oraz sufit wykończone tynkiem cementowo-wapiennym.
- Wariant W2 to wariant wykończenia wnętrza, który pozwala na osiągnięcie w pomieszczeniu czasu pogłosu w przedziale rekomendowanym dla instrumentów cichych według normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5].
- Wariant W3 to wariant wykończenia wnętrza, który pozwala na osiągnięcie w pomieszczeniu czasu pogłosu w przedziale rekomendowanym dla instrumentów głośnych według normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5].

W Załączniku 7 przedstawiono autorską metodę doboru materiałów wykończeniowych dla wariantu W2 oraz W3 w zamodelowanych salach prób muzycznych przyjętych do dalszych symulacji komputerowych. Wyniki tej metody zestawiono w Tabeli 70.

---

<sup>116</sup> Zgodnie z definicją przedstawioną w Rozdziale III niniejszej pracy:

- sala prób indywidualnych to pomieszczenie służące próbom indywidualnym w obecności nauczyciela lub bez, przy akompaniamencie pianina lub fortepianu oraz służące próbom w duecie;
- sala prób małych zespołów muzycznych to pomieszczenia służące próbom zespołów 3-12 osobowych.

<sup>117</sup> Dokładne wnioski z analizy i klasyfikacji istniejących sal prób muzycznych zostały zawarte w punkcie 4.5 (Rozdział IV) niniejszej pracy.

	W1	W2	W3
	przed adaptacją akustyczną	adaptacja akustyczna dla instrumentów cichych	adaptacja akustyczna dla instrumentów głośnych
<b>podłoga</b>	panele	panele	panele
<b>ściana 1 (z oknem)</b>	tynk + 30% przeszklania	tynk + 30% przeszklania	tynk + 30% przeszklania
<b>ściana 2</b>	tynk cem.-wap.	tynk cem.-wap.	płyta pełna G-K
<b>ściana 3 (akustyczna)</b>	tynk cem.-wap.	płyty G-K + 20% płyt perf.	płyty G-K + 30% płyt perf.
<b>ściana 4 (akustyczna)</b>	tynk cem.-wap.	płyty G-K + 20% płyt perf.	płyty G-K + 30% płyt perf.
<b>sufit</b>	tynk cem.-wap.	płyty G-K + 25% płyt perf.	płyty G-K + 20% płyt perf.

Tabela 70. Zestawienie wariantów wykończenia wewnątrz poddanych symulacjom komputerowym.

W każdej sali prób przyjętej do symulacji i obliczeń akustycznych, zamodelowano sylwetki użytkowników pomieszczenia (muzyków i nauczyciela) oraz źródła dźwięku imitujące instrumenty muzyczne. W Załączniku 8 przedstawiono autorską metodę wyznaczenia wielkości zamodelowanych sylwetek użytkowników sal prób muzycznych, sposób obliczenia współczynnika pochłaniania dźwięku, który przypisano zamodelowanym sylwetkom, przyjęte wartości mocy akustycznej zamodelowanych instrumentów muzycznych oraz ustawienie użytkowników w sali prób w zależności od ilości muzyków i rodzaju instrumentów muzycznych.

Pomieszczenia przyjęte do dalszych analiz zamodelowano w programie SketchUp Pro 2022. Symulacje komputerowe i obliczenia akustyczne przeprowadzono w programie Odeon wersja 17. Przyjęto „Inżynierski” (*Engineering*) poziom dokładności obliczeń, rekomendowany przez Odeon – User’s Manual [D7] dla pomieszczeń o tej wielkości kubatur.

Program do symulacji komputerowych Odeon wykonuje obliczenia akustyczne wykorzystując metodę statystyczną,<sup>118</sup> która powinna być stosowana dla częstotliwości wyższych niż częstotliwość Schroeder'a. Należy zatem wziąć pod uwagę, że wyniki obliczeń przedstawione w dalszej części tego rozdziału mogą być obciążone błędem dla częstotliwości mniejszych niż częstotliwość Schroeder'a, ponieważ dla tych częstotliwości analizę pola akustycznego należy przeprowadzać według metody falowej, której program Odeon nie uwzględnia. Częstotliwość Schroeder'a jest odwrotnie proporcjonalna do kubatury pomieszczenia, zatem najwyższą częstotliwością Schroeder'a i jednocześnie największym przedziałem częstotliwościowym błędu obliczeniowego, będzie charakteryzowała się najmniejsza sala prób przyjęta do symulacji. Częstotliwość Schroeder'a dla wszystkich

<sup>118</sup> Pasma częstotliwościowe każdego pomieszczenia podzielone jest na trzy obszary. W każdym obszarze obliczenia w ramach analizy pola akustycznego należy przeprowadzać według innej metody:

- metoda falowa (od 20 Hz do częstotliwości Schroeder'a),
- metoda statystyczna (od częstotliwości Schroeder'a do ok. 4 kHz),
- metoda geometryczna (powyżej 8 kHz).

pomieszczeń wybranych do analiz mieści się w przedziale od około 103 Hz<sup>119</sup> do około 365 Hz.<sup>120</sup>

Celem przeprowadzonych symulacji komputerowych i obliczeń akustycznych było sprawdzenie jak kształtuje się średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób muzycznych w zależności od wykończenia przegród ograniczających wewnątrz, kubatury pomieszczenia, rodzaju instrumentu muzycznego i ilości użytkowników oraz wyznaczenie minimalnych wielkości sal prób muzycznych dla poszczególnych instrumentów i zespołów muzycznych. W celu obliczenia średniego poziomu dźwięku SPL (lin) wykorzystano funkcję siatki punktów – odbiorników o oczkach 30 x 30 cm, którą nałożono na poziomą płaszczyznę na wysokości 1,60 m nad poziomem posadzki – w symulacjach przyjęto, że jest to wysokość uszu muzyków i nauczyciela. Zatem otrzymane wyniki symulacji stanowią średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu na poziomie uszu użytkowników sal prób muzycznych.

Przy wyznaczaniu minimalnych wielkości sal przyjęto zasadę zalecaną w normie ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], według której średni poziom dźwięku w pomieszczeniu powinien zawierać się w przedziale od 85 dB (lin) do 90 dB (lin) przy dynamice gry *forte*.<sup>121 122</sup> Ma to zapewnić odpowiednią intensywność muzyki, przy jednoczesnym bezpiecznym poziomie dźwięku dla słuchu użytkowników sali prób. Wybór dynamiki gry *forte* wynika z faktu, że przestrzenność dźwięku zwykle jest postrzegana w pasażach *forte* [Kuhl (1978)]. Natomiast poziom dźwięku przy dynamice gry *forte* ma stosunkowo stabilną wartość i najlepiej odzwierciedla subiektywny odbiór takich parametrów jak przestrzenność, głośność i intymność dźwięku [Wu (2001)].

---

<sup>119</sup> Dla sali prób o kubaturze  $V = 190 \text{ m}^3$  i czasie pogłosu  $RT = 0,9 \text{ s}$ .

<sup>120</sup> Dla sali prób o kubaturze  $V = 15 \text{ m}^3$  i czasie pogłosu  $RT = 0,5 \text{ s}$ .

<sup>121</sup> Dokładne wyjaśnienie przyjętej zasady normowej znajduje się w Rozdziale II, pkt. 2.3.3. niniejszej pracy.

<sup>122</sup> Podany rekomendowany zakres wartości poziomu dźwięku według norm [N4, N5] odnosi się do części pomieszczenia, które stanowi widownia (*audience area*). W przypadku sal prób indywidualnych i małych zespołów muzycznych, nie jest możliwe wyodrębnienie takiej części pomieszczenia, dlatego zasadę rekomendowanego przedziału wartości poziomu dźwięku rozszerzono na całe pomieszczenie.



### 5.3. Wpływ kubatury i sposobu wykończenia przegród sal prób indywidualnych na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu.

Pierwsze symulacje wykonano w celu sprawdzenia efektu zastosowania adaptacji akustycznej polegającej na zmianie wykończenia przegród ograniczających pomieszczenie i tym samym zapewnienia odpowiedniego czasu pogłosu RT [s] dla instrumentów cichych (strunowych) oraz głośnych (dętych) (Załącznik 7 - Wykres 51). Symulacje przeprowadzono przy założeniu próby solowej, bez obecności nauczyciela, dla dwóch różnych źródeł dźwięku: skrzypiec jako przykładu instrumentu cichego (porównanie wariantu W1 oraz W2 wykończenia wnętrza) oraz trąbki jako przykładu instrumentu głośnego (porównanie wariantu W1 oraz W3 wykończenia wnętrza).<sup>123</sup>

Na Wykresach 13 - 14 przedstawiono wyniki dla wszystkich zamodelowanych sal prób indywidualnych o różnej kubaturze (od 15 m<sup>3</sup> do 100 m<sup>3</sup>). Przeprowadzenie adaptacji akustycznej dla instrumentów cichych obniża średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 4,1 – 4,6 dB (Tabela 71). Jest to spadek wyraźnie odczuwalny dla użytkowników sali prób i pozwala osiągnąć we wnętrzu czas pogłosu odpowiedni dla tego rodzaju instrumentów (Załącznik 7 - Wykres 51). Przeprowadzenie adaptacji akustycznej dla instrumentów głośnych powoduje obniżenie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 4,5 – 5,1 dB (Tabela 72) i pozwala osiągnąć we wnętrzu czas pogłosu odpowiedni dla tego rodzaju instrumentów.

**Wniosek:** Sposób wykończenia przegród ograniczających wnętrza sali prób indywidualnych ma wpływ zarówno na długość czasu pogłosu RT w pomieszczeniu, jak i na średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób, niezależnie od rodzaju instrumentu muzycznego. Przeprowadzenie adaptacji akustycznej jest konieczne, aby uzyskać rekomendowany czas pogłosu RT w pomieszczeniu, a jednocześnie obniża średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób. Wpływ ten jest wyraźnie odczuwalny dla użytkowników sal prób indywidualnych.

Na Ilustracjach 83 - 84 przedstawiono rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób indywidualnych o kubaturze  $V = 20 \text{ m}^3$  podczas próby solowej na skrzypcach i trąbce. W wnętrzu zamodelowanego pomieszczenia widoczna jest sylwetka muzyka. Przedstawiony rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) dobrze obrazuje różnice w kierunkowości obu instrumentów oraz wpływ dźwięku bezpośredniego instrumentu na muzyka.

---

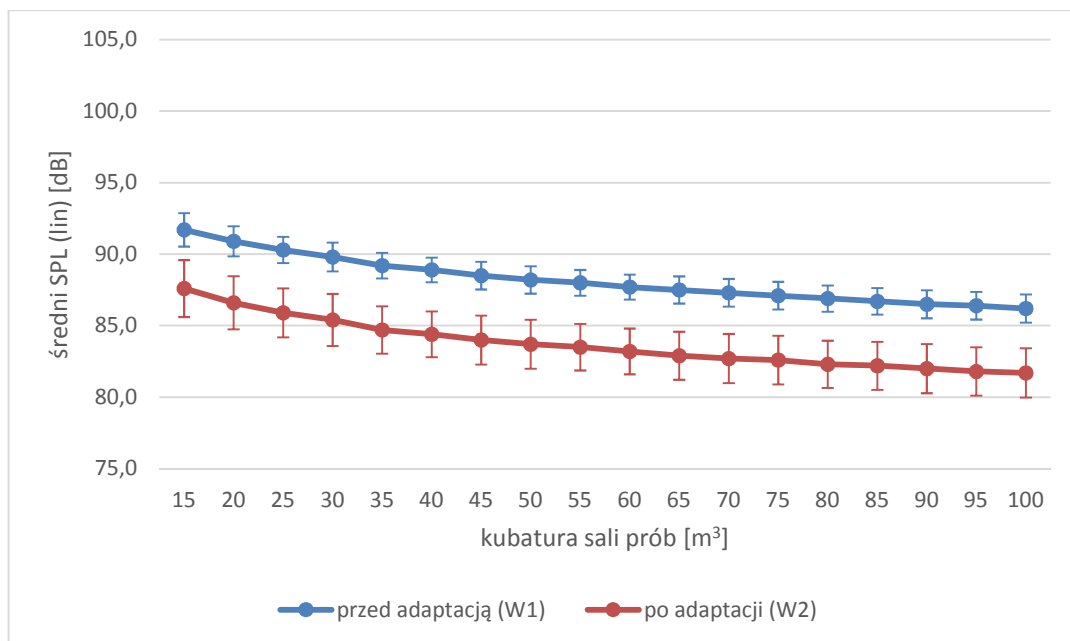
<sup>123</sup> Dokładne wartości średniego SPL (lin) oraz odchylenia standardowego przedstawiono w Tabelach 71-72.

SKRZYPCE solo						
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W2)		różnica W2 – W1 [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	15	91,7	1,17	87,6	1,99	- 4,1
2	20	90,9	1,05	86,6	1,86	- 4,3
3	25	90,3	0,92	85,9	1,71	- 4,4
4	30	89,8	1,01	85,4	1,82	- 4,4
5	35	89,2	0,90	84,7	1,66	- 4,5
6	40	88,9	0,86	84,4	1,60	- 4,5
7	45	88,5	0,97	84,0	1,71	- 4,5
8	50	88,2	0,96	83,7	1,71	- 4,5
9	55	88,0	0,90	83,5	1,63	- 4,5
10	60	87,7	0,87	83,2	1,60	- 4,5
11	65	87,5	0,95	82,9	1,68	- 4,6
12	70	87,3	0,97	82,7	1,72	- 4,6
13	75	87,1	0,97	82,6	1,70	- 4,5
14	80	86,9	0,92	82,3	1,65	- 4,6
15	85	86,7	0,93	82,2	1,68	- 4,5
16	90	86,5	0,98	82,0	1,72	- 4,5
17	95	86,4	0,97	81,8	1,69	- 4,6
18	100	86,2	0,98	81,7	1,72	- 4,5

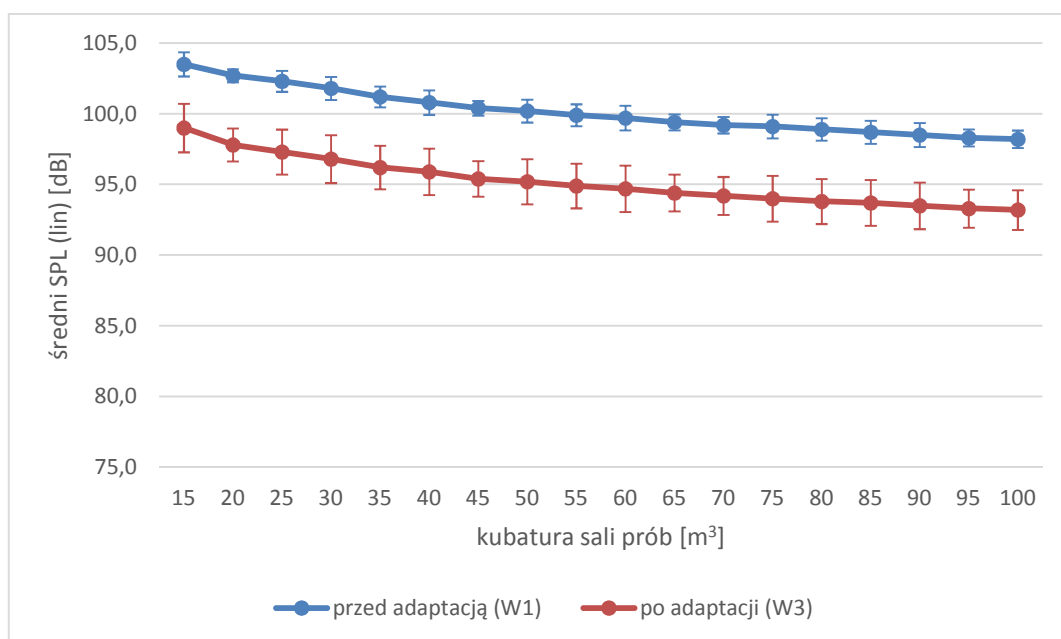
Tabela 71. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie skrzypiec).

TRĄBKA solo						
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)		różnica W3 – W1 [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	15	103,5	0,85	99,0	1,72	- 4,5
2	20	102,7	0,46	97,8	1,17	- 4,9
3	25	102,3	0,74	97,3	1,59	- 5,0
4	30	101,8	0,82	96,8	1,69	- 5,0
5	35	101,2	0,74	96,2	1,54	- 5,0
6	40	100,8	0,87	95,9	1,64	- 4,9
7	45	100,4	0,52	95,4	1,26	- 5,0
8	50	100,2	0,81	95,2	1,60	- 5,0
9	55	99,9	0,78	94,9	1,58	- 5,0
10	60	99,7	0,87	94,7	1,64	- 5,0
11	65	99,4	0,56	94,4	1,30	- 5,0
12	70	99,2	0,58	94,2	1,34	- 5,0
13	75	99,1	0,84	94,0	1,62	- 5,1
14	80	98,9	0,80	93,8	1,59	- 5,1
15	85	98,7	0,82	93,7	1,62	- 5,0
16	90	98,5	0,85	93,5	1,65	- 5,0
17	95	98,3	0,60	93,3	1,35	- 5,0
18	100	98,2	0,62	93,2	1,40	- 5,0

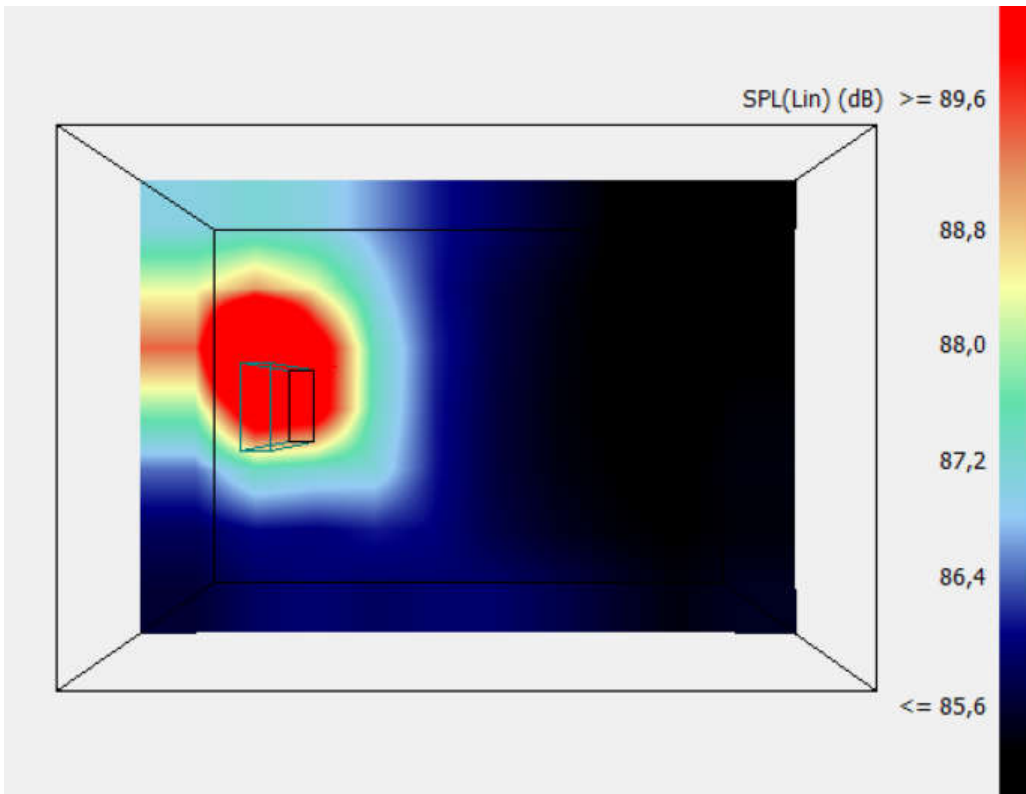
Tabela 72. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośnych (na przykładzie trąbki).



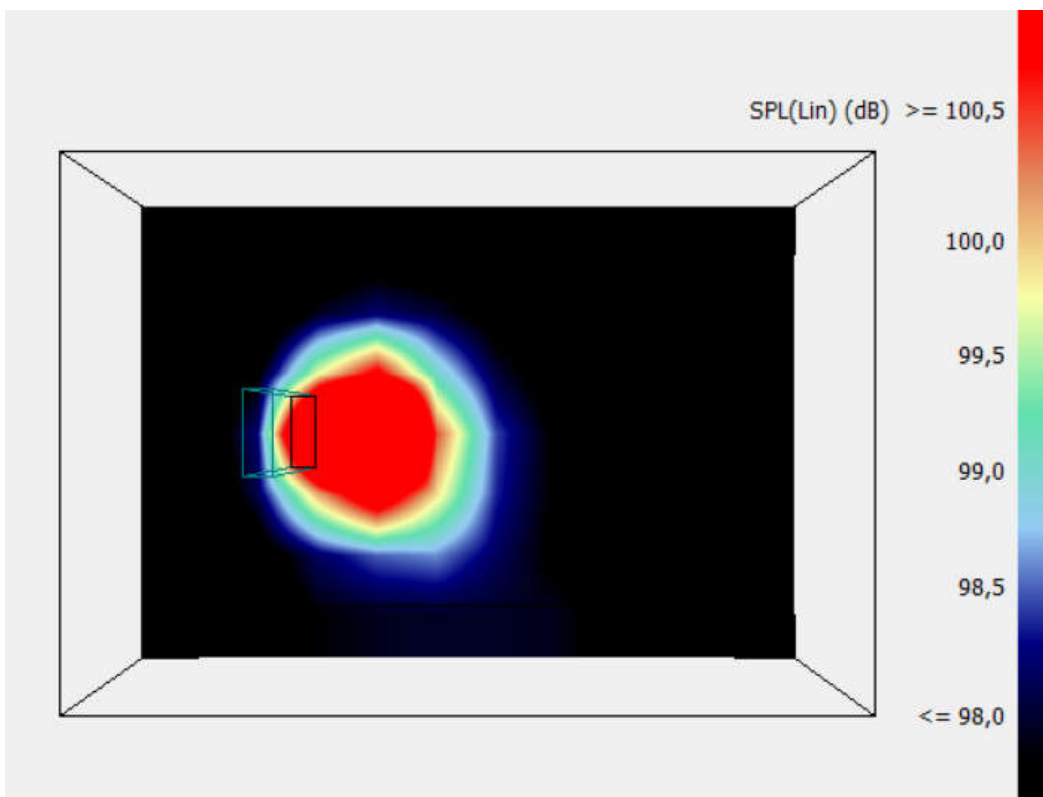
Wykres 13. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie skrzypiec).



Wykres 14. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonych w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośniejszych (na przykładzie trąbki).



Ilustracja 83. Rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby solowej na skrzypcach po adaptacji akustycznej wnętrza W2. [Odeon, wersja 17]



Ilustracja 84. Rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby solowej na trąbce po adaptacji akustycznej wnętrza W3. [Odeon, wersja 17]

Dalsze symulacje i obliczenia akustyczne przeprowadzono przy założeniu wariantu W2 wykończenia wewnątrz, jeśli źródłem dźwięku był instrument cichy, oraz przy założeniu wariantu W3 wykończenia wewnątrz, jeśli źródłem dźwięku był instrument głośny.

Przed przystąpieniem do symulacji mających na celu zbadanie wpływu kubatury sal prób muzycznych na komfort akustyczny w ich wnętrzu, autorka uznała za konieczne sprawdzenie następujących kwestii:

- wpływ kierunkowości instrumentu muzycznego na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu;
- wpływ obecności nauczyciela na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu.

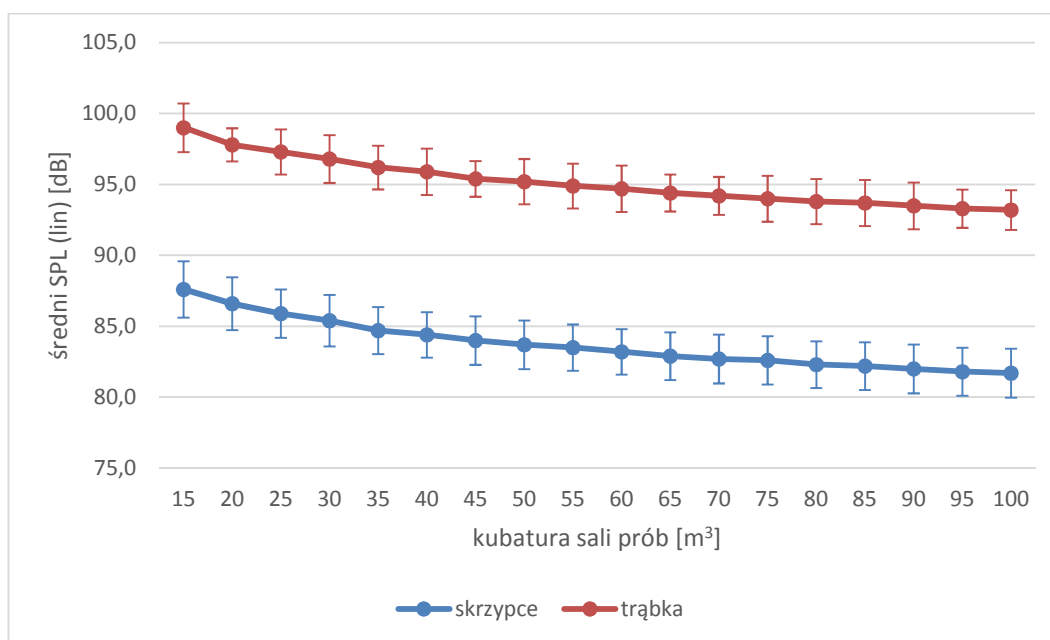
Przeprowadzone przez autorkę analizy wykazały, że ustawienie w modelu muzyka z instrumentem oraz obecność nauczyciela gry w sali prób nie wpływa na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od wielkości sali prób i rodzaju instrumentu muzycznego. Szczegółowe wyniki analizy wpływu kierunkowości instrumentu muzycznego oraz obecności nauczyciela gry na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, przedstawiono w Załączniku 9. Dalsze symulacje w salach prób indywidualnych przeprowadzono przy założeniu ustawienia muzyka z instrumentem muzycznym w stronę ściany z oknem oraz przy założeniu braku obecności nauczyciela gry.

Kolejne symulacje przeprowadzono w celu zbadania wpływu zmiany kubatury sal prób indywidualnych na komfort akustyczny w ich wnętrzu. Symulacje wykonano dla osiemnastu zamodelowanych sal przyjętych do obliczeń na podstawie kryteriów opisanych w Załączniku 6, przy założeniu próby solowej, dla dwóch różnych rodzajów instrumentów muzycznych: skrzypiec i trąbki. Przyjęto model wykończenia wnętrza sali prób odpowiedni dla danego instrumentu muzycznego (W2 dla skrzypiec oraz W3 dla trąbki). Wyniki dla obu instrumentów przedstawiono w Tabeli 73 oraz na Wykresie 15.

Wykres 15 obrazuje jak średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu spada wraz ze wzrostem kubatury sali prób. Zależność ta przybiera postać funkcji logarytmicznej ze względu na sposób zmiany kubatury kolejnych pomieszczeń – w każdym przypadku jest to wzrost kubatury o  $5 \text{ m}^3$ . W Tabeli 73 dodatkowo przedstawiono spadki średniego poziomu dźwięku SPL (lin) pomiędzy poszczególnymi kubaturami. Najbardziej odczuwalne są spadki średniego poziomu dźwięku SPL (lin) podczas zwiększania kubatury pomieszczenia z  $15 \text{ m}^3$  do  $20 \text{ m}^3$  (spadek SPL (lin) o 1,0 – 1,2 dB). Kubatura sali prób zwiększa się wówczas o 33 %. Kolejne różnice między poziomami dźwięku zmniejszają wraz ze wzrostem kubatury, ponieważ procentowy wzrost kubatury również się zmniejsza – kubatura początkowo zwiększa się o 33%, następnie o 25 %, 20 %, 17 % itd. Ostatni wzrost kubatury wynosi tylko 5,3 %.

Wyniki przedstawione w Tabeli 73 ukazują kolejne zależności pomiędzy wzrostem kubatury a spadkiem średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu:

- podwojenie kubatury powoduje spadek SPL (lin) o 1,9 – 2,2 dB;
- zwiększenie kubatury trzykrotnie powoduje spadek SPL (lin) o 3,1 – 3,6 dB;
- zwiększenie kubatury czterokrotnie powoduje spadek SPL (lin) o 4,0 – 4,4 dB;
- zwiększenie kubatury pięciokrotnie powoduje spadek SPL (lin) o 4,6 – 5,0 dB.



Wykres 15. Wpływ zmiany kubatury pomieszczenia na średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych (na przykładzie skrzypiec i trąbki).

**Wniosek:** Zmiana kubatury sali prób indywidualnych ma wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od rodzaju instrumentu muzycznego. Wpływ ten jest odczuwalny dla użytkowników sal prób indywidualnych.

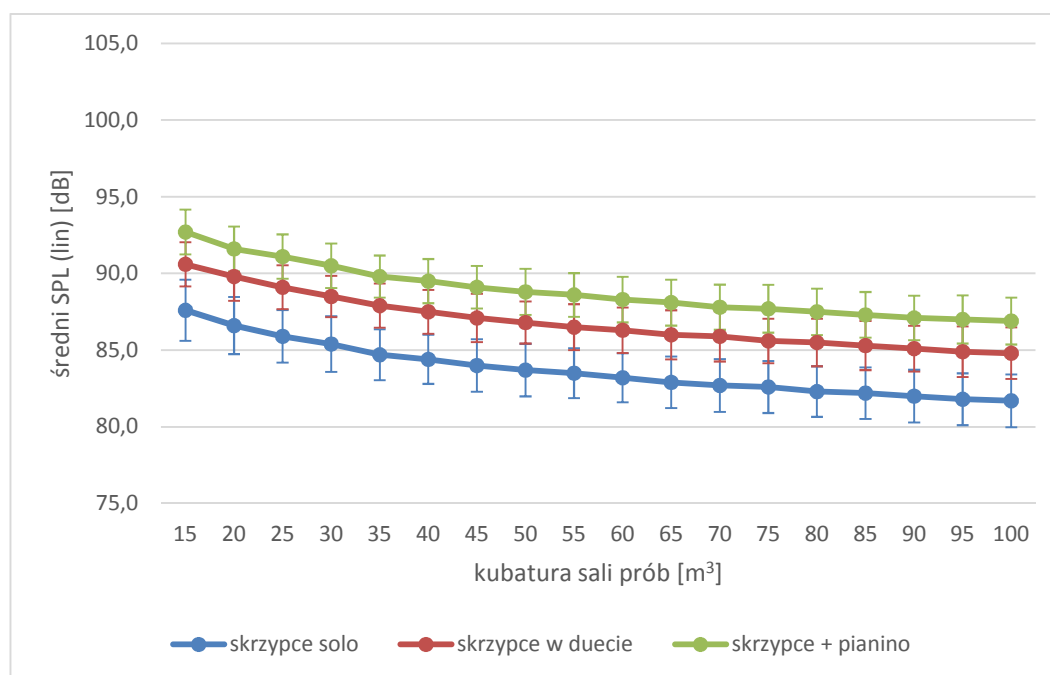
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	SKRZYPCE			TRĄBKA		
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	różnica między kolejnymi kubaturami [dB]	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	różnica między kolejnymi kubaturami [dB]
1	15	87,6	1,99		99,0	1,72	
2	20	86,6	1,86	- 1,0	97,8	1,17	- 1,2
3	25	85,9	1,71	- 0,7	97,3	1,59	- 0,5
4	30	85,4	1,82	- 0,5	96,8	1,69	- 0,5
5	35	84,7	1,66	- 0,7	96,2	1,54	- 0,6
6	40	84,4	1,60	- 0,3	95,9	1,64	- 0,3
7	45	84,0	1,71	- 0,4	95,4	1,26	- 0,5
8	50	83,7	1,71	- 0,3	95,2	1,60	- 0,2
9	55	83,5	1,63	- 0,2	94,9	1,58	- 0,3
10	60	83,2	1,60	- 0,3	94,7	1,64	- 0,2
11	65	82,9	1,68	- 0,3	94,4	1,30	- 0,3
12	70	82,7	1,72	- 0,2	94,2	1,34	- 0,2
13	75	82,6	1,70	- 0,1	94,0	1,62	- 0,2
14	80	82,3	1,65	- 0,3	93,8	1,59	- 0,2
15	85	82,2	1,68	- 0,1	93,7	1,62	- 0,1
16	90	82,0	1,72	- 0,2	93,5	1,65	- 0,2
17	95	81,8	1,69	- 0,2	93,3	1,35	- 0,2
18	100	81,7	1,72	- 0,1	93,2	1,40	- 0,1

Tabela 73. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w zamodelowanych salach prób indywidualnych podczas gry na skrzypcach oraz na trąbce.



Zgodnie z przyjętą w niniejszej pracy definicją sal prób indywidualnych,<sup>124</sup> jest to pomieszczenie przeznaczone na próby solowe, przy akompaniamencie pianina lub fortepianu oraz próby w duecie. Autorka uznała za konieczne sprawdzenie jak zmienia się średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu podczas próby przy akompaniamencie pianina oraz podczas próby w duecie. W tym celu przeprowadzono symulacje przy założeniu gry na skrzypcach przy akompaniamencie pianina oraz przy założeniu gry na skrzypcach w duecie. Wyniki porównano do wielkości średniego poziomu dźwięku SPL (lin) osiągniętego podczas próby solowej na skrzypcach. Wyniki dla sal prób indywidualnych o różnych kubaturach przedstawiono w Tabeli 74 oraz na Wykresie 16.

Średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu wzrasta o 3,0 – 3,2 dB podczas próby skrzypiec w duecie w porównaniu z próbą solową w pomieszczeniu o tej samej kubaturze. Wzrost średniego poziomu dźwięku SPL (lin) podczas gry na skrzypcach przy akompaniamencie pianina jest jeszcze większy i wynosi 5,0 – 5,2 dB w porównaniu z próbą solową w pomieszczeniu o tej samej kubaturze. Oznacza to, że przy wyborze wielkości sali prób indywidualnych konieczne jest uwzględnienie możliwości zwiększenia średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu nawet o 5,2 dB ze względu na próby przy akompaniamencie pianina.



Wykres 16. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób indywidualnych podczas próby solowej, w duecie i przy akompaniamencie pianina (na przykładzie skrzypiec).

<sup>124</sup> Definicję sali prób indywidualnych oraz sali prób małych zespołów muzycznych przedstawiono w Rozdziale III.

nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	SKRZYPCE - SOLO		SKRZYPCE - DUET		SKRZYPCE + PIANO	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	87,6	1,99	90,6	1,44	92,7	1,46
2	20	86,6	1,86	89,8	1,59	91,6	1,46
3	25	85,9	1,71	89,1	1,43	91,1	1,45
4	30	85,4	1,82	88,5	1,34	90,5	1,45
5	35	84,7	1,66	87,9	1,44	89,8	1,37
6	40	84,4	1,60	87,5	1,43	89,5	1,44
7	45	84,0	1,71	87,1	1,57	89,1	1,39
8	50	83,7	1,71	86,8	1,37	88,8	1,50
9	55	83,5	1,63	86,5	1,50	88,6	1,42
10	60	83,2	1,60	86,3	1,48	88,3	1,49
11	65	82,9	1,68	86,0	1,60	88,1	1,50
12	70	82,7	1,72	85,9	1,64	87,8	1,47
13	75	82,6	1,70	85,6	1,45	87,7	1,56
14	80	82,3	1,65	85,5	1,55	87,5	1,51
15	85	82,2	1,68	85,3	1,60	87,3	1,49
16	90	82,0	1,72	85,1	1,49	87,1	1,45
17	95	81,8	1,69	84,9	1,65	87,0	1,57
18	100	81,7	1,72	84,8	1,68	86,9	1,53

Tabela 74. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób indywidualnych podczas próby solowej, w duecie i przy akompaniamencie pianina (na przykładzie skrzypiec).

Ostatnie symulacje dotyczące sal prób indywidualnych przeprowadzono w celu wyznaczenia minimalnych wielkości tych pomieszczeń dla poszczególnych grup instrumentów muzycznych. Powyższe symulacje dowiodły, że zmiana sposobu wykończenia wnętrza oraz kubatura sali prób mają zdecydowany wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu. Przy wyznaczaniu minimalnych wielkości sal prób muzycznych należy uwzględnić zarówno wpływ wykończenia wnętrza, jak i wpływ kubatury pomieszczenia.

Do obliczeń wybrano następujące instrumenty muzyczne:

- skrzypce, kontrabas, gitara (instrumenty strunowe);
- flet, klarnet, saksofon (instrumenty dęte drewniane);
- trąbka, puzon (instrumenty dęte blaszane).

Symulacje przeprowadzono we wszystkich osiemnastu zamodelowanych salach prób indywidualnych przyjętych do obliczeń, w dwóch różnych wariantach wykończenia wnętrza – przed adaptacją (W1) oraz po adaptacji akustycznej (W2 lub W3). Wyniki dla każdego instrumentu muzycznego przedstawiono na Wykresach 17 - 19. Zielonymi liniami zaznaczono rekomendowany zakres średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób muzycznych zgodnie z zaleceniami normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], który wynosi 85 – 90 dB (lin).<sup>125</sup> Dokładne wartości liczbowe średnich poziomów dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniach oraz odchylenia standardowego podczas prób każdego zamodelowanego instrumentu muzycznego przedstawiono w Tabeli 71 – 72 oraz w Załączniku 10 niniejszej pracy.

---

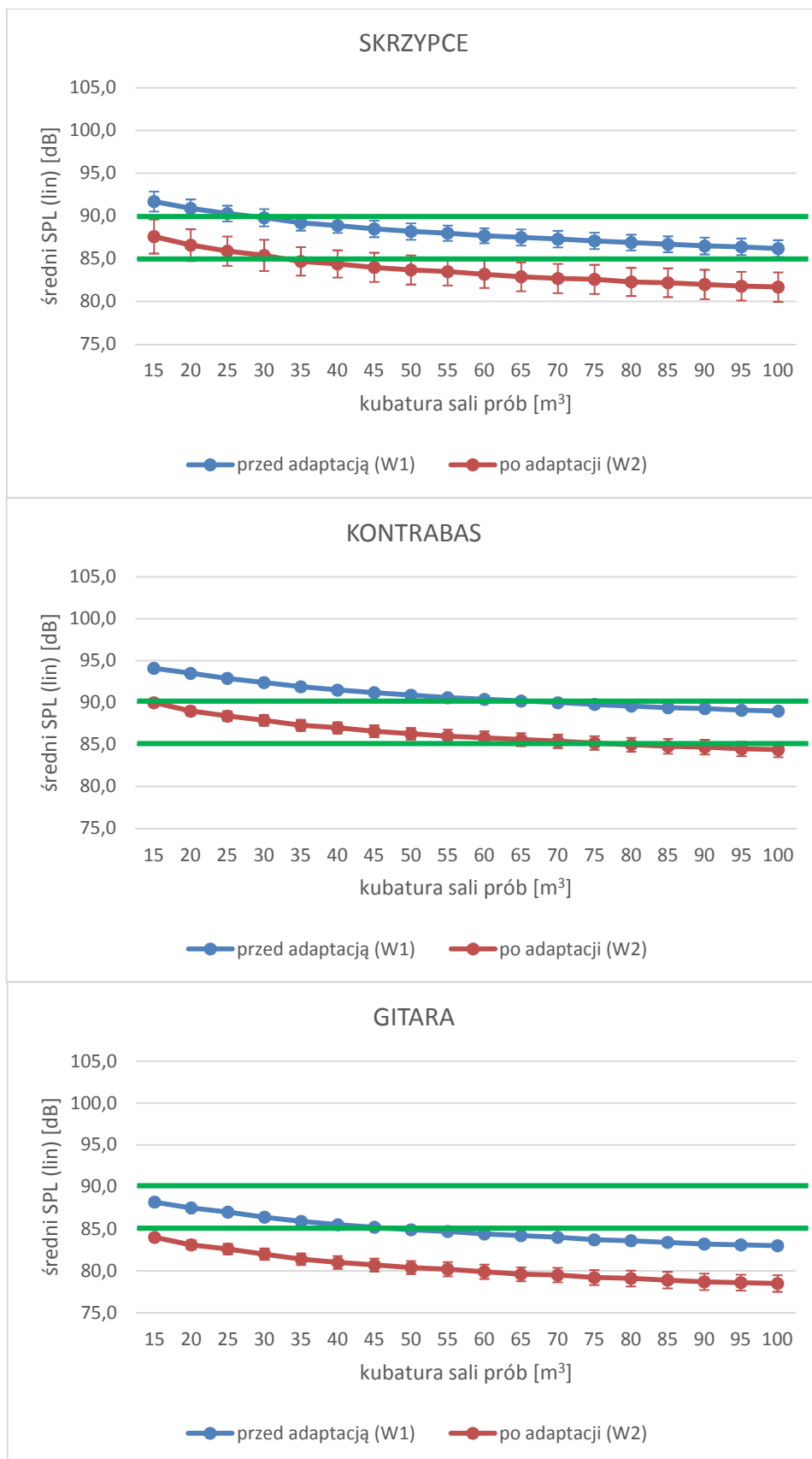
<sup>125</sup> Wybór rekomendowanego przedziału wartości SPL (lin) wyjaśniono w punkcie 2.3.3. (Rozdział II) oraz w punkcie 5.2. (Rozdział V) niniejszej pracy.

## INSTRUMENTY STRUNOWE

Jako przykład instrumentów strunowych wybrano skrzypce, kontrabas i gitarę. Wyniki symulacji przedstawiono oddzielnie dla każdego instrumentu na Wykresie 17.

Poniższe wykresy pokazują, że w przypadku skrzypiec i kontrbasu, każda zamodelowana sala prób indywidualnych, która została poddana adaptacji akustycznej, zapewnia średni poziom dźwięku SPL (lin) w rekomendowanym normowym zakresie lub poniżej. Jednak biorąc pod uwagę, że sale prób indywidualnych są przeznaczone również na próby w duecie oraz przy akompaniamencie pianina, co skutkuje wzrostem poziomu dźwięku w pomieszczeniu o około 5 dB (lin), autorka sugeruje przyjąć pomieszczenie o kubaturze równej  $40\text{m}^3$  jako minimalną wielkość sal prób indywidualnych dla instrumentów strunowych, przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej pomieszczenia. Pozwoli to na osiągnięcie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w przedziale wartości 84,4 – 87,0 dB (lin) dla prób indywidualnych oraz średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w przedziale wartości 89,5 – 92,0 dB (lin) dla prób przy akompaniamencie pianina. Należy podkreślić, że brak odpowiedniej adaptacji akustycznej wewnątrz zwiększa wymaganą minimalną kubaturę sali prób. W przypadku instrumentów strunowych i braku adaptacji akustycznej, dopiero przy kubaturze równej  $70\text{m}^3$  średni poziom dźwięku SPL (lin) spada poniżej 90 dB (lin). Natomiast uwzględniając wpływ akompaniamentu pianina, należałoby maksymalnie zwiększyć wymaganą kubaturę – do  $100\text{m}^3$ . Zatem brak odpowiedniej adaptacji akustycznej skutkuje nie tylko zbyt długim czasem pogłosu RT w pomieszczeniu, ale również znacząco zwiększając wymaganą kubaturę sali prób.

Odmienne kształtuje się sytuacja w przypadku prób solowych na gitarze (Wykres 17). Przeprowadzone symulacje wykazały, że nawet przy minimalnej kubaturze sali prób, wyznaczonej na podstawie ergonomii tradycyjnej i poddaniu adaptacji akustycznej, nie jest możliwe uzyskanie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu powyżej 85 dB (lin). Powodem jest mała moc akustyczna gitary. Rozwiązaniem tego problemu może być wydłużenie czasu pogłosu RT w pomieszczeniu poprzez rezygnację z adaptacji akustycznej. Mogłoby, to podnieść średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób o 4,2 – 4,6 dB. Jednak zbyt długi czas pogłosu może okazać się nieakceptowalny przez muzyków, dlatego autorka sugeruje wprowadzenie poprawki do normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], poprzez dodanie odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób dla tak cichych instrumentów jak gitara. Ze względu na niską moc akustyczną gitary, minimalna kubatura sali prób dla tego instrumentu może być równa minimalnej kubaturze wyznaczonej na podstawie ergonomii tradycyjnej  $V_{\min} = 15\text{m}^3$ .



Wykres 17. Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych podczas próby solowej na instrumentach strunowych.

## INSTRUMENTY DĘTE DREWNIANE

Jako przykład instrumentów dętych drewnianych wybrano flet, klarnet i saksofon. Wyniki symulacji przedstawiono oddzielnie dla każdego instrumentu na Wykresie 18.

Poniższe wykresy pokazują, że w przypadku fletu i klarnetu sala prób indywidualnych o kubaturze równej  $20 \text{ m}^3$ , która została poddana adaptacji akustycznej, zapewnia średni poziomu dźwięku SPL (lin) w rekomendowanym normowym zakresie. Jednak biorąc pod uwagę, że sale prób indywidualnych są przeznaczone również na próby w duecie oraz przy akompaniamencie pianina, co skutkuje wzrostem poziomu dźwięku w pomieszczeniu o około  $5 \text{ dB}$  (lin), autorka sugeruje przyjąć pomieszczenie o kubaturze równej  $50 \text{ m}^3$  jako minimalną wielkość sal prób indywidualnych dla instrumentów dętych drewnianych, przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej pomieszczenia. Pozwoli to na osiągnięcie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w przedziale wartości  $85,1 - 86,9 \text{ dB}$  (lin) dla prób indywidualnych oraz średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w przedziale wartości około  $90,1 - 91,9 \text{ dB}$  (lin) dla prób przy akompaniamencie pianina.

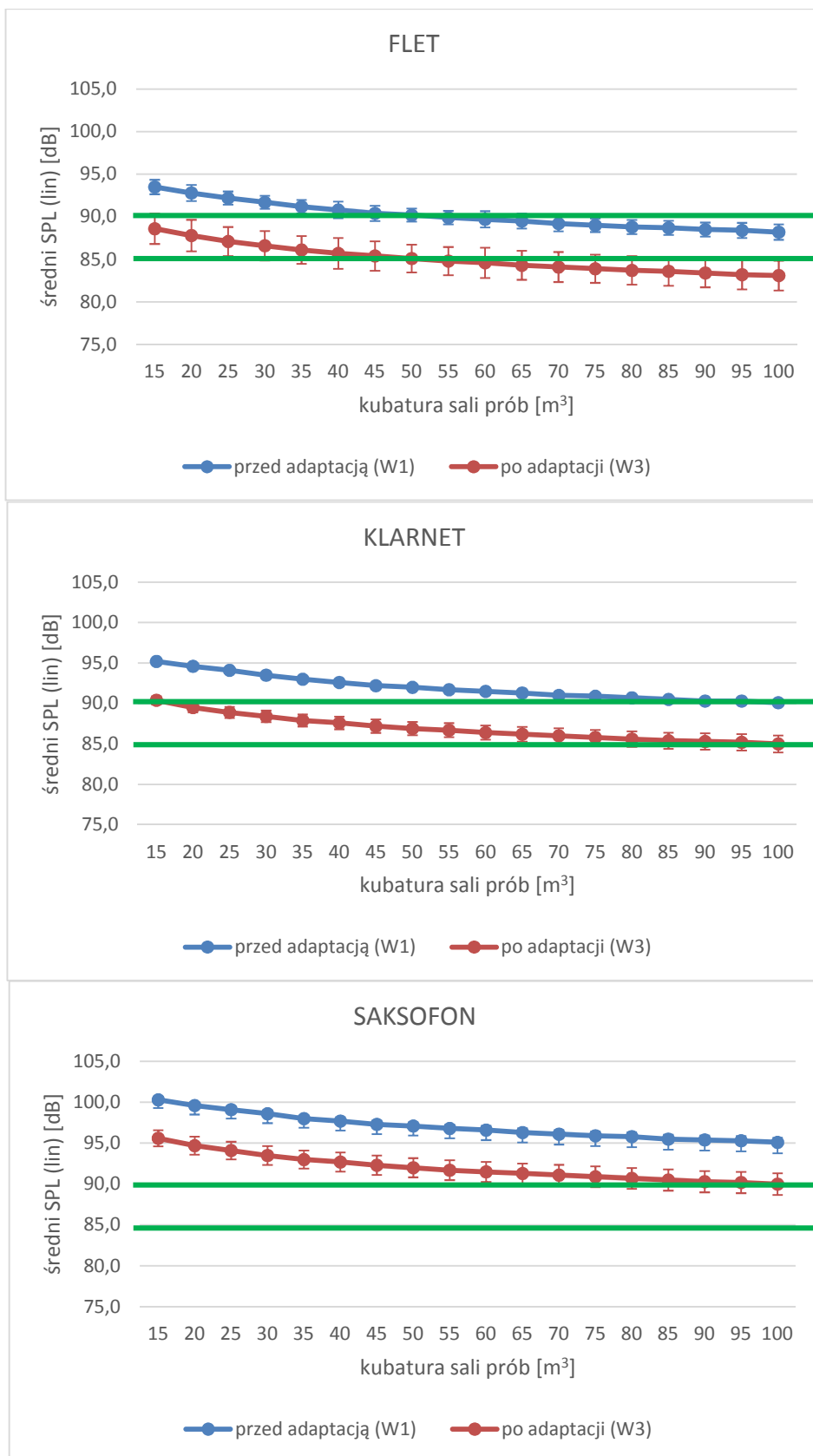
Podobnie jak w przypadku sal prób dla instrumentów strunowych, brak odpowiedniej adaptacji akustycznej wewnątrz zwiększa wymaganą minimalną kubaturę sal prób dla instrumentów dętych drewnianych – ze względu na próby solowe na klarnecie, kubatura takiej sali musiałaby wynosić  $100 \text{ m}^3$  lub więcej.

Odmienne kształtuje się sytuacja w przypadku prób solowych na saksofonie (Wykres 18). Jest to instrument, który charakteryzuje się znacznie większą mocą akustyczną w porównaniu z pozostałymi instrumentami dętymi drewnianymi.<sup>126</sup> Przeprowadzone symulacje wykazały, że dopiero przy maksymalnej kubaturze sali prób, przyjętej do symulacji i obliczeń ( $V = 100 \text{ m}^3$ ), średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu spada do wartości  $90,0 \text{ dB}$  (lin), przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej wewnątrz.

Na podstawie otrzymanych wyników autorka sugeruje wyodrębnić sale prób indywidualnych dla saksofonów, ponieważ wymagają one większych kubatur niż pozostałe instrumenty dęte drewniane oraz przyjąć  $V = 100 \text{ m}^3$  jako wymaganą kubaturę sal prób indywidualnych przeznaczonych na próby solowe na saksofonie. Przeprowadzenie adaptacji akustycznej jest konieczne – w przypadku jej braku średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o kubaturze  $V = 100 \text{ m}^3$  osiąga wartość równą  $95,1 \text{ dB}$  (lin), pomimo tak dużej wielkości sali prób.

---

<sup>126</sup> Moc akustyczna saksofonu jest zbliżona do mocy akustycznej instrumentów dętych blaszanych. Dokładne wartości przedstawiono w Tabeli 126 – Załącznik 8.



Wykres 18. Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych podczas próby solowej na instrumentach dętych drewnianych.

## INSTRUMENTY DĘTE BLASZANE

Jako przykład instrumentów dętych blaszanych wybrano trąbkę oraz puzon. Wyniki symulacji przedstawiono oddzielnie dla każdego instrumentu na Wykresie 19.

Poniższe wykresy pokazują, że w przypadku instrumentów dętych blaszanych, zamodelowane sale prób indywidualnych są zbyt małe, aby osiągnąć średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu poniżej 90 dB (lin), nawet przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej wnętrza.

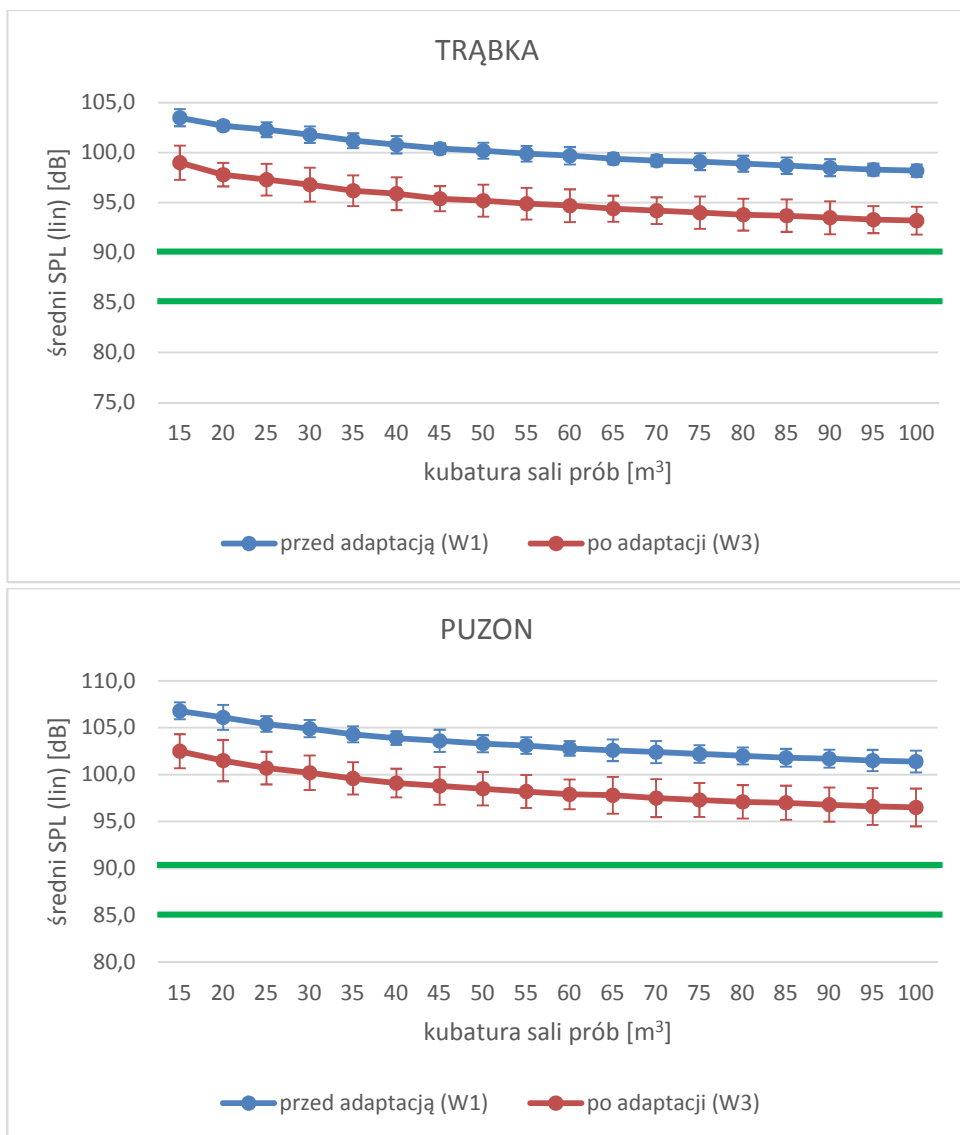
Instrumenty dęte blaszane, podobnie jak saksofon, charakteryzują się wysoką mocą akustyczną. W sali prób indywidualnych o kubaturze równej  $100 \text{ m}^3$  oraz przy założeniu adaptacji akustycznej wnętrza, średni poziom dźwięku SPL (lin) podczas próby solowej na trąbce wynosi 93,2 dB (lin), a podczas próby solowej na puzonie – 96,5 dB (lin).

Rozwiązaniem problemu zbyt dużej głośności instrumentów dętych blaszanych w sali prób może być dalsze wytlumianie pomieszczenia, czyli dodawanie kolejnych elementów pochłaniających dźwięk. Jednak zbyt krótki czas pogłosu może okazać się nieakceptowalny przez muzyków, dlatego autorka sugeruje wprowadzenie poprawki do normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], poprzez dodanie odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób dla tak głośnych instrumentów jak instrumenty dęte blaszane oraz saksofony.

Obecnie obowiązujący zakres średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób nie pozwala na wyznaczenie minimalnej kubatury pomieszczenia przeznaczonego na próby solowe na instrumentach dętych blaszanych, która mieściłaby się w kryteriach ergonomii tradycyjnej lub audytywnej. Podobnie jak w przypadku saksofonu, autorka sugeruje przyjęcie  $V = 100 \text{ m}^3$  jako wymaganą kubaturę sal prób indywidualnych przeznaczonych na próby solowe na instrumentach dętych blaszanych, jednocześnie podkreślając, że wskazane jest projektowanie sal o większych kubaturach jeśli jest to możliwe.

Przeprowadzenie adaptacji akustycznej jest konieczne – w przypadku jej braku średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o kubaturze  $V = 100 \text{ m}^3$  osiąga wartość równą 98,2 dB (lin) – dla trąbki oraz 101,4 dB (lin) – dla puzonu, co znacząco przekracza rekomendowany zakres poziomu dźwięku i może powodować uszkodzenia słuchu użytkowników sal.





Wykres 19. Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych podczas próby solowej na instrumentach dętych blaszanych.

## 5.4. Wpływ kubatury i sposobu wykończenia przegród sal prób małych zespołów muzycznych na poziom komfortu akustycznego we wnętrzu.

Podobnie jak w przypadku sal prób indywidualnych, pierwsze symulacje dotyczące sal prób małych zespołów muzycznych przeprowadzono w celu sprawdzenia efektu adaptacji akustycznej polegającej na zmianie wykończenia przegród ograniczających pomieszczenie i tym samym zapewnienia odpowiedniego czasu pogłosu  $RT$  [s] dla instrumentów cichych (strunowych) oraz instrumentów głośnych (dętych). Symulacje przeprowadzono przy założeniu próby czteroosobowego zespołu instrumentalnego, tzw. kwartetu, przy obecności nauczyciela gry. Do obliczeń wybrano dwa kwartety – kwartet smyczkowy i kwartet dęty – różniące się rodzajem instrumentów muzycznych. W skład kwartetu smyczkowego wchodziły instrumenty smyczkowe (ciche): skrzypce 1, skrzypce 2, altówka i wiolonczela. Kwartet dęty składa się z czterech instrumentów dętych drewnianych (głośnych): flet, obój, klarnet, fagot. Zamodelowanych muzyków wraz z ich instrumentami muzycznymi ustawiono po łuku. Na wprost zespołu muzycznego usytuowano nauczyciela gry.<sup>127</sup>

Pierwsze symulacje przeprowadzone przy użyciu zamodelowanego kwartetu smyczkowego miały na celu porównanie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu przed adaptacją akustyczną (wariant W1 wykończenia wnętrza) oraz po adaptacji akustycznej dedykowanej instrumentom cichym (wariant W2 wykończenia wnętrza). W przypadku kwartetu dętego porównano średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu przed adaptacją (wariant W1) oraz po adaptacji akustycznej dedykowanej instrumentom głośnym (wariant W3).<sup>128</sup>

Na Wykresach 20 - 21 przedstawiono wyniki dla wszystkich zamodelowanych sal prób małych zespołów muzycznych o różnej kubaturze (od  $20 \text{ m}^3$  do  $190 \text{ m}^3$ ). Przeprowadzenie adaptacji akustycznej dla instrumentów cichych (kwartet smyczkowy) obniża średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 3,1 – 4,4 dB (Tabela 75). Jest to spadek wyraźnie odczuwalny dla użytkowników sali prób i pozwala osiągnąć we wnętrzu czas pogłosu odpowiedni dla tego rodzaju zespołów (Załącznik 6 - Wykres 51). Przeprowadzenie adaptacji akustycznej dla instrumentów głośnych (kwartet dęty) powoduje obniżenie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 3,8 – 4,8 dB (Tabela 76) i pozwala osiągnąć we wnętrzu czas pogłosu odpowiedni dla tego rodzaju zespołów muzycznych (Załącznik 7).

**Wniosek:** Sposób wykończenia przegród ograniczających wnętrze sali prób małych zespołów muzycznych ma wpływ zarówno na długość czasu pogłosu  $RT$  w pomieszczeniu, jak i na średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób, niezależnie od rodzaju zespołu muzycznego. Przeprowadzenie adaptacji akustycznej jest konieczne, aby uzyskać rekomendowany czas pogłosu  $RT$  w pomieszczeniu, a jednocześnie obniżyć średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób. Wpływ ten jest wyraźnie odczuwalny dla użytkowników sal prób małych zespołów.

<sup>127</sup> Dokładne ustawienia zespołów muzycznych przedstawiono w formie graficznej na Ilustracji 90 – Załącznik 8.

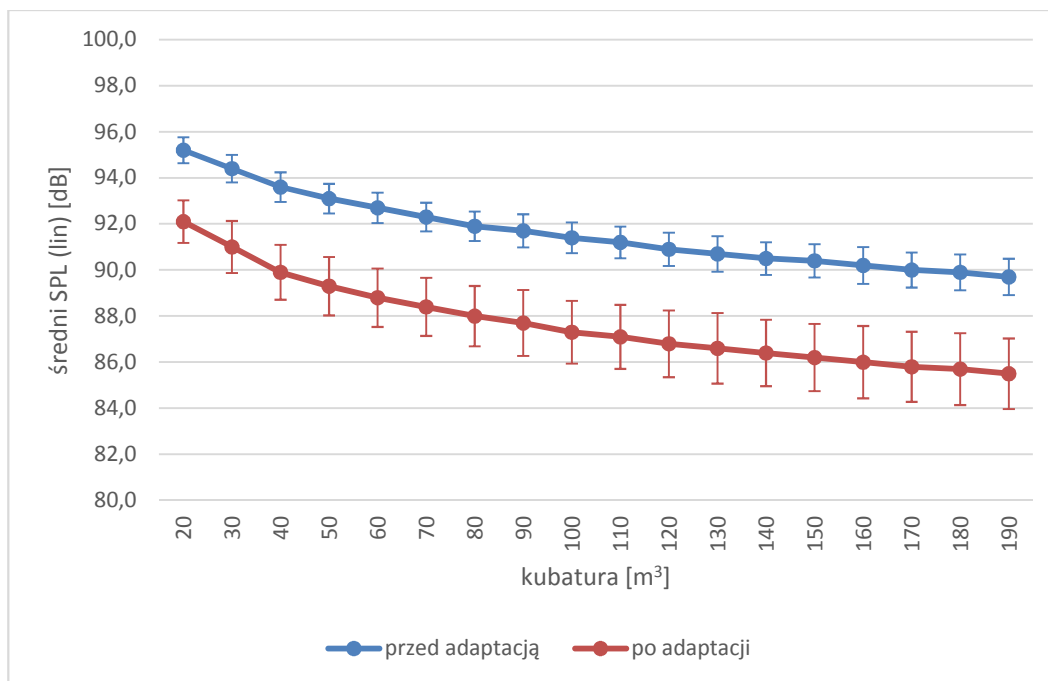
<sup>128</sup> Dokładne wartości średniego SPL (lin) oraz odchylenia standardowego przedstawiono w Tabelach 75 – 76.

KWARTET SMYCZKOWY						
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W2)		różnica W2 – W1 [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	20	95,2	0,56	92,1	0,92	- 3,1
2	30	94,4	0,6	91,0	1,13	- 3,4
3	40	93,6	0,64	89,9	1,19	- 3,7
4	50	93,1	0,64	89,3	1,27	- 3,8
5	60	92,7	0,66	88,8	1,27	- 3,9
6	70	92,3	0,62	88,4	1,26	- 3,9
7	80	91,9	0,64	88,0	1,31	- 3,9
8	90	91,7	0,72	87,7	1,43	- 4,0
9	100	91,4	0,67	87,3	1,36	- 4,1
10	110	91,2	0,69	87,1	1,39	- 4,1
11	120	90,9	0,72	86,8	1,45	- 4,1
12	130	90,7	0,77	86,6	1,53	- 4,1
13	140	90,5	0,71	86,4	1,44	- 4,1
14	150	90,4	0,72	86,2	1,46	- 4,2
15	160	90,2	0,8	86,0	1,57	- 4,2
16	170	90,0	0,76	85,8	1,52	- 4,2
17	180	89,9	0,78	85,7	1,56	- 4,2
18	190	89,7	0,79	85,5	1,53	- 4,2

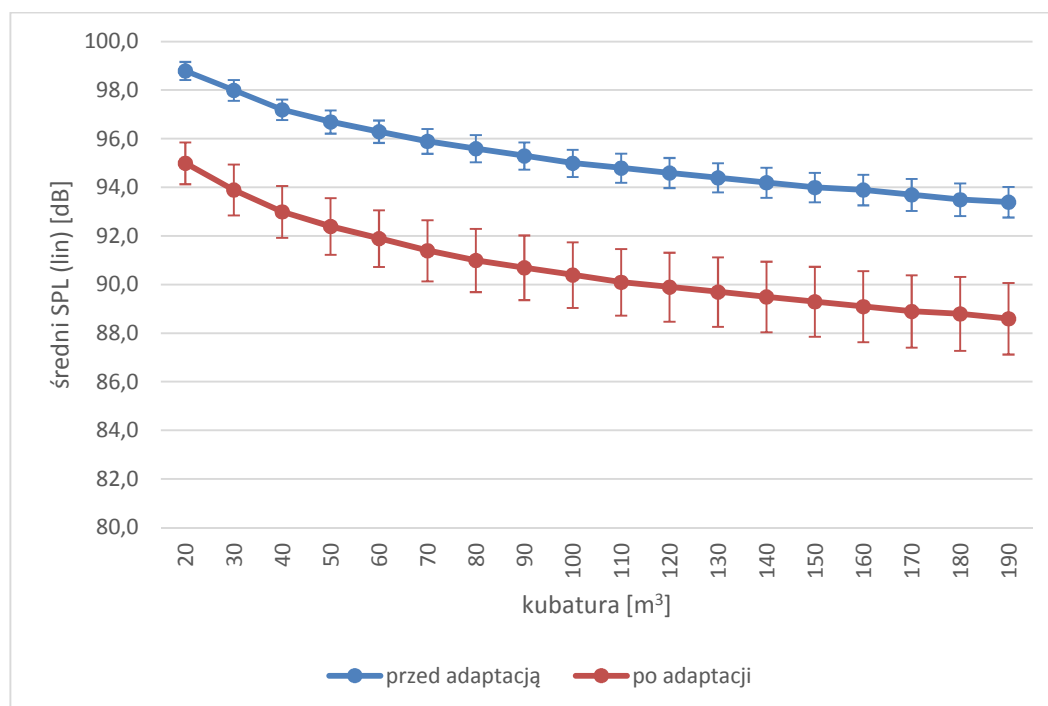
Tabela 75. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie kwartetu smyczkowego).

KWARTET DĘTY						
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)		różnica W3 – W1 [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	20	98,8	0,37	95,0	0,86	- 3,8
2	30	98,0	0,43	93,9	1,05	- 4,1
3	40	97,2	0,42	93,0	1,07	- 4,2
4	50	96,7	0,48	92,4	1,17	- 4,3
5	60	96,3	0,46	91,9	1,17	- 4,4
6	70	95,9	0,51	91,4	1,26	- 4,5
7	80	95,6	0,56	91,0	1,30	- 4,6
8	90	95,3	0,56	90,7	1,33	- 4,6
9	100	95,0	0,56	90,4	1,35	- 4,6
10	110	94,8	0,60	90,1	1,37	- 4,7
11	120	94,6	0,62	89,9	1,42	- 4,7
12	130	94,4	0,60	89,7	1,43	- 4,7
13	140	94,2	0,62	89,5	1,45	- 4,7
14	150	94,0	0,61	89,3	1,44	- 4,7
15	160	93,9	0,63	89,1	1,46	- 4,8
16	170	93,7	0,66	88,9	1,49	- 4,8
17	180	93,5	0,67	88,8	1,52	- 4,7
18	190	93,4	0,63	88,6	1,47	- 4,8

Tabela 76. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośniejszych (na przykładzie kwartetu dętego).

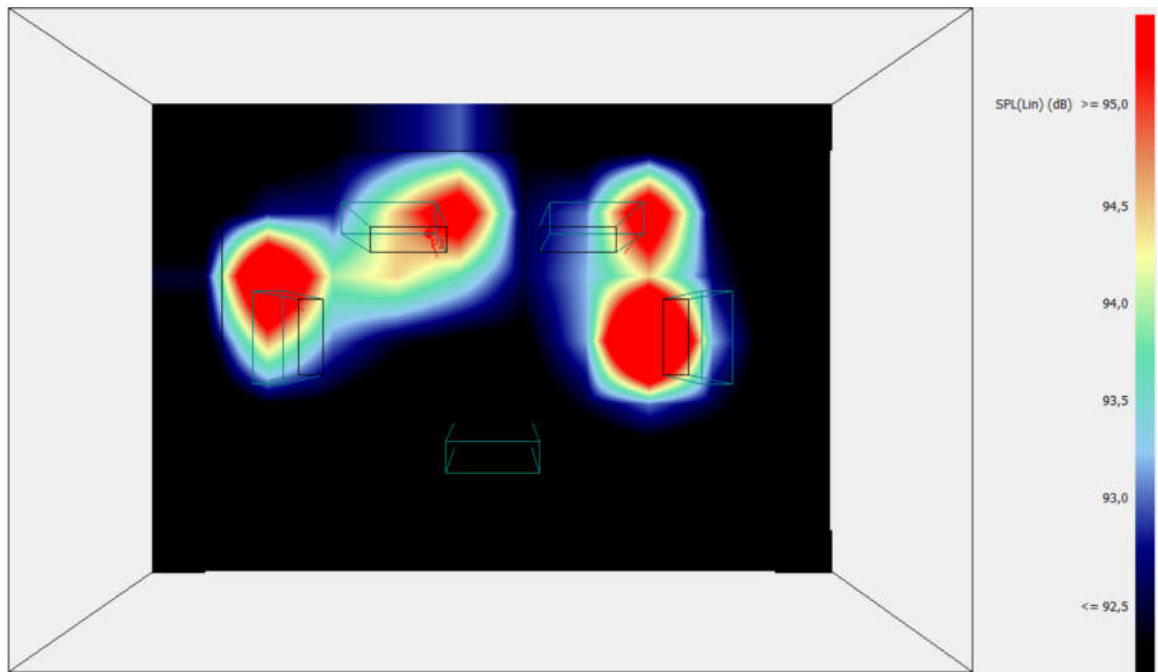


Wykres 20. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie kwartetu smyczkowego).

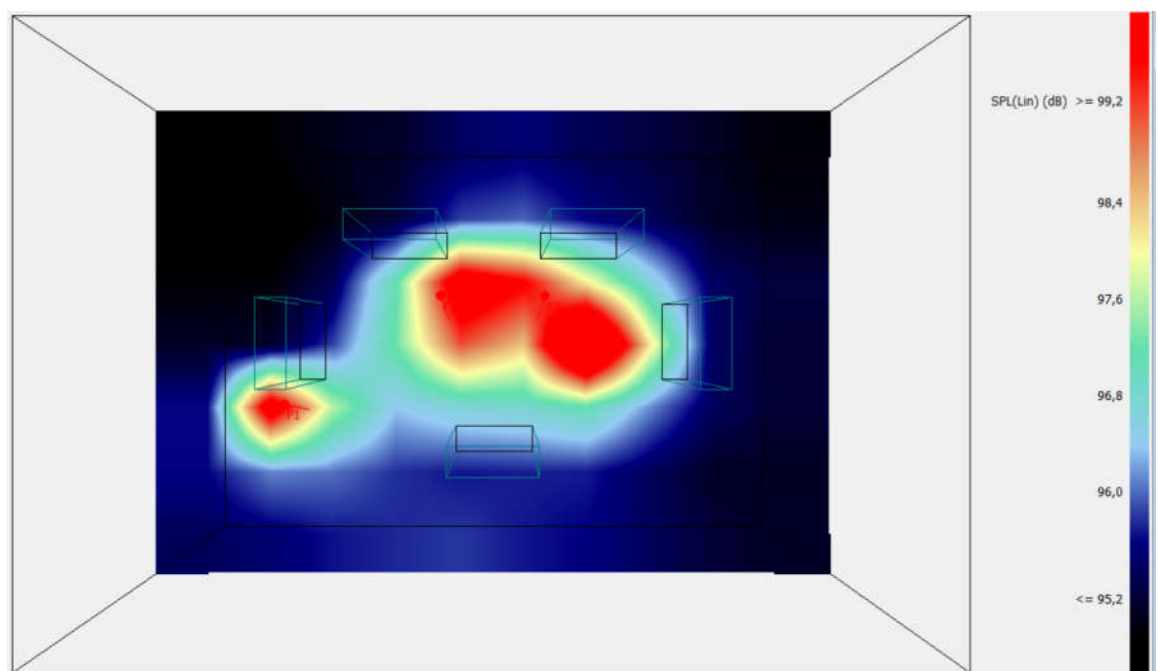


Wykres 21. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośnych (na przykładzie kwartetu dętego).

Ilustracje 85 - 86 przedstawiają rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób małych zespołów muzycznych o kubaturze  $V = 20,0 \text{ m}^3$  podczas próby kwartetu smyczkowego i kwartetu dętego. W zamodelowanych pomieszczeniach widoczne są sylwetki muzyków i nauczyciela. Przedstawione rozkłady poziomu dźwięku SPL (lin) dobrze obrazują różnice kierunkowości poszczególnych instrumentów oraz wpływ dźwięku bezpośredniego danego instrumentu na muzyka.



Ilustracja 85. Rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby kwartetu smyczkowego po adaptacji akustycznej wnętrza. [Odeon, wersja 17]



Ilustracja 86. Rozkład poziomu dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby kwartetu dętego po adaptacji akustycznej wnętrza. [Odeon, wersja 17]

Dalsze symulacje i obliczenia akustyczne przeprowadzono przy założeniu wariantu W2 wykończenia wnętrza, jeśli źródłem dźwięku były instrumenty ciche (trio smyczkowe, kwartet smyczkowy, kwintet smyczkowy) oraz przy założeniu wariantu W3 wykończenia wnętrza, jeśli źródłem dźwięku były instrumenty głośnie (kwartet dęty, kwintet dęty blaszany).

Kolejne symulacje przeprowadzono w celu zbadania wpływu zmiany kubatury sal prób małych zespołów muzycznych na komfort akustyczny w ich wnętrzu. Symulacje wykonano dla osiemnastu zamodelowanych sal prób małych zespołów muzycznych przyjętych do obliczeń na podstawie kryteriów wymienionych w Załączniku 6, dla dwóch różnych zespołów instrumentalnych: kwartetu smyczkowego i kwartetu dętego. Założono, że próby odbywają się przy ustawieniu muzyków po łuku,<sup>129</sup> przodem w kierunku ściany wykończonej tynkiem cementowo – wapiennym oraz przy obecności nauczyciela gry.<sup>130</sup> Przyjęto model wykończenia wnętrza sali prób odpowiedni dla danych instrumentów muzycznych (W2 dla kwartetu smyczkowego oraz W3 dla kwartetu dętego). Wyniki dla obu zespołów muzycznych przedstawiono w Tabeli 77 oraz na Wykresie 22.

Wykres 22 obrazuje jak średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu spada wraz ze wzrostem kubatury sali prób. Zależność ta przybiera postać funkcji logarytmicznej ze względu na sposób zmiany kubatury kolejnych pomieszczeń – w każdym przypadku jest to wzrost kubatury o 10 m<sup>3</sup>. W Tabeli 77 dodatkowo przedstawiono spadki średniego poziomu dźwięku SPL (lin) pomiędzy poszczególnymi kubaturami. Najbardziej odczuwalne są spadki średniego poziomu dźwięku SPL (lin) podczas zwiększania kubatury pomieszczenia z 20 m<sup>3</sup> do 30 m<sup>3</sup> (spadek SPL (lin) o 1,1 dB). Kubatura sali prób zwiększa się wówczas o 50 %. Kolejne różnice między poziomami dźwięku zmniejszają się wraz ze wzrostem kubatury, ponieważ procentowy wzrost kubatury również się zmniejsza – kubatura początkowo zwiększa się o 50 %, następnie o 33 %, 25 %, 20 % itd. Ostatni wzrost kubatury wynosi 5,6 %.

Wyniki przedstawione w Tabeli 77 ukazują kolejne zależności pomiędzy wzrostem kubatury a spadkiem średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu:

- podwojenie kubatury powoduje spadek SPL (lin) o 1,9 – 2,2 dB;
- zwiększenie kubatury trzykrotnie powoduje spadek SPL (lin) o 3,1 – 3,3 dB;
- zwiększenie kubatury czterokrotnie powoduje spadek SPL (lin) o 3,9 – 4,2 dB;
- zwiększenie kubatury pięciokrotnie powoduje spadek SPL (lin) o 4,6 – 4,8 dB.

Są to wartości równe lub bardzo zbliżone do wartości spadków SPL (lin) w przypadku zwiększania kubatury sal prób indywidualnych.

---

<sup>129</sup> Dokładne ustawienia zespołów muzycznych przedstawiono w formie graficznej na Ilustracji 90 – Załącznik 8.

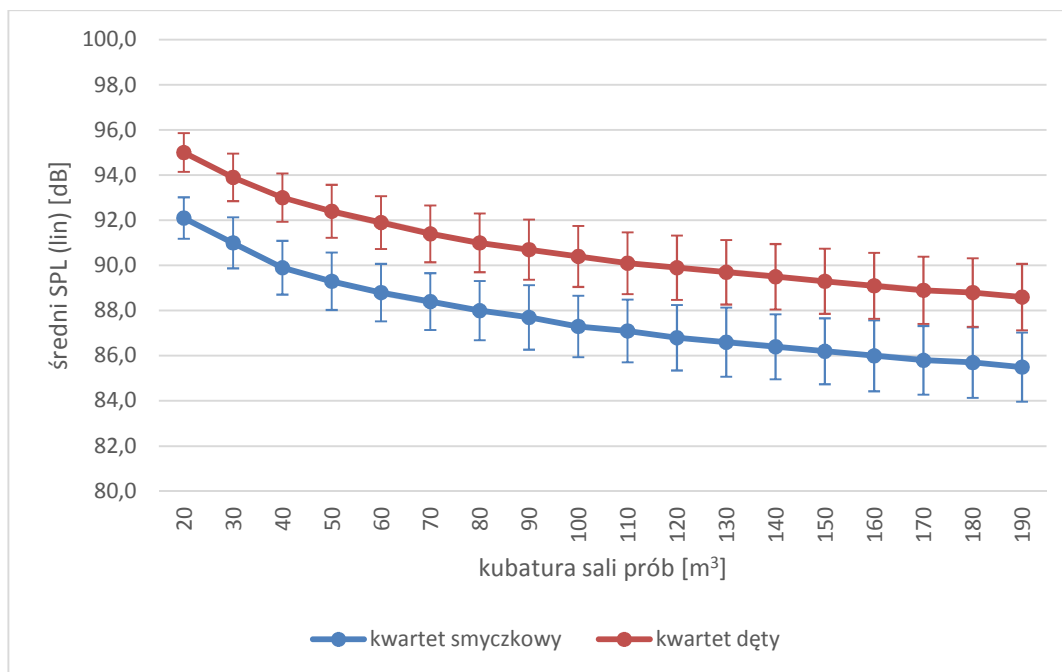
<sup>130</sup> Symulacje przeprowadzone w zamodelowanych salach prób indywidualnych dowiodły, iż kierunkowość instrumentu muzycznego i obecność nauczyciela gry podczas próby, nie mają wpływu na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od wielkości sali prób i rodzaju instrumentu muzycznego – Załącznik 9.

**Wniosek:** Zmiana kubatury sali prób małych zespołów muzycznych ma wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od rodzaju zespołu muzycznego. Wpływ ten jest odczuwalny dla użytkowników sal prób małych zespołów muzycznych.

nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	KWARTET SMYCZKOWY			KWARTET DĘTY		
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	różnica między kolejnymi kubaturami [dB]	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	różnica między kolejnymi kubaturami [dB]
1	20	92,1	0,92		95,0	0,86	
2	30	91,0	1,13	- 1,1	93,9	1,05	- 1,1
3	40	89,9	1,19	- 1,1	93,0	1,07	- 0,9
4	50	89,3	1,27	- 0,6	92,4	1,17	- 0,6
5	60	88,8	1,27	- 0,5	91,9	1,17	- 0,5
6	70	88,4	1,26	- 0,4	91,4	1,26	- 0,5
7	80	88,0	1,31	- 0,4	91,0	1,30	- 0,4
8	90	87,7	1,43	- 0,3	90,7	1,33	- 0,3
9	100	87,3	1,36	- 0,4	90,4	1,35	- 0,3
10	110	87,1	1,39	- 0,2	90,1	1,37	- 0,3
11	120	86,8	1,45	- 0,3	89,9	1,42	- 0,2
12	130	86,6	1,53	- 0,2	89,7	1,43	- 0,2
13	140	86,4	1,44	- 0,2	89,5	1,45	- 0,2
14	150	86,2	1,46	- 0,2	89,3	1,44	- 0,2
15	160	86,0	1,57	- 0,2	89,1	1,46	- 0,2
16	170	85,8	1,52	- 0,2	88,9	1,49	- 0,2
17	180	85,7	1,56	- 0,1	88,8	1,52	- 0,1
18	190	85,5	1,53	- 0,2	88,6	1,47	- 0,2

Tabela 77. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w zamodelowanych salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby kwartetu smyczkowego oraz kwartetu dętego.





Wykres 22. Wpływ zmiany kubatury pomieszczenia na średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób małych zespołów muzycznych (na przykładzie kwartetu smyczkowego i kwartetu dętego).

Zgodnie z przyjętą w niniejszej pracy definicją sali prób małych zespołów muzycznych<sup>131</sup>, jest to pomieszczenie przeznaczone na próby zespołów instrumentalnych, składających się z trzech do dwunastu muzyków. Autorka uznała za konieczne sprawdzenie jak zmienia się średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu wraz ze zmianą liczebności zespołu muzycznego, przy założeniu stałej grupy instrumentów muzycznych. W tym celu przeprowadzono symulacje dla trio smyczkowego<sup>132</sup>, kwartetu smyczkowego<sup>133</sup> oraz kwintetu smyczkowego<sup>134</sup>. Wyniki dla sal prób małych zespołów muzycznych o różnych kubaturach przedstawiono w Tabeli 78 oraz na Wykresie 23.

Zmiana zespołu ćwiczeniowego z trio smyczkowego na kwartet smyczkowy oznacza dodanie czwartego źródła dźwięku jakim są skrzypce. Ta zmiana powoduje wzrost średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 1,2 – 1,3 dB. Zmiana zespołu ćwiczeniowego z kwartetu smyczkowego na kwintet smyczkowy oznacza dodanie piątego źródła dźwięku jakim jest altówka. Ta zmiana powoduje wzrost średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 0,7 dB.<sup>135</sup> Dla porównania, symulacje przeprowadzone w salach prób indywidualnych wskazują, że zmiana z próby solowej na skrzypcach na próbę w duecie, czyli dodanie drugiego źródła dźwięku jakim są również skrzypce, powoduje wzrost średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 3,0 – 3,2 dB. Oznacza to, że im bardziej

<sup>131</sup> Definicję sal prób indywidualnych oraz sal prób małych zespołów muzycznych przedstawiono w Rozdziale III.

<sup>132</sup> Trzyosobowy zespół instrumentalny, w skład którego wchodzi skrzypce, altówka i wiolonczela.

<sup>133</sup> Czteroosobowy zespół instrumentalny, w skład którego wchodzi skrzypce 1, skrzypce 2, altówka i wiolonczela.

<sup>134</sup> Pięcioosobowy zespół instrumentalny, w skład którego wchodzi skrzypce 1, skrzypce 2, altówka 1, altówka 2 i wiolonczela. Spotykany jest też inny skład: skrzypce 1, skrzypce 2, altówka, wiolonczela 1 i wiolonczela 2.

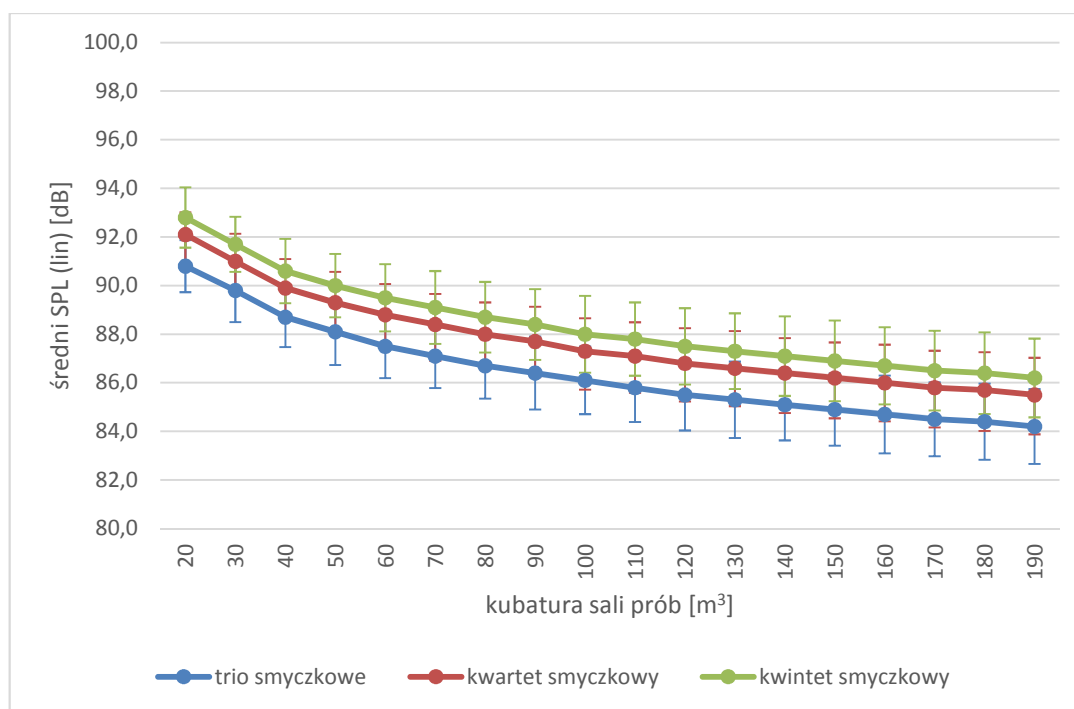
<sup>135</sup> Istotny jest tu fakt, że skrzypce i altówka charakteryzują się podobną mocą akustyczną (Tabela 126 – Załącznik 8).

liczebny zespół ćwiczeniowy w sali prób, tym mniejszy wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) ma dodawanie kolejnych muzyków.

Trio, kwartet i kwintet to zespoły instrumentalne, które najczęściej korzystają z sal prób małych zespołów muzycznych. Zmiana zespołu ćwiczeniowego z trio smyczkowego na kwintet smyczkowy oznacza dodanie czwartego i piątego źródła dźwięku jakim są skrzypce i altówka. Ta zmiana powoduje wzrost średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 1,9 – 2,0 dB. Oznacza to, że przy wyborze wielkości sali prób małych zespołów muzycznych należy uwzględnić wzrost średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu o 2 dB lub więcej, jeśli pomieszczenie ma być przeznaczone na próby większych zespołów instrumentalnych niż kwintety.

nr sali prób	kubatura [m3]	TRIO		KWARTET		KWINTET	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	20	90,8	1,07	92,1	0,92	92,8	1,24
2	30	89,8	1,30	91,0	1,13	91,7	1,13
3	40	88,7	1,23	89,9	1,19	90,6	1,32
4	50	88,1	1,37	89,3	1,27	90,0	1,30
5	60	87,5	1,31	88,8	1,27	89,5	1,38
6	70	87,1	1,32	88,4	1,26	89,1	1,50
7	80	86,7	1,35	88,0	1,31	88,7	1,45
8	90	86,4	1,50	87,7	1,43	88,4	1,46
9	100	86,1	1,39	87,3	1,36	88,0	1,58
10	110	85,8	1,41	87,1	1,39	87,8	1,51
11	120	85,5	1,46	86,8	1,45	87,5	1,57
12	130	85,3	1,57	86,6	1,53	87,3	1,56
13	140	85,1	1,47	86,4	1,44	87,1	1,64
14	150	84,9	1,49	86,2	1,46	86,9	1,66
15	160	84,7	1,60	86,0	1,57	86,7	1,59
16	170	84,5	1,52	85,8	1,52	86,5	1,64
17	180	84,4	1,57	85,7	1,56	86,4	1,68
18	190	84,2	1,54	85,5	1,53	86,2	1,62

Tabela 78. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby trio, kwartetu oraz kwintetu smyczkowego.



Wykres 23. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby trio, kwartetu oraz kwintetu smyczkowego.

Ostatnie symulacje dotyczące sal prób małych zespołów muzycznych przeprowadzono w celu wyznaczenia minimalnych wielkości tych pomieszczeń dla poszczególnych grup zespołów instrumentalnych. Powyższe symulacje dowiodły, że zmiana sposobu wykończenia wnętrza oraz kubatura sali prób mają zdecydowany wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu. Przy wyznaczaniu minimalnych wielkości sal prób muzycznych należy uwzględnić zarówno wpływ wykończenia wnętrza, jak i wpływ kubatury pomieszczenia.

Do obliczeń wybrano następujące grupy zespołów instrumentalnych:

- trio smyczkowe, kwartet smyczkowy, kwintet smyczkowy (instrumenty smyczkowe);
- kwartet dęty (instrumenty dęte drewniane);
- kwintet dęty blaszany<sup>136</sup> (instrumenty dęte blaszane).

Symulacje przeprowadzono we wszystkich osiemnastu zamodelowanych salach prób małych zespołów muzycznych przyjętych do obliczeń, w dwóch różnych wariantach wykończenia wnętrza – przed adaptacją (W1) oraz po adaptacji akustycznej (W2 lub W3). Wyniki dla każdego zespołu instrumentalnego przedstawiono na Wykresach 24 - 26. Zielonymi liniami zaznaczono rekomendowany zakres średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób muzycznych zgodnie z zaleceniami normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], który wynosi 85 – 90 dB(lin).<sup>137</sup> Dokładne wartości liczbowe średnich poziomów dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniach oraz odchylenia standardowego podczas próby każdego zamodelowanego zespołu instrumentalnego przedstawiono w Tabeli 75 - 76 oraz w Załączniku 11 niniejszej pracy.

<sup>136</sup> Pięciosobowy zespół instrumentalny, w skład którego wchodzi: trąbka 1, trąbka 2, róg, puzon i tuba.

<sup>137</sup> Wybór rekomendowanego przedziału wartości SPL (lin) wyjaśniono w punkcie 2.3.3. (Rozdział II) oraz w punkcie 5.2. (Rozdział V) niniejszej pracy.

## INSTRUMENTY STRUNOWE<sup>138</sup> – MAŁE ZESPOŁY

Jako przykład zespołów muzycznych, w skład których wchodzi instrumenty strunowe wybrano trio smyczkowe, kwartet smyczkowy i kwintet smyczkowy. Wyniki symulacji przedstawiono oddzielnie dla każdego zespołu instrumentalnego na Wykresie 24.

Biorąc pod uwagę jedynie wartość średniego SPL (lin) w pomieszczeniu, sala prób o kubaturze 30 m<sup>3</sup> okazuje się być wystarczająco duża dla trio smyczkowego, przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej wnętrza. Jeśli uwzględni się dodatkowo odchylenie standardowe SPL (lin) wówczas minimalna wymaga kubatura sali prób zwiększa się do 40 m<sup>3</sup>. Uwzględnienie odchylenia standardowego przy wyznaczaniu minimalnej kubatury sal prób muzycznych jest bardzo korzystne dla użytkowników sali prób, ponieważ pozwala na utrzymanie poziomu dźwięku w całym pomieszczeniu w rekomendowanym zakresie wartości, nie tylko wartości średniej. W przypadku sal prób bez adaptacji akustycznej, minimalna wymagana kubatura pomieszczenia jest zdecydowanie większa – dopiero przy kubaturze równej 110 m<sup>3</sup> średni poziom dźwięku SPL (lin) spada do granicznej wartości 90dB.

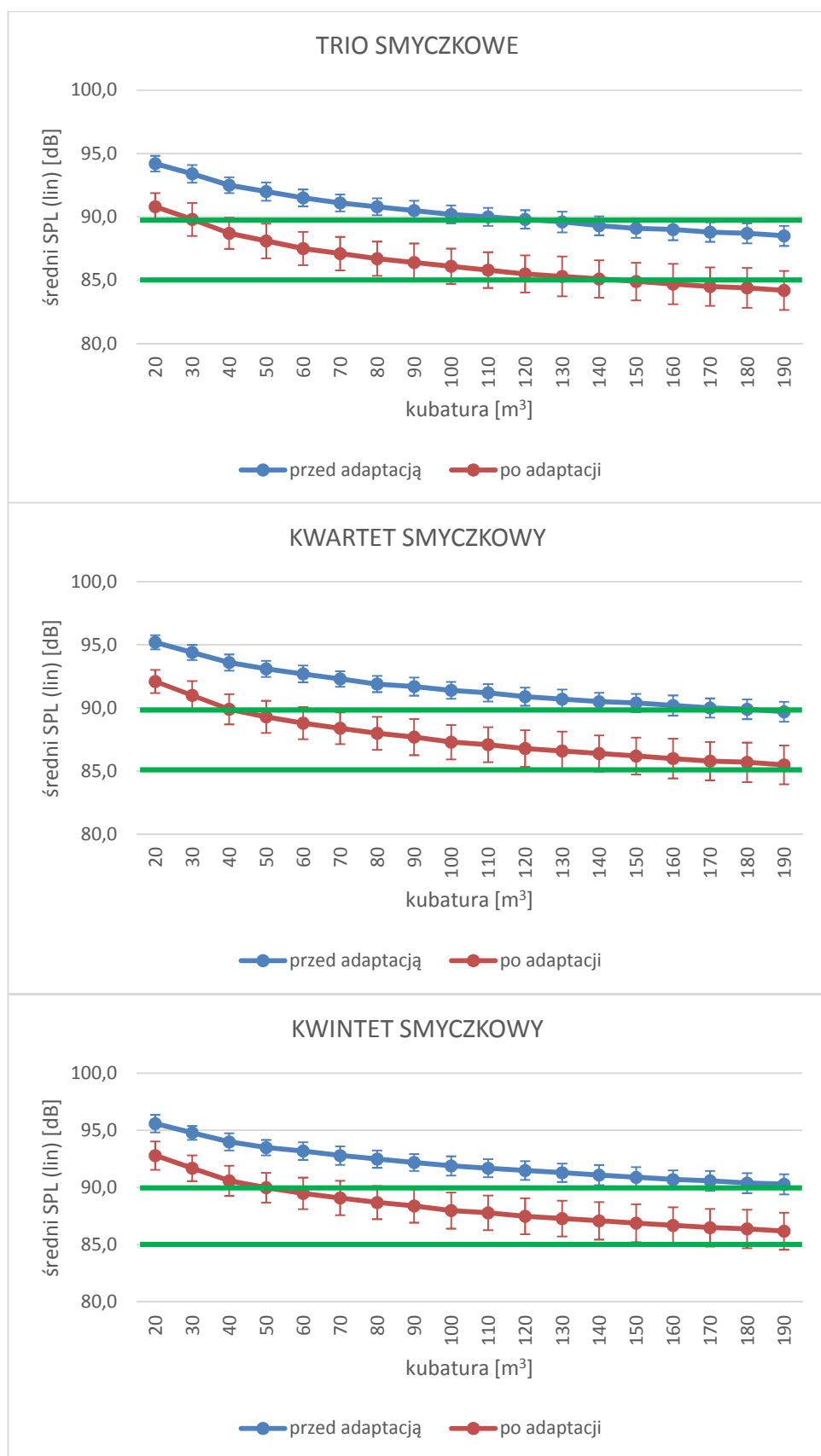
W analogiczny sposób wyznaczono minimalną kubaturę sali prób dla kwartetu smyczkowego i kwintetu smyczkowego. Wyniki przedstawiono w Tabeli 79.

Biorąc pod uwagę, że sale prób małych zespołów muzycznych są przeznaczone dla grup składających się z trzech do dwunastu muzyków, autorka sugeruje aby przyjąć kubaturę 90 m<sup>3</sup> jako minimalną dla sal prób małych zespołów grających na instrumentach strunowych, przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej wnętrza. Sugerowana minimalna kubatura sali prób pozwoli na osiągnięcie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w przedziale wartości 86,4 – 88,4 dB (lin) podczas prób trio, kwartetu i kwintetu smyczkowego, pozostawiając możliwość wzrostu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) dla liczniejszych zespołów instrumentalnych. Dodatkowo kubatura równa 90 m<sup>3</sup> pozwala na utrzymanie poziomu dźwięku SPL (lin) w rekomendowanych zakresie w całym pomieszczeniu podczas próby trio, kwartetu i kwintetu smyczkowego (uwzględnienie odchylenia standardowego).

	minimalna kubatura sali prób [m <sup>3</sup> ]		
	na podstawie średniego SPL (lin)	na podstawie średniego SPL (lin) i odchylenia standardowego	bez adaptacji akustycznej
trio smyczkowe	30	40	110
kwartet smyczkowy	40	70	170
kwintet smyczkowy	50	90	pow. 190

Tabela 79. Minimalne kubatury sal prób małych zespołów muzycznych dla trio, kwartetu oraz kwintetu smyczkowego.

<sup>138</sup> Wybrane do analizy zespoły muzyczne składają się z instrumentów smyczkowych, które stanowią oddzielną grupę instrumentów strunowych. Autorka posłużyła się jednak nazwą grupy "instrumenty strunowe" dla zachowania spójności z analizami sal prób indywidualnych, gdzie poza instrumentami smyczkowymi, analizie poddano również gitarę - instrument strunowy szarpany.



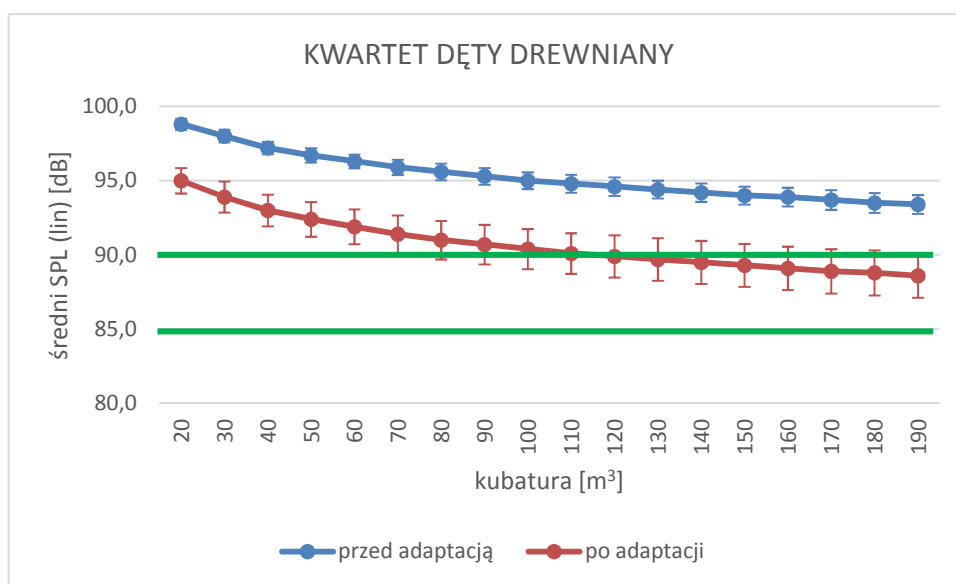
Wykres 24. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby na instrumentach strunowych.

## INSTRUMENTY DĘTE DREWNIANE – MAŁE ZESPOŁY

Jako przykład zespołu muzycznego, w skład którego wchodzi instrumenty dęte drewniane wybrano kwartet dęty. Wyniki symulacji przedstawiono na Wykresie 25, który pokazuje, że średni poziom dźwięku SPL (lin) spada poniżej 90,0 dB (lin) dopiero przy kubaturze równej 120m<sup>3</sup>, natomiast chcąc zawrzeć w rekomendowanym zakresie wartość średnią SPL (lin) wraz z odchyleniem standardowym, należałoby zwiększyć kubaturę pomieszczenia do 190 m<sup>3</sup>. W przypadku sal prób bez adaptacji akustycznej nawet największa zamodelowana sala prób o kubaturze 190 m<sup>3</sup> okazuje się być zbyt mała – średni poziom dźwięku w tej sali wynosi 93,4 dB(lin), co udowadnia konieczność wykonywania adaptacji akustycznej w tego typu pomieszczeniach.

Mając na uwadze aspekty ekonomiczne, autorka sugeruje aby przyjąć kubaturę 120 m<sup>3</sup> jako minimalną dla sal prób małych zespołów grających na instrumentach dętych drewnianych, przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej wewnątrz. Sugerowana minimalna kubatura sali prób pozwala na uzyskanie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) o wartości 89,9 dB podczas prób kwartetu dętego, nie pozostawiając możliwości wzrostu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) dla liczniejszych zespołów instrumentalnych. Należy podkreślić, że wyznaczona minimalna kubatura jest absolutnym minimum i należy dążyć do zapewnienia większych sal prób dla tego typu zespołów muzycznych.

Analiza średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych wykazała, że saksofony należy traktować w sposób szczególny ze względu na ich wysoką moc akustyczną, zbliżoną do instrumentów dętych blaszanych (Tabela 126 – Załącznik 8). Dlatego wyznaczona minimalna kubatura sali prób małych zespołów grających na instrumentach dętych drewnianych nie obejmuje zespołów, w których jednym z instrumentów jest saksofon np. kwartet saksofonowy.



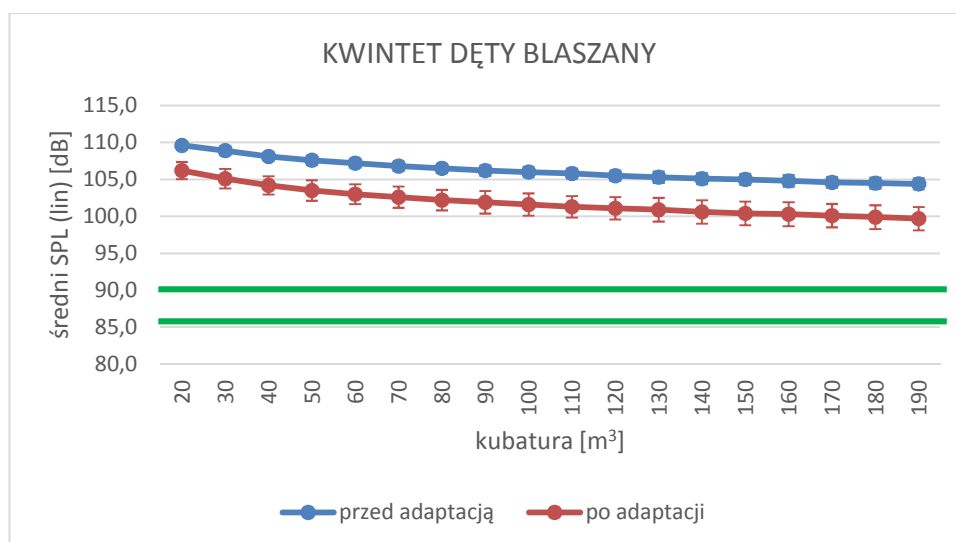
Wykres 25. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby na instrumentach dętych drewnianych.

## INSTRUMENTY DĘTE BLASZANE– MAŁE ZESPOŁY

Jako przykład zespołu muzycznego, w skład którego wchodzi instrumenty dęte blaszane wybrano kwintet dęty blaszany. Wyniki symulacji przedstawiono na Wykresie 26, który pokazuje, że średni poziom dźwięku SPL (lin) utrzymuje się zdecydowanie powyżej 90 dB (lin) dla wszystkich zamodelowanych sal prób muzycznych. Dla największej zamodelowanej sali prób o kubaturze równej 190 m<sup>3</sup> oraz przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej wnętrza, średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu wynosi 99,7 dB.

Dalsze zwiększanie kubatury sali prób autorka uznała za nieekonomiczne, tym bardziej, że wraz z kolejnym wzrostem kubatury sali prób spadki średniego poziomu dźwięku SPL (lin) są coraz mniejsze. Rozwiązaniem problemu zbyt dużej głośności instrumentów dętych blaszanych w sali prób może być dalsze wytlumianie pomieszczenia, czyli dodawanie kolejnych elementów pochłaniających dźwięk. Jednak zbyt krótki czas pogłosu może okazać się nieakceptowalny przez muzyków, dlatego autorka sugeruje wprowadzenie poprawki do normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5] poprzez dodanie odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w salach prób dla tak głośnych instrumentów jak instrumenty dęte blaszane.

Obecnie rekomendowany zakres średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w sali prób nie pozwala na wyznaczenie minimalnej kubatury pomieszczenia dedykowanego próbom małych zespołów grających na instrumentach dętych blaszanych, która mieściłaby się w kryteriach ergonomii tradycyjnej lub audytywnej.<sup>139</sup> Biorąc pod uwagę względy ekonomiczne, autorka sugeruje przyjąć jako minimum kubaturę równą 190 m<sup>3</sup>, która pozwoli na zmniejszenie średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu poniżej 100 dB (lin), jednocześnie podkreślając, że wskazane jest projektowanie sal o większych kubaturach jeśli jest to możliwe.



Wykres 26. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby na instrumentach dętych blaszanych.

<sup>139</sup> Analizę poszerzono o salę prób o maksymalnej kubaturze wg ergonomii audytywnej  $V = 320 \text{ m}^3$ . Przy takiej kubaturze średni poziom dźwięku SPL (lin) wyniósł 98,3 dB (lin), co zdecydowanie przekracza rekomendowany przedział wartości.

## 5.5. Podsumowanie analizy wpływu wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych na poziom komfortu akustycznego w salach prób muzycznych.

Przeprowadzone analizy rozkładu modów w pomieszczeniach, symulacje i obliczenia akustyczne w zamodelowanych salach prób indywidualnych oraz w zamodelowanych salach prób małych zespołów muzycznych pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Rozkład modów w pomieszczeniu, a tym samym odstęp dźwięku w salach prób muzycznych w niskich częstotliwościach, zależy od proporcji pomieszczenia, a nie od jego konkretnych wymiarów.
- W celu uniknięcia zjawiska nakładania się modów w sali prób, należy projektować pomieszczenia, których proporcje nie charakteryzują się szczególnymi cechami tj. wymiary nie są sobie równe oraz nie stanowią swojej wielokrotności. Należy również unikać projektowania pomieszczeń, w których stosunek dwóch wymiarów jest równy 1,5.
- Nawet niewielka zmiana proporcji pomieszczenia (np. zmiana wymiarów o 10%) może zdecydowanie polepszyć lub pogorszyć rozkład modów w pomieszczeniu.
- Istnieje korelacja pomiędzy rozkładem modów w pomieszczeniu a wartością współczynnika FSI. Zależność ta zachodzi przedziałami wartości i nie ma przełożenia na jednoznaczny wzór zależności.
- W celu osiągnięcia jak najlepszego rozkładów modów, a tym samym gładkiej odpowiedzi częstotliwościowej w niskich częstotliwościach, należy dążyć do jak najniższej wartości współczynnika FSI oraz unikać proporcji charakteryzujących się szczególnymi cechami tj. równość lub wielokrotność wymiarów, stosunek wymiarów równy 1,5.
- Zmiana sposobu wykończenia przegród ograniczających wewnątrz sali prób ma wpływ zarówno na długość czasu pogłosu RT w pomieszczeniu, jak i na średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób, niezależnie od rodzaju instrumentu muzycznego i składu zespołu ćwiczeniowego. Przeprowadzenie adaptacji akustycznej jest konieczne, aby uzyskać rekomendowany czas pogłosu RT w pomieszczeniu, a jednocześnie obniżyć średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób, tym samym zmniejszając wymaganą minimalną kubaturę tych pomieszczeń. Wpływ ten jest znacząco odczuwalny dla użytkowników sal prób muzycznych.
- Brak jest wpływu kierunkowości instrumentu muzycznego na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od wielkości sali prób i rodzaju instrumentu muzycznego.
- Brak jest wpływu obecności nauczyciela gry w sali prób na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od wielkości sali prób i rodzaju instrumentu muzycznego.
- Zmiana kubatury sali prób ma decydujący wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od rodzaju instrumentu muzycznego i składu zespołu ćwiczeniowego. Wpływ ten jest znacząco odczuwalny dla użytkowników sal prób.



- Przy wyznaczaniu minimalnych wielkości sal prób muzycznych należy wziąć pod uwagę zarówno wpływ sposobu wykończenia wnętrza, jak i wpływ kubatury na poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu. Ustalono następujące minimalne kubatury sal prób muzycznych zależne od instrumentu muzycznego i składu zespołu ćwiczeniowego, przy założeniu wykonania adaptacji akustycznej pomieszczenia:
  - sala prób indywidualnych przeznaczona dla instrumentów strunowych (z wyjątkiem gitary):  $V_{\min} = 40,0 \text{ m}^3$ ;
  - sala prób indywidualnych dedykowana próbom na gitarze:  $V_{\min} = 15,0 \text{ m}^3$ ;
  - sala prób indywidualnych przeznaczona dla instrumentów dętych drewnianych (z wyjątkiem saksofonu):  $V_{\min} = 50,0 \text{ m}^3$ ;
  - sala prób indywidualnych dedykowana próbom na saksofonie:  $V_{\min} = 100,0 \text{ m}^3$  (ze wskazaniem projektowania większych sal prób);
  - sala prób indywidualnych przeznaczona dla instrumentów dętych blaszanych:  $V_{\min} = 100,0 \text{ m}^3$  (ze wskazaniem projektowania większych sal prób);
  - sala prób małych zespołów muzycznych dedykowana instrumentom strunowym:  $V_{\min} = 90,0 \text{ m}^3$ ;
  - sala prób małych zespołów muzycznych dedykowana instrumentom dętym drewnianym (bez saksofonów):  $V_{\min} = 120,0 \text{ m}^3$  (ze wskazaniem projektowania większych sal prób);
  - sala prób małych zespołów muzycznych dedykowana instrumentom dętym blaszanym:  $V_{\min} = 190,0 \text{ m}^3$  (ze wskazaniem projektowania większych sal prób).

Wyznaczone minimalne kubatury sal prób muzycznych są równe lub większe od minimalnych kubatur przedstawionych w normie ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5] (Tabela 80). Wyjątek stanowią sale prób na gitarze, które autorka wyodrębniła ze względu na niską moc akustyczną instrumentu. Normy [N4, N5] zaliczają taką salę do sal prób instrumentów cichych. W przypadku sal prób małych zespołów muzycznych grających na instrumentach strunowych, wymagania normy ISO 23591:2021 [N4] są wyższe niż wynika to z autorskiej analizy. Największa różnica minimalnej kubatury sal prób dotyczy pomieszczeń przeznaczonych na próby indywidualne na instrumentach dętych blaszanych oraz na saksofonie – autorska analiza wykazała konieczność podwojenia minimalnej kubatury w stosunku do zaleceń normy ISO 23591:2021 [N4].

- Należy rozważyć możliwość wprowadzenia do normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5] odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w salach prób dla tak cichych instrumentów jak gitara oraz odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w salach prób dla tak głośnych instrumentów jak saksofon i instrumenty dęte blaszane.

		Rekomendowane kubatury sal prób muzycznych [m <sup>3</sup> ]		
		Zakres zalecany wg NS 8178:2014 [N5]	Zakres zalecany wg ISO 23591:2021 [N4]	Zakres wyznaczony w niniejszej pracy wg autorskiej analizy
SALE PRÓB INDYWIDUALNYCH	Instrumenty strunowe (ciche); bez gitary	≥ 30	≥ 35	≥ 40
	gitara	≥ 30	≥ 35	≥ 15
	instrumenty dęte drewniane (głośne); bez saksofonu	≥ 40	≥ 50	≥ 50
	saksofon	≥ 40	≥ 50	≥ 100
	instrumenty dęte blaszane (głośne)	≥ 40	≥ 50	≥ 100
SALE PRÓB MAŁYCH ZESPOŁÓW MUZYCZNYCH	instrumenty strunowe (ciche); dla N = 3-5	≥ 15 x N = 45 - 75	≥ 25 x N = 75 - 125	≥ 90
	Instrumenty dęte drewniane (głośne); bez saksofonów; dla N = 4	≥ 20 x N = 80	≥ 30 x N = 120	≥ 120
	instrumenty dęte blaszane (głośne); dla N = 5	≥ 20 x N = 100	≥ 30 x N = 150	≥ 190

Tabela 80. Wyznaczone w ramach niniejszej pracy i autorskiej analizy minimalne kubatury sal prób muzycznych wraz z porównaniem ich do obecnego stanu wiedzy technicznej wg norm [N4, N5].



## Rozdział VI

### Podsumowanie i wnioski.

#### 6.1. Podsumowanie i wnioski końcowe.

Głównym celem niniejszej pracy było znalezienie relacji między architekturą rozumianą jako połączenie formy, funkcji i konstrukcji a akustyką wewnątrz, na przykładzie sal prób muzycznych zlokalizowanych w obiektach edukacji muzycznej. Ze względu na bardzo złożoną i wielowątkową problematykę podjętą w pracy, główny cel rozbito na cztery zadania, które zrealizowano w Rozdziałach III, IV i V, stanowiących część analityczną pracy.

W Rozdziale III, na podstawie dostępnej literatury stanowiącej stan badań niniejszej pracy oraz wyników autorskiej ankiety, przeprowadzonej na cele niniejszej pracy i skierowanej do osób zawodowo związanych z muzyką, stworzono autorską metodę oceny sal prób muzycznych i zdefiniowano kryteria oceny jakości architektonicznej oraz kryteria oceny jakości akustycznej sal prób muzycznych. Zarówno kryteria oceny jakości architektonicznej, jak i kryteria oceny jakości akustycznej odnoszą się do parametrów funkcjonalno-przestrzennych i właściwości typowo architektonicznych, lecz takich, które jednocześnie mają bezpośredni wpływ na jakość akustyczną wnętrza. Dzięki temu ocena jakości akustycznej może zostać przeprowadzona przez architekta bez konieczności znajomości aspektów akustyki wewnątrz. Sformułowane kryteria i przypisane im skale ocen pozwalają na szybką i łatwą wstępną ocenę jakości architektonicznej i jakości akustycznej jeszcze na etapie koncepcji architektonicznej. Pozwoli to uniknąć błędów, których późniejsza eliminacja byłaby niemożliwa lub wiązałaby się z dodatkowym nakładem finansowym.

W Rozdziale IV przeprowadzono analizę możliwości kształtowania sal prób muzycznych oraz ich klasyfikację, na podstawie wyznaczonych wcześniej kryteriów oceny jakości architektonicznej i jakości akustycznej. Ocenie poddano piętnaście sal prób muzycznych, podzielonych na trzy grupy ze względu na liczebność zespołu ćwiczeniowego (sale prób indywidualnych, sale prób małych zespołów muzycznych, sale prób dużych zespołów muzycznych). Wyniki oceny jakości architektonicznej i jakości akustycznej analizowanych sal pozwoliły na ukazanie tendencji w projektowaniu obiektów edukacji muzycznej w ciągu ostatnich lat oraz na zidentyfikowanie sześciu głównych problemów sal prób muzycznych – problemów stricte architektonicznych, jak nieodpowiednie wymiary i proporcje pomieszczenia, ale mających wpływ zarówno na ogólne funkcjonowanie pomieszczenia, jak i na komfort akustyczny użytkowników wnętrza.

W Rozdziale V dokonano oceny wpływu zmian wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych sal prób muzycznych, zdefiniowanych jako kształt wnętrza, sposób wykończenia przegród ograniczających wnętrze oraz kubatura sali prób, na poziom komfortu akustycznego w ich wnętrzu. Wpływ zmiany kształtu sali prób, rozumiany jako proporcje poszczególnych wymiarów pomieszczenia, na akustykę we wnętrzu oceniono poprzez porównanie rozkładów modów dla szeregu pomieszczeń o różnych kształtach. Wykonana w ramach niniejszej pracy analiza porównawcza jednoznacznie wykazała wpływ zmiany proporcji sali prób na rozkład modów, odpowiadający za równomierność odsłuchu dźwięku w pomieszczeniu w zakresie niskich częstotliwości. Wpływ zmiany kubatury i wykończenia wnętrza sali prób na poziom komfortu akustycznego oceniono na podstawie licznych symulacji komputerowych, jakim poddano zamodelowane sale prób o różnych kubaturach, wykończeniu wnętrza i różnym przeznaczeniu, rozumianym jako liczebność zespołu ćwiczeniowego. Przeprowadzone w ramach niniejszej pracy symulacje komputerowe jednoznacznie wykazały wpływ zmiany kubatury oraz wpływ zmiany wykończenia wnętrza sali prób na głośność dźwięku w pomieszczeniu. Przeprowadzenie symulacji komputerowych dla różnych instrumentów muzycznych oraz małych zespołów muzycznych różniących się składem i ilością muzyków, pozwoliło na wyznaczenie rekomendowanych kubatur sal prób, dostosowanych do instrumentów oraz liczby muzyków w pomieszczeniu.

Wyniki analizy przedstawione w Rozdziałach III, IV, V stanowią potwierdzenie silnej współzależności między architekturą a akustyką wewnątrz sal prób muzycznych. Zwłaszcza wyniki analiz zawarte w Rozdziale V pokazują dokładnie, że dobór w fazie projektowej zarówno kubatury jak i kształtu sali prób z uwzględnieniem składu zespołu instrumentalnego, w tym ich liczebności i rodzaju instrumentów muzycznych, wpływa w sposób determinujący na uzyskany w sali poziom komfortu akustycznego. Treść Rozdziału V stanowi potwierdzenie tezy postawionej na początku pracy, która brzmiała:

***Dobór w fazie projektowej kształtu i kubatury sali prób muzycznych, dostosowany do składu zespołu ćwiczeniowego, ma decydujący wpływ na osiągnięty w jej wnętrzu poziom komfortu akustycznego jej użytkowników.***

Część analityczna niniejszej pracy pozwala sformułować następujące wnioski:

1. Konieczne jest wprowadzenie nowego pojęcia *ergonomii audytywnej*, jako zbioru zasad dotyczących minimalnych i rekomendowanych wartości parametrów czysto architektonicznych jak powierzchnia, wysokość pomieszczenia i kubatura, ustalonych na podstawie badań akustycznych.
2. Ergonomia audytywna stawia większe wymagania co do kubatury sal prób muzycznych, niż ergonomia tradycyjna. Dotyczy to każdego rodzaju sali prób. Rekomendowane wielkości powierzchni i wysokości sal prób muzycznych wynikające z ergonomii tradycyjnej, przekładają się na zbyt małe kubatury według ergonomii audytywnej.

Przeprowadzona analiza sal prób muzycznych wykazała, że problem zbyt małej kubatury, z uwagi na ergonomię audytywną, dotyczy przede wszystkim sal prób indywidualnych.

3. Ergonomia tradycyjna i ergonomia audytywna stawiają takie same wymagania co do wysokości sal prób indywidualnych oraz sal prób dużych zespołów muzycznych. Ergonomia audytywna stawia większe wymagania co do wysokości sal prób małych zespołów muzycznych niż ergonomia tradycyjna. Przeprowadzona analiza istniejących sal prób małych zespołów muzycznych wykazała, że problem zbyt małej wysokości, z uwagi na ergonomię audytywną, dotyczy większości pomieszczeń o tym przeznaczeniu.
4. Rozkład modów w pomieszczeniu, a tym samym odsłuch dźwięku w salach prób muzycznych w niskich częstotliwościach, zależy od proporcji pomieszczenia, a nie od jego konkretnych wymiarów. W celu zapewnienia lepszego odsłuchu dźwięku w salach prób muzycznych w niskich częstotliwościach, należy projektować pomieszczenia, których proporcje nie charakteryzują się szczególnymi cechami tj. wymiary nie są sobie równe, nie stanowią swojej wielokrotności oraz stosunek dwóch wymiarów nie jest równy 1,5.
5. Istnieje korelacja pomiędzy rozkładem modów w pomieszczeniu a wartością współczynnika FSI. Zależność ta zachodzi przedziałami wartości i nie ma przełożenia na jednoznaczny wzór zależności. W celu zapewnienia lepszego odsłuchu dźwięku w salach prób muzycznych w niskich częstotliwościach, należy dążyć do jak najniższej wartości współczynnika FSI oraz unikać proporcji charakteryzujących się szczególnymi cechami (jak wyżej).
6. Zmiana sposobu wykończenia przegród ograniczających wewnątrz sali prób ma wpływ zarówno na długość czasu pogłosu RT w pomieszczeniu, jak i na średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób, niezależnie od rodzaju instrumentu muzycznego i składu zespołu ćwiczeniowego. Przeprowadzenie adaptacji akustycznej jest konieczne, aby uzyskać rekomendowany czas pogłosu RT w pomieszczeniu, a jednocześnie obniżyć średni poziom dźwięku SPL (lin) w sali prób, tym samym zmniejszając wymaganą minimalną kubaturę tych pomieszczeń. Wpływ ten jest znacząco odczuwalny dla użytkowników sal prób muzycznych.
7. Zmiana kubatury sali prób ma decydujący wpływ na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od rodzaju instrumentu muzycznego i składu zespołu ćwiczeniowego. Wpływ ten jest znacząco odczuwalny dla użytkowników sal prób.
8. Przy wyznaczaniu wielkości sal prób muzycznych należy wziąć pod uwagę zarówno wpływ sposobu wykończenia wnętrza, jak i wpływ kubatury sali prób na poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu.

9. Kubatury sal prób muzycznych należy dostosować do ich przeznaczenia, to jest do rodzaju instrumentów muzycznych oraz liczebności zespołu muzycznego. Spośród instrumentów strunowych należy wyodrębnić gitarę, która charakteryzuje się znacznie niższą mocą akustyczną i wymaga mniejszych kubatury sal prób. Spośród instrumentów dętych drewnianych należy wyodrębnić saksofon, który charakteryzuje się znacznie wyższą mocą akustyczną, porównywalną do mocy akustycznej instrumentów dętych blaszanych i wymaga większych kubatury sal prób.
10. Należy rozważyć możliwość zwiększenia wymaganych minimalnych kubatur sal prób muzycznych, przedstawionych w normie ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], dla tak głośnych instrumentów jak saksofon i instrumenty dęte blaszane.
11. Należy rozważyć możliwość wprowadzenia do normy ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5] odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w salach prób dla tak cichych instrumentów jak gitara oraz odrębnego zakresu średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w salach prób dla tak głośnych instrumentów jak saksofon i instrumenty dęte blaszane.
12. Lokalizacja obiektów edukacji muzycznej pod względem głośności najbliższego otoczenia nie jest bezwzględnym kryterium oceny jakości akustycznej budynku. Problem przenikania hałasu z zewnątrz do sal prób muzycznych można rozwiązać poprzez zastosowanie przegród zewnętrznych o lepszych parametrach izolacyjności akustycznej. Skuteczne są również rozwiązania architektoniczne jak odsunięcie sal prób od elewacji budynku i zastosowanie stref buforowych w postaci korytarzy oraz zlokalizowanie sal prób w segmencie obiektu maksymalnie odsuniętym od źródeł hałasu jak drogi komunikacyjne. Rozwiązanie urbanistyczne polegające na wykorzystaniu sąsiedniej zabudowy jako bariery akustycznej dla obiektu edukacji muzycznej dodatkowo zmniejsza wpływ hałasu z otoczenia.
13. Rozwiązania architektoniczne, jak zastosowanie dodatkowych stref wejściowych wyposażonych w klatki schodowe i windy w obiektach edukacji muzycznej oraz zapewnienie doświetlenia światłem naturalnym sal prób muzycznych, korzystnie wpływają na ocenę lokalizacji pomieszczenia w bryle budynku i odbiór sali prób przez użytkowników. Problem przenikania hałasu między sąsiednimi salami prób można rozwiązać poprzez zastosowanie przegród wewnętrznych o lepszych parametrach izolacyjności akustycznej. Jednak to rozwiązanie często jest ograniczone ze względów technologicznych i ekonomicznych. Dodatkowe zabiegi architektoniczne, jak zastosowanie stref buforowych między salami prób lub przedsionków oddzielających sale od korytarzy, mogą znacznie ograniczyć przenikanie hałasu z sąsiednich sal prób.
14. Estetyka wnętrza jest istotną kwestią dla użytkowników sal prób muzycznych. Preferowane są pomieszczenia, które cechuje prostota i minimalizm. Jasna i stonowana kolorystyka wnętrza sprzyja odpowiedniemu funkcjonowaniu sali prób.

Należy unikać we wnętrzu ciemnych i jaskrawych kolorów oraz zbędnych elementów dekoracyjnych, które mogą zakłócać koncentrację muzyków podczas próby.

15. Zapewnienie zmiennej akustyki we wnętrzu sali prób korzystnie wpływa na jej odbiór przez użytkowników, zarówno uczniów, jak i nauczycieli gry. Wprowadzenie ruchomych elementów, takich jak kotary pochłaniające dźwięk, panele odbijające i absorbujące, daje użytkownikom możliwość dostosowania warunków akustycznych wnętrza do ich preferencji. Dokonywanie zmian warunków akustycznych we wnętrzu powinno następować w szybki i prosty dla użytkowników sposób. Przeprowadzona analiza istniejących sal prób muzycznych wykazała brak możliwości zmiany warunków akustycznych we wnętrzu w większości analizowanych pomieszczeń.
16. Zabieg architektoniczny polegający na odchyleniu przeciwległych ścian sali prób względem siebie o 5 stopni lub więcej, może zapobiec występowaniu niepożądanego zjawiska akustycznego jakim jest echo trzepoczące. Pozostawienie ścian równoległych do siebie wiąże się z koniecznością zastosowania materiałów pochłaniających dźwięk na jednej z nich, co z kolei może skutkować nieodpowiednimi warunkami akustycznymi we wnętrzu sali prób.
17. Unikanie płaszczyzn zakrzywionych, zarówno na planie jak i w przekroju pomieszczenia, zapobiega występowaniu niekorzystnego zjawiska ogniskowania dźwięku. Eliminacja płaszczyzn zakrzywionych, w istniejącej już sali prób, wiąże się z ograniczeniem kubatury pomieszczenia oraz dodatkowym nakładem finansowym.

Wnioski szczegółowe, stanowiące podsumowania poszczególnych Rozdziałów pracy, są integralną częścią wniosków końcowych.



## 6.2. Proponowane kierunki dalszych badań.

W niniejszej pracy poruszono bardzo złożoną i wielowątkową problematykę relacji między architekturą i akustyką sal prób muzycznych. Skupiono się przede wszystkim na takich parametrach jak kształt i kubatura sal prób oraz wpływ tych parametrów na akustykę we wnętrzu. Szczegółowa analiza wybranych aspektów projektowania sal prób muzycznych, przedstawiona w niniejszej pracy, uwidoczniła kolejne luki w badaniach i literaturze naukowej, co stało się dla autorki pretekstem do wyznaczenia kierunków przyszłych badań.

Podczas przeprowadzania analizy wpływu zmian proporcji sal prób muzycznych na rozkład modów w pomieszczeniu, autorka zauważyła konieczność zbadania czy istnieje granica między poprawnym rozkładem drgań własnych, a nieodpowiednim. Dostępna literatura naukowa nie precyzuje dopuszczalnego zakresu różnic częstotliwościowych między modami, jak również dopuszczalnej ilości modów nałożonych na siebie. Autorka planuje przeprowadzenie badań in situ, których celem będzie wyznaczenie granicy między rozkładem modów wpływającym odczuwalnie na odsłuch dźwięku w pomieszczeniu, a rozkładem drgań własnych nieodczuwanym przez ucho ludzkie. Jeśli wyniki badań potwierdzą istnienie takiej granicy, wówczas kolejnym krokiem będzie skonfrontowanie otrzymanych wyników z arbitralnie przyjętą przez Rindel'a (2020) maksymalną rekomendowaną wartością współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ) lub próba wyznaczenia innego współczynnika, który odpowiadałby wynikom badań in situ.

Przeprowadzone w niniejszej pracy analizy wpływu zmian kubatury sal prób muzycznych na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu dotyczyły sal prób instrumentalnych. Do symulacji komputerowych wybrano instrumenty strunowe, dęte drewniane oraz dęte blaszane. Analizę należy poszerzyć o instrumenty perkusyjne oraz o inne zespoły instrumentalne, których nie uwzględniono w niniejszej analizie. W ramach przyszłych badań autorka planuje również poszerzyć analizę i symulacje komputerowe o sale prób wokalnych. Wyniki tych analiz zostaną przedstawione w kolejnych publikacjach.

Przegląd literatury stanowiącej stan badań niniejszej pracy dowiódł, że brak jest pozycji podejmujących problem kształtowania sal prób muzycznych z punktu widzenia architekta i akustyka równocześnie. Wyniki przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy analiz, autorka planuje wykorzystać do opracowania graficznych schematów funkcjonalnych obiektów dedykowanych muzyce, które będą uwzględniały rozwiązania architektoniczne mające korzystny wpływ na warunki akustyczne w salach prób muzycznych. Opracowane układy funkcjonalne będą stanowiły przykład zastosowania takich rozwiązań architektonicznych jak rekomendowane kształty oraz kubatury sal prób muzycznych, grupowanie sal prób zgodne z ich przeznaczeniem, zastosowanie stref buforowych i przedsionków między salami prób, zastosowanie dodatkowych stref wejściowych do obiektu. Schematy te mogą stać się w przyszłości częścią kompleksowego opracowania dotyczącego projektowania sal prób muzycznych, skierowanego do architektów.

## Rozdział VII

### Literatura, spis ilustracji.

#### 10.1. Literatura.

- [1] APFEL R.E., *Deaf Architects & Blind Acousticians? A Guide to the Principles of Sound Design*, Apple Enterprises Press (1998);
- [2] ARAU-PUCHADES H., *The refurbishment of the orchestra rehearsal room of the Great Theater of Liceu*, *Building Acoustics*, vol. 19(1): 45-56 (2012);
- [3] BARRON M., *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, E & F Spon, London (1993);
- [4] BARRON M., MARSHALL A.H., *Spatial Impression due to Early Lateral Reflections in Concert Halls: the Derivation of a Physical Measure*. *Journal of Sound and Vibration*, vol. 77: 211-232 (1981);
- [5] BEHAR A., MACDONALD E., LEE J., CUI J., KUNOV H., WONG W., *Noise exposure of music teachers*, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 1: 243-247 (2004);
- [6] BERANEK L.L., *Acoustics*, Acoustical Society of America, New York (1954);
- [7] BERANEK L.L., *Concert and Opera Halls, How they Sound*, Acoustical Society of America, New York (1996);
- [8] BERANEK L.L., *Concert Halls and Opera Houses. Music, Acoustics and Architecture*, Springer, New York (1960);
- [9] BOBRAN H.W., *Handbuch der Bauphysik*, Verlag Ulstein, Berlin (1973);
- [10] BOLT R.H., *Note on Normal Frequency Statistics for Rectangular Rooms*, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 18(1): 130-133 (1946);
- [11] BONELLO O.J., *A New Criterion for the Distribution of Normal Room Modes*, *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 29(9): 597-606 (1981);
- [12] BONNER CH., *Music Building Acoustics*, chapter in *Musical Chairs: Table of Contents - A Management Handbook for Music Executives in Higher Education*, The College Music Society (2006);
- [13] BURGHAUSER J., SPELDA A., *Akustische Grundlagen des Orchestrierens*, Gustav Bosse Verlag, Regensburg (1971);
- [14] BUTELSKI K., *Tendencje w projektowaniu współczesnych sal koncertowych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej (2018);
- [15] CARTER E., *Music building, rooms and equipment*, Music Educators National Conference, Washington (1955);
- [16] CAVANAUGH W.J., TOCCI G.C., WILKES J.A., *Architectural Acoustics: Principles and Practice*, John Wiley & Sons (2010);

- [17] DROTTLEFF H., ZHA X., FUCHS H.V., ZHOU X., *New room acoustic design concept for rehearsal rooms*, CFA/DAGA'04, Strasbourg (2004);
- [18] DUDAREWICZ A., PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA M., ZAMOJSKA-DANISZEWSKA M., ZABOROWSKI K., *Exposure to excessive sounds during orchestra rehearsals and temporary hearing changes in hearing among musicians*, *Medycyna Pracy*, vol. 66(4): 479-486 (2015);
- [19] EMMERICH E., RUDEL L., RICHTER F., *Is the audiologic status of professional musicians a reflection of the noise exposure in classical orchestral music?*, *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, vol. 265(7): 753-758 (2008);
- [20] ERREDE S., *The Human Ear – Hearing, Sound Intensity and Loudness Levels*, Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, U.S.A. (2017);
- [21] FEARN R.W., *Hearing loss in musicians*, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 163(2): 372-378 (1993);
- [22] FIDECKI T., *Moc akustyczna instrumentów muzycznych*, AGH, Kraków (1997);
- [23] GADE A.C., *Acoustics for symphony orchestras; status after three decades of experimental research*, Proceedings of ISRA, Melbourne, Australia (2010);
- [24] GADE A.C., *Experiences in acoustic design of rooms for music rehearsal and teaching*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [25] GADE A.C., *Investigations of Musicians' room acoustic conditions in concert halls. Part I: Method and laboratory experiments*, *Acustica*, vol. 69: 193-203 (1989);
- [26] GADE A.C., *Musician's ideas about room acoustic qualities*, Report No 31, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark (1981);
- [27] GADE A.C., *Sound levels in rehearsal and medium sized concert halls; are they too loud for the musicians?*, Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting (BNAM), Odense, Denmark (2012);
- [28] GENTA G., GIOVANNINI M., ASTOLFI A., BARBATO G., *The subjective investigation of acoustic perception of musicians: a proposed method for interpretation of results*, 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain (2007);
- [29] GIL J., *Ocena izolacyjności akustycznej przegród budowlanych w placówkach edukacji muzycznej*, Wydział Fizyki, UAM w Poznaniu (2015), praca doktorska;
- [30] GRZYCZYŃSKA D., CZYŻEWSKI I., *Uszkodzający wpływ muzyki na narząd słuchu u muzyków*, *Otolaryngologia Polska*, vol. 31: 527-531 (1977);
- [31] HALMRAST T., *Musician's Perceived Timbre and Strength in (too) small Rooms*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [32] HARRIS C.M., *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, McGraw-Hill, New York (1991);
- [33] HERINGA P.H., *Music rehearsal rooms. Compromising between quality and investment*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [34] HERINGA P.H., ISBRUCKER D., VALK M., *Variability and Adaptability of the Acoustics in the new Conservatory of Amsterdam*, NAG/DAGA Rotterdam (2009);

- [35] JABŁOŃSKA J., *Wnętrza współczesnych sal koncertowych. Układ centralny tarasowy*, Wydział Architektury, Politechnika Wrocławska (2009), praca doktorska;
- [36] JAMES A., THOMPSON A., REES I., *School music rooms - designing beyond BB93*, Proceedings of the Institute of Acoustics (2005);
- [37] JANSEN E.J., HELLEMAN H.W., DRESCHLER W.A., DE LAAT J.A., *Noise induced hearing loss and other hearing complaints among musicians of symphony orchestras*, International Archives of Occupational and Environmental Health, vol. 82(2): 153-164 (2009);
- [38] JAROSZEWSKI A., ROGOWSKI P., RAKOWSKI A., *Sound pressure levels in emission of percussion instruments during training sessions*, Archives of Acoustics, vol. 25(3): 283-289 (2000);
- [39] KAHLE E., WULFRANK T., JURKIEWICZ Y., BRULEZ J., *Music rehearsal rooms: loudness levels and quantity of absorption as a function of use*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [40] KAMISIŃSKI T.M., *Zagadnienia akustyki zabytkowych sal teatralnych na planie podkowy*, AGH, Kraków (2013), praca habilitacyjna;
- [41] KARLSSON K., LUNDQUIST P.G., OLAUSSEN T., *The hearing of symphony orchestra musicians*, Scandinavian Audiology, vol. 12(4): 257-264 (1983);
- [42] KEMP W., *Music Education Suites*, National Clearinghouse for Educational Facilities (2009);
- [43] KESSLER J.A., *An evaluation of concert halls and music rooms*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 27: 505-527 (1955);
- [44] KLEPPER D.L., *The acoustics of small rooms for music practice and teaching*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 85 (1989);
- [45] KŁOSAK A.K., *Wpływ wybranych parametrów funkcjonalno-przestrzennych na komfort akustyczny wewnątrz sal koncertowych*, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska (2007), praca doktorska;
- [46] KŁOSAK A.K., GADE A.C., KOLISZ K., ZIARKO B., *Circular music rooms: design and evaluation methods*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [47] KNUDSEN V.O., HARRIS C.M., *Acoustical design in architecture*, John Wiley & Sons, New York (1950);
- [48] KOSKINEN H., TOPPILA E., OLKINUORA P., *Facilities for music education and their acoustical design*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), vol. 16(1): 93-104 (2010);
- [49] KOZŁOWSKI E., *Narażenie nauczycieli muzyki na hałas. Metody ograniczania*, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa (2013);
- [50] KOZŁOWSKI E., *Opracowanie metod oceny narażenia na hałas muzyków zawodowych i zasad jego ograniczania*, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa (2010), projekt badawczy;

- [51] KOZŁOWSKI E., *Wkładki przeciwhałasowe jako środek ochrony słuchu muzyków zawodowych*, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa (2015), praca doktorska;
- [52] KOZŁOWSKI E., MŁYŃSKI R., *Effects of acoustic treatment on music teachers' exposure to sound*, Archives of Acoustics, vol. 39(2) (2014);
- [53] KUHL W., *Raumlichkeit als Komponente des Raumeindrucks*, Acustica, vol. 40: 167-181 (1978);
- [54] KULOWSKI A., *Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk (2011);
- [55] KULOWSKI A., *Czynnik akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk (2007);
- [56] KUSY M., *Statystyczny Polak - studium przypadku na podstawie wyników badań ankietowych*, StatSoft Polska (2013);
- [57] LANE R.N., MIKESKA E.E., *Study of acoustical requirements for teaching studios and practice rooms in music school buildings*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 27(6): 1087-1091 (1955);
- [58] LEBO P.CH., OLIPHANT K.P., *Music as a source of acoustic trauma*, Laryngoscope, vol. 78: 1211-1218 (1968);
- [59] LIMMESAND P.K., OLAFSEN S., *Room acoustics in rehearsal rooms and public areas in the new Norwegian National Opera House*, Proceedings of 20th International Congress on Acoustics (ICA), Sydney, Australia (2010);
- [60] LIPIŃSKA K., *Inspiracje akustyczne w kreowaniu architektury sal widowiskowych*, Wydział Architektury, Politechnika Gdańska (2011), praca doktorska;
- [61] LOUDEN M.M., *Dimension-Ratios of Rectangular Rooms with Good Distribution of Eigentones*, Acta Acustica, vol. 24 (2): 101-104 (1971);
- [62] MACE S.T., *A descriptive analysis of university music performance teachers' sound-level exposures during a typical day of teaching, performing and rehearsing*, Proceedings of 9th International Conference on Music Perception and Cognition, Bologna (2006);
- [63] MCCUE E., TALASKE R.H., *Acoustical design of music education facilities*, Acoustical Society of America, USA (1990);
- [64] MEISSNER M., *A Novel Method for Determining Optimum Dimension Ratios for Small Rectangular Rooms*, Archives of Acoustics, vol. 43 (2): 217-225 (2018);
- [65] MEYER J., *Acoustics and the performance of music*, Springer (2009);
- [66] MEYER J., *Raumakustik und Orchesterklang in den Konzertsalen Joseph Haydns*, Acustica, vol. 42: 145-162 (1978);
- [67] MILLER J., *Design standards for the sound insulation of practice rooms*, Acoustics Bulletin, vol. 18(6) (1993);
- [68] NIJS L., DE VRIES D., *The young architect's guide to room acoustics*, Acoustical Science and Technology (2005);
- [69] OLSON H.F., *Music, Physics and Engineering*, 2<sup>nd</sup> edition, Dover, New York (1967);

- [70] ORLOWSKI R., *Sound strength and reverberation time in performance and rehearsal spaces for music*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [71] OSMAN R., *Designing small practice rooms for sound quality*, Proceeding of 20th International Congress on Acoustics(ICA), Sydney (2010);
- [72] PAEK H., SIEBEIN G.W., KIM B., *Case studies of acoustical design of rooms for music. Instruction in schools*, Noise-Con 2003, Cleveland, Ohio (2003);
- [73] PATRICK N.G., BONER CH.R., *Acoustics of school-band rehearsal rooms*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 41(1): 215-219 (1967);
- [74] PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA M., DUDAREWICZ A., ZAMOJSKA M., ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA M., *Evaluation of Sound Exposure and Risk of Hearing Impairment in Orchestral Musicians*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, vol. 17(3): 255-269 (2011);
- [75] PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA M., ZAMOJSKA M., DUDAREWICZ A., ZABOROWSKI K., *Noise - induced hearing loss in professional orchestral musicians*, Archives of Acoustics, vol. 38(2): 223-234 (2013);
- [76] PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA M., ZAMOJSKA-DANISZEWSKA M., DUDAREWICZ A., ZABOROWSKI K., *Exposure to excessive sounds and hearing status in academic classical music students*, International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, vol. 30(1): 55-75 (2017);
- [77] PETERSEN J., *Rumakustik*, Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, Denmark (1983);
- [78] PHILLIPS S.L., HENRICH V.C., MACE S., *Prevalence of noise - induced hearing loss in student musicians*, International Journal of Audiology, vol. 49(4) (2010);
- [79] PHILLIPS S.L., MACE S., *Sound level measurements in music practice rooms*, Music Performance Research, vol. 2: 36-47, Royal Northern College of Music (2008 a);
- [80] PHILLIPS S.L., SHOEMAKER J., MACE S.L., HODGES D.A., *Environmental factors in susceptibility to noise - induced hearing loss in student musicians*, Medical Problems of Performing Artists, march (2008 b);
- [81] PIETRZAK A.P., *Ekspozycja na dźwięk wśród studentów kierunków muzycznych - całodniowa dozymetria hałasowa*, XVII Sympozjum Nowości w Technice Audio i Wideo, Poznań (2018);
- [82] PIETRZAK A.P., *Ocena ekspozycji muzyków na dźwięk z wykorzystaniem dwukanałowej dozymetrii hałasowej*, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Politechnika Warszawska (2021), praca doktorska;
- [83] PIETRZAK A.P., JASIŃSKI M., ŻERA J., *Ryzyko wystąpienia ubytków słuchu wśród studentów kierunków muzycznych*", Postępy Akustyki/ Meissner M. (red.), Polskie Towarzystwo Akustyczne, str. 237-245 (2016)
- [84] RINDEL J.H., *Acoustical properties of nearly rectangular music rooms at low frequencies*, Forum Acusticum, Kraków (2014 a);
- [85] RINDEL J.H., *New Norwegian standard on the acoustics of rooms for music rehearsal and performance*, Forum Acusticum, Kraków (2014 b);

- [86] RINDEL J.H., *Preferred Dimension Ratios of Small Rectangular Rooms*, JASA Express Letters 1 (2), 021601: 1-6 (2021);
- [87] RINDEL J.H., *Rooms for music - Acoustical needs and requirements*, BNAM-2014, Tallinn, Estonia (2014 c);
- [88] RINDEL J.H., *Searching the musical rehearsal room*, BNAM-2020, Oslo, Norwegia (2020);
- [89] ROGOWSKI P., RAKOWSKI A., JAROSZEWSKI A., *High frequency hearing loss in percussion players*, Archives of Acoustics, vol. 24(2): 119-128 (1999);
- [90] ROYSTER J.D., ROYSTER L.H., KILLION M.C., *Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 89(6): 2793-2803 (1991);
- [91] RUDNO-RUDZIŃSKI K., *Effect of orchestra pit arrangement on sound strength in Wrocław Opera House*, 19th International Congress on Acoustics, Seville (2007);
- [92] RUDNO-RUDZIŃSKI K., DZIECHCIŃSKI P., *Reverberation time of Wrocław Opera House after restoration*, Archives of Acoustics vol. 31(4): 247-252 (2006);
- [93] SABINE W.C., *Reverberation*, The American Architect and The Engineering Record (1900); [opub. Paper no. 1 in Collected Papers on Acoustics, Harvard University Press (1923); opub. Dover Publications Inc, New York (1964)];
- [94] SADOWSKI J., *Akustyka architektoniczna*, PWN, Poznań (1976);
- [95] SADOWSKI J., *Akustyka w urbanistyce, budownictwie i architekturze*, Arkady, Warszawa (1971);
- [96] SAHER K., OZIS F., RINDEL J.H., *Assessment of musical instrument performances for practice room by musicians*, 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain (2007);
- [97] SCHMIDT J.H., PAARUP H.M., BAELUM J., *Tinnitus Severity Is Related to the Sound Exposure of Symphony Orchestra Musicians Independently of Hearing Impairment*, Ear and Hearing, vol. 40(1): 88-97 (2019);
- [98] SCHMIDT J.H., PEDERSEN E.R., JUHL P.M., CHRISTENSEN-DALSGAARD J., ANDERSEN T.D., POULSEN T., BAELUM J., *Sound exposure of symphony orchestra musicians*, Annals of Occupational Hygiene, vol. 55(8): 893-905 (2011);
- [99] SCHMIDT J.H., PEDERSEN E.R., PAARUP H.M., CHRISTENSEN-DALSGAARD J., ANDERSEN T., POULSEN T., BAELUM J., *Hearing loss in relation to sound exposure of professional symphony orchestra musicians*, Ear and Hearing, vol. 35(4): 448-460 (2014);
- [100] SEPMEYER L.W., *Computed Frequency and Angular Distribution of the Normal Modes of Vibration in Rectangular Rooms*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 37 (3): 413-423 (1965);
- [101] SHIELD B., RICHARDSON R., *Regulation of school acoustic design in the UK: recent revision of Building and School Premises Regulations and their application*, Euronoise 2018, Crete (2018);

- [102] SIEDLECKI B., *Akustyka jako czynnik kształtowania architektonicznego*, Politechnika Krakowska, Kraków (1998), praca doktorska;
- [103] SKALEVIK M., *Consistency in music room acoustics*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [104] SKALEVIK M., *Music room acoustics - Critical parameters. Toward a new standard*, www.akutek.info [dostęp: maj 2018];
- [105] SONG S., *Auditory Device Design Inspired by Nature*, Brunel University London, (2014), Master's Thesis;
- [106] SPOHR C., *Lost in translation: a study of musical language and engineering design*, Canadian Acoustics, vol. 40(3) (2012);
- [107] STADIO A., DIPIETRO L., RICCI G., DELLA VOLPE A., MINNI A., GRECO A., DE VINCENZIIS M., RALLI M., *Hearing loss, tinnitus, hyperacusis and displacusis in professional musicians: a systematic review*, International Journal of Environment Research and Public Health, vol. 15(10): 2120 (2018);
- [108] STOFRINGSDAL B, GADE A.C., *The music rehearsal room - for work and leisure*, Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics (ISRA), Amsterdam, Holandia (2019);
- [109] TOPPILA E., KOSKINEN H., PYYKKO I., *Hearing loss among classical-orchestra musicians*, Noise and Health, vol. 13(50): 45-50 (2011);
- [110] WALKER R., *Optimum Dimension Ratios for Studios, Control Rooms and Listening Rooms*, BBC Research Department Report, BBC RD 1993/8 (1993);
- [111] WARZOCHA K., *Rehearsal rooms in the context of Norwegian Standard NS 8178:2014*, Technical Transactions, vol. 118(1) (2021) ;
- [112] WARZOCHA K., KŁOSAK A.K., *Sposoby obniżenia poziomu dźwięku w salach prób muzycznych*, Materiały Budowlane, no. 8 (2022);
- [113] WARZOCHA K., *Wpływ kubatury sal do indywidualnych prób muzycznych na akustykę w ich wnętrzu*, Materiały Budowlane, no. 8 (2018);
- [114] WASHNIK N., PHILLIPS S.L., *Student's music exposure: full-day personal dose measurements*, Noise and Health, vol. 18(81): 98-103 (2016);
- [115] WENMAEKERS R.H.C., HAK C., *A sound level distribution model for symphony orchestras: possibilities and limitations*, Psychomusicology: Music, Mind, and Brain (2015 a);
- [116] WENMAEKERS R.H.C., HAK C., *Noise exposure of musicians: the own instrument's sound compared to the sound from others*, EuroNoise 2015, Maastricht, Holandia (2015 b);
- [117] WENMAEKERS R.H.C., SCHMITZ L.J.W., HAK C.C.J.M. *Early and late support over various distances - rehearsal rooms for wind orchestras*, Forum Acusticum, Kraków (2014);
- [118] WU S., LI Q., KITTINGER E., *A new criterion for concert hall loudness evaluation*, Acoustica, vol. 87: 286-289 (2001);



- [119] VALK M., NIJS L., HERINGA P., *Optimizing the room acoustics for lesson and study rooms of the Conservatorium van Amsterdam*, NAG-Journal, vol. 178 (2006);
- [120] VOLKMANN J.E., *Polycylindrical Diffusers in Room Acoustic Design*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 13: 234-243 (1942);
- [121] YOUNG R.W., GALES R.S., *Acoustics of school music rehearsal rooms*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 20: 791 (1956);
- [122] ZASTAWNA-RUMIN A., ZĘBALA K., *Izolacyjność akustyczna ścian w salach do prób w szkole muzycznej*, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, tom XXXI, z. 61 (3/II/14): 531-540 (2014);
- [123] ZHA. X, FUCHS H.V., DROTLEFF H., *Improving the acoustic working conditions for musicians in small spaces*, Applied Acoustics, vol. 63: 203-221 (2002);

## 10.2. Lista aktów prawnych.

- [A1] Dyrektywa 2003/10/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (hałasem).
- [A2] National Institute for Occupational Safety and Health, *Preventing occupational hearing loss. A practical guide*, U.S. Dept. of Health and Human Services Publication, Publication No. 96-110, Washington (1998);
- [A3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne. (Dz.U. 2005, nr 157, poz. 1318);
- [A4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 690);
- [A5] Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 15 września 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy organizacji i realizacji widowisk. (Dz.U. 2010, nr 184, poz. 1240);
- [A6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. (Dz.U. 2014, poz. 817);
- [A7] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. (Dz.U. 2018, poz. 1286);
- [A8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. (Dz.U. 2012, poz. 1109);

### 10.3. Lista norm.

- [N1] American National Standards Institute, *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools*, ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1, publ. by Acoustical Society of America, New York (2010);
- [N2] Department for Education and Education Funding Agency, *Acoustic design of schools: performance standards*, Building Bulletin 93 (BB93), United Kingdom, February (2015);
- [N3] International Organization for Standardization (ISO), *Acoustics - determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*, Standard No. ISO 1999:1990 (1990);
- [N4] International Organization for Standardization (ISO), *Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces*, Standard No. ISO 23591:2021 (2021);
- [N5] Norwegian Standard NS 8178:2014, *Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance*, ICS 91.120.20, Language: English, Oslo (2014);
- [N6] Polski Komitet Normalizacyjny, *Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych - Wymagania*, PN-B-02151-3:1999 (1999);
- [N7] Polski Komitet Normalizacyjny, *Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych*, PN-B-02151-3:2015-10 (2015);
- [N8] Polski Komitet Normalizacyjny, *Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań*, PN-B-02151-4:2015-06 (2015);

#### 10.4. Lista dokumentów niestanowiących aktów prawnych.

- [D1] Dallas Conservatory of Music, *A Thesis in Architecture*, Dallas, USA (1990);
- [D2] Department for Education, *Music Accommodation in Secondary Schools: a Design Guide*, Building Bulletin 86 - Architects and Building Branch, United Kingdom (2010);
- [D3] Department of Public Instruction, State Board of Education, Public Schools of North Carolina, *Arts Education Facilities Planner*, North Carolina, U.S.A. (2000);
- [D4] Institute of Acoustics and Association of Noise Consultants, *Acoustic of Schools: a Design Guide*, United Kingdom (2015);
- [D5] Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss, *CampusOne - Hochschule für Musik Karlsruhe Neubau Multimedialkomplex, Unterrichtsgebäude und Außenanlagen*, Stuttgart, 2013;
- [D6] National Association of Schools of Music, *Acoustics for Performance, Rehearsal and Practice Facilities - A Primer for Administrators and Faculties*, Reston, USA (2000);
- [D7] Odeon. Room Acoustics Software. User's Manual, version 17, Denmark (2021);
- [D8] Ontario Department of Education, *Music Facilities*, School Planning and Building Research Section, Toronto (1969);
- [D9] Wenger Corporation, *Acoustic Problems & Solutions - for Rehearsal and Practice Spaces*, USA (2000);
- [D10] Wenger Corporation, *An Acoustics Primer - for Music Spaces*, USA (2011);
- [D11] Wenger Corporation, *Planning Guide for Elementary Music Programs*, USA (2010);
- [D12] Wenger Corporation, *Planning Guide for School Music Facilities*, USA (2008);
- [D13] Wenger Corporation, *Wenger Data Book*, USA (2018);

## 10.5. Spis ilustracji.

### Rozdział I:

- Ilustracja 1. Jazz Campus, Basel, Szwajcaria – sala kameralna. Architektura: Buol & Zund. [www.appliedacoustics.ch, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 2. Jazz Campus, Basel, Szwajcaria – sala prób kilkuosobowych zespołów muzycznych. Architektura: Buol & Zund. [www.appliedacoustics.ch, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 3. Music House of the Einsiedeln Abbey School - sala prób indywidualnych. Architektura: Diener & Diener Architekten. [www.mawa-design.de, dostęp: marzec 2018, fot.: Udo Geisler]

### Rozdział II:

- Ilustracja 4. Źródła hałasu mogące zakłócać przebieg próby muzycznej. [D4, tłumaczenie: autorka]
- Ilustracja 5. Konstrukcja *box-in-box*. [opracowanie: autorka, na podstawie D4]
- Ilustracja 6. Nieprawidłowe rozplanowanie układu sal prób muzycznych - brak stref buforowych między pomieszczeniami przeznaczonymi na próby dużych zespołów muzycznych i chóru. [opracowanie: autorka, na podstawie D12]
- Ilustracja 7. Prawidłowe rozplanowanie układu sal prób muzycznych - wykorzystanie magazynów i pomieszczeń biurowych jako stref buforowych. [opracowanie: autorka, na podstawie D12]
- Ilustracja 8. Przykład nieprawidłowo zaprojektowanej instalacji wentylacyjnej - bezpośrednie połączenia kanałami wentylacyjnymi między sąsiednimi salami prób. [opracowanie: autorka, D12]
- Ilustracja 9. Przykład prawidłowo zaprojektowanej instalacji wentylacyjnej - brak bezpośredniego połączenia kanałami wentylacyjnymi między salami prób, zastosowanie kanału zbiorczego poza salami. [opracowanie: autorka, na podstawie D12]
- Ilustracja 10. Sale o powierzchniach 6 m<sup>2</sup> oraz 8 m<sup>2</sup>, przeznaczone na próby kilkuosobowych grup muzycznych. Według publikacji architektonicznych są to wielkości wystarczające. [D2]
- Ilustracja 11. Weitz Center of Creativity, Northfield, USA – sala prób małych zespołów muzycznych *Puzak Studio*. Architektura: MSR Design. [www.carleton.edu, dostęp: styczeń 2022]
- Ilustracja 12. Weitz Center of Creativity, Northfield, USA – sala kameralna *Shackel Rehearsal Hall*. Architektura: MSR Design. [www.carleton.edu, dostęp: styczeń 2022]
- Ilustracja 13. Allende - Performing Arts Center, Mons-en-Baroeul, Francja – sala prób kilkuosobowych zespołów muzycznych, której wymaganą kubaturę osiągnięto dzięki wysokości pomieszczenia ponad 4,5 m. Architektura: Dominique Coulon & Associates. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2020, fot.: E.Pons, D. Romero-Uzeda]
- Ilustracja 14. Sala prób indywidualnych, The Royal Conservatory of Music, Kopenhaga, Dania - nowa lokalizacja. [Gade (2014)]
- Ilustracja 15. Sala prób orkiestry, The Great Theater of the Liceu, Barcelona, Hiszpania - po adaptacji akustycznej wg projektu pracowni Arau Acustica. [Arau-Puchades (2012)]
- Ilustracja 16. Sala prób orkiestry barokowej, Ensemblehaus, Freiburg, Niemcy - adaptacja akustyczna wg projektu pracowni Kahle Acoustics. [https://www.brillux.de/service/referenzen/sonstige-oeffentliche-gebaeude/ensemblehaus-freiburg/ dostęp: marzec 2021]
- Ilustracja 17. Jazz Campus, Basel, Szwajcaria – sala prób indywidualnych. Architektura: Buol & Zund. Przykład zastosowania paneli pochłaniających dźwięk na wysokości użytkowników sali prób. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. G. Aerni]
- Ilustracja 18. The Oglesby Centre at Halle St Peter's, Manchester, Wielka Brytania – sala prób dużych zespołów muzycznych. Architektura: Stephenson STUDIO. Przykład zastosowania paneli pochłaniających dźwięk na wysokości użytkowników sali prób. [www.ribaj.com, dostęp: styczeń 2021]
- Ilustracja 19. Bliźniacza sala prób, Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria - sala *pagłosowa*, dywan rozkładany wg potrzeb muzyków, pow. 75 m<sup>2</sup> [https://www.musikinsel.ch/de; dostęp: marzec 2021]
- Ilustracja 20. Bliźniacza sala prób, Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria - sala *wytlumiona*, wykładzina na całej powierzchni posadzki, pow. 75 m<sup>2</sup> [https://www.musikinsel.ch/de; dostęp: marzec 2021]

- Ilustracja 21. Sala prób z ruchomymi absorberami, zapewniającymi szybką i łatwą zmianę czasu pogłosu w pomieszczeniu. Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria. Adaptacja akustyczna wg projektu Kahle Acoustics. [<https://www.musikinsel.ch/de>; dostęp: marzec 2021]
- Ilustracja 22. Sala prób dużych zespołów muzycznych - przykład zastosowania transparentnych kotar jako ruchomych elementów pochłaniających dźwięk, pozwalających na zmianę czasu pogłosu w pomieszczeniu. Musik Insel, Rheinau, Szwajcaria. Adaptacja akustyczna wg projektu Kahle Acoustics. [<https://kahle.be>; dostęp: marzec 2021]
- Ilustracja 23. Mody w pomieszczeniu o wymiarach 3,0 x 3,0 x 3,0 [m]. Zaznaczony mod jest modem osiowym (fala stojąca tworzy się między dwiema przeciwległymi powierzchniami), co jest widoczne na modelu 3D. [program The Room Mode Calculator dostępny na stronie <https://amcoustics.com>, dostęp: wrzesień 2022]
- Ilustracja 24. Mody w pomieszczeniu o wymiarach 3,0 x 4,0 x 5,0 [m]. Zaznaczony mod jest modem stycznym (fala stojąca tworzy się między czterema powierzchniami), co jest widoczne na modelu 3D. [program The Room Mode Calculator dostępny na stronie <https://amcoustics.com>, dostęp: wrzesień 2022]
- Ilustracja 25. Mody w pomieszczeniu o wymiarach 3,0 x 3,6 x 4,35 [m]. Zaznaczony mod jest modem skośnym (fala stojąca tworzy się między sześcioma powierzchniami), co jest widoczne na modelu 3D. [program The Room Mode Calculator dostępny na stronie <https://amcoustics.com>, dostęp: wrzesień 2022]
- Ilustracja 26. Przykład zastosowania ścian odchylonych w celu uniknięcia niepożądanego efektu echa trzepoczącego w salach prób. [D2]
- Ilustracja 27. The DiMenna Center for Classical Music, New York, USA. Architektura: H3. Przykład zastosowania odchylenia od pionu przeciwległych ścian sali prób oraz zastosowania sufitu podwieszanego o różnych kątach nachylenia w celu uniknięcia niepożądanego efektu echa trzepoczącego. [[www.akustiks.com](http://www.akustiks.com), dostęp: sierpień 2022]
- Ilustracja 28. Ingram Center for the Performing Arts, Nashville, USA. Przykład zastosowania kotar wzdłuż jednej z równoległych ścian sali prób w celu uniknięcia niepożądanego efektu echa trzepoczącego. [[www.building-ideas.net](http://www.building-ideas.net), dostęp: sierpień 2022]
- Ilustracja 29. Zespół Państwowych Szkół Muzycznych im. M. Karłowicza, Kraków – sala prób małych zespołów muzycznych – rzut pomieszczenia powstał na planie okręgu. [fot: autorka]
- Ilustracja 30. Zjawisko ogniskowania dźwięku spowodowane kształtem rzutu sali prób na planie okręgu. Widoczne miejsce ogniskowania - skupienie zbyt wielu fal odbitych (kolor czerwony). [opracowanie: autorka]

#### Rozdział IV:

- Ilustracja 31. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - widok nowego skrzydła budynku. [[www.mkidn.gov.pl](http://www.mkidn.gov.pl), dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 32. ZPSM w Krakowie – sala prób indywidualnych. [fot. A.K. Kłosak]
- Ilustracja 33. ZPSM w Krakowie – sala prób indywidualnych. [fot. A.K. Kłosak]
- Ilustracja 34. Rzut analizowanej sali prób indywidualnych 2.2.6. [opracowanie: autorka, na podstawie projektu budowlanego i autorskiej inwentaryzacji]
- Ilustracja 35. ZSM w Białymstoku – sala prób indywidualnych. [[www.muzykbial.pl](http://www.muzykbial.pl), dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 36. ZSM w Białymstoku – nowy dziedziniec szkoły. [[www.muzykbial.pl](http://www.muzykbial.pl), dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 37. ZSM w Białymstoku – sala prób indywidualnych. [[www.muzykbial.pl](http://www.muzykbial.pl), dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 38. ZPSM Nr 1 w Warszawie – sala prób indywidualnych. [opracowanie: autorka, na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017>, dostęp: styczeń 2021]
- Ilustracja 39. ZPSM Nr 1 w Warszawie - nowa siedziba przy ulicy Rakowieckiej. [[www.koniorstudio.pl](http://www.koniorstudio.pl), dostęp: marzec 2021, fot.: bartekbarczykphotography.com]
- Ilustracja 40. ZPSM Nr 1 w Warszawie - nowa siedziba przy ulicy Rakowieckiej. [[www.koniorstudio.pl](http://www.koniorstudio.pl), dostęp: marzec 2021, fot.: Piotr Krajewski <http://pkrajewski.pl>]
- Ilustracja 41. Klasztor benedyktyński w Einsiedeln wraz z nowym segmentem Music House. [[www.dienerdiener.ch](http://www.dienerdiener.ch), dostęp: marzec 2018]
- Ilustracja 42. Music House of the Einsiedeln Abbey School. [[www.mawa-design.de](http://www.mawa-design.de), dostęp: marzec 2018, autor: Udo Geisler]
- Ilustracja 43. Music House of the Einsiedeln Abbey School - rzut nowego segmentu z zaznaczoną salą prób indywidualnych. [[www.dienerdiener.ch](http://www.dienerdiener.ch), dostęp: marzec 2018]

- Ilustracja 44. Music House of the Einsiedeln Abbey School - sala prób indywidualnych. [www.mawa-design.de, dostęp: marzec 2018, fot.: Udo Geisler]
- Ilustracja 45. Campus One, Karlsruhe - widok na renesansowy pałac. [źródło: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]
- Ilustracja 46. Campus One, Karlsruhe - budynek z salami prób indywidualnych. [źródło: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]
- Ilustracja 47. Campus One, Karlsruhe - budynek z salami prób indywidualnych, rzut drugiego piętra. [źródło: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]
- Ilustracja 48. Campus One, Karlsruhe - sala prób indywidualnych. [źródło: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]
- Ilustracja 49. Sala prób indywidualnych w Conservatorium van Amsterdam. [źródło: Heringa (2009) i Heringa (2014)]
- Ilustracja 50. Conservatorium van Amsterdam - kondygnacja z salami prób indywidualnych. [www.conservatoriumvanamsterdam.nl, dostęp: maj 2021]
- Ilustracja 51. Sala prób indywidualnych w Conservatorium van Amsterdam - rzut sali. [opracowanie: autorka, na podstawie rzutu udostępnionego przez Heringa (2009)]
- Ilustracja 52. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - wejście główne, stara część obiektu. [www.yelp.com, dostęp: maj 2018]]
- Ilustracja 53. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła" po adaptacji akustycznej. [fot. A.K. Kłosak]
- Ilustracja 54. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - widok na sale "okrągłe". [www.mkidn.gov.pl, dostęp: sierpień 2018]
- Ilustracja 55. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", rzut przed adaptacją akustyczną. [opracowanie: autorka, na podstawie autorskiej inwentaryzacji]
- Ilustracja 56. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", przekrój przed adaptacją akustyczną. [opracowanie: autorka, na podstawie autorskiej inwentaryzacji]
- Ilustracja 57. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", projekt adaptacji akustycznej – rzut. [opracowanie: A.K. Kłosak i autorka]
- Ilustracja 58. ZPSM im. M. Karłowicza w Krakowie - sala "okrągła", projekt adaptacji akustycznej – przekrój. [opracowanie: A.K. Kłosak i autorka]
- Ilustracja 59. OSM I i II stopnia we Wrocławiu - widok bryły budynku. [www.mackow.pl, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 60. OSM I i II stopnia we Wrocławiu - sala do ćwiczeń grupowych. [www.skyscrapercity.com, dostęp: maj 2018, fot. Piotr Krajewski]
- Ilustracja 61. OSM I i II stopnia we Wrocławiu - sala do ćwiczeń grupowych. [www.architektura.muratorplus.pl, dostęp: maj 2018, fot. Maciej Lulko]
- Ilustracja 62. ZPSM Nr 1 w Warszawie - nowa siedziba przy ulicy Rakowieckiej, widok na segment z salami prób małych zespołów instrumentalnych – wizualizacja. [www.koniorstudio.pl, dostęp: maj 2020]
- Ilustracja 63. ZPSM Nr 1 w Warszawie – sala prób małych zespołów muzycznych - rzut. [opracowanie: autorka, na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017>, dostęp: styczeń 2021]
- Ilustracja 64. ZPSM Nr 1 w Warszawie – sala prób małych zespołów muzycznych. [opracowanie: autorka, na podstawie Projektu Wykonawczego autorstwa Konior Studio, dostępnego na <https://bip.e-cea.pl/1639/archiwum/rok-2017>, dostęp: styczeń 2021]
- Ilustracja 65. Music House of the Einsiedeln Abbey School. [www.dienerdiener.ch, dostęp: marzec 2018]
- Ilustracja 66. Music House of the Einsiedeln Abbey School - sala prób grupowych. [www.mawa-design.de, dostęp: marzec 2018, autor: Udo Geisler]
- Ilustracja 67. Music House of the Einsiedeln Abbey School - rzut nowego segmentu z zaznaczoną salą prób grupowych. [www.dienerdiener.ch, dostęp: marzec 2018]
- Ilustracja 68. Sala prób małych zespołów muzycznych w Conservatorium van Amsterdam - rzut sali. [opracowanie: autorka, na podstawie rzutu udostępnionego przez Heringa (2009)]
- Ilustracja 69. Conservatorium van Amsterdam – korytarz przy salach prób małych zespołów muzycznych. [<https://rienksbouwmanagement.nl/project/conservatorium-amsterdam/>, dostęp: styczeń 2022]

- Ilustracja 70. Conservatorium van Amsterdam – sala prób małych zespołów muzycznych. [www.conservatoriumvanamsterdam.nl, dostęp: maj 2021]
- Ilustracja 71. Conservatoire de Paris – rzut pierwszego piętra z zaznaczoną salą prób małych zespołów muzycznych. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 72. Conservatoire de Paris – sala prób małych zespołów muzycznych. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. Sergio Grazia]
- Ilustracja 73. Conservatoire de Paris – przekrój przez budynek szkoły. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 74. Campus One, Karlsruhe - sala prób dużych zespołów muzycznych. [źródło: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Neues Schloss (2013)]
- Ilustracja 75. Campus One, Karlsruhe - bryła budynku Multimedia Complex. [www.jung.de, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 76. Campus One, Karlsruhe - rzut przyziemia budynku Multimedia Complex. [www.jung.de, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 77. Ensemble - sala prób dużych zespołów muzycznych w Conservatorium van Amsterdam - rzut sali. [opracowanie: autorka, na podstawie danych udostępnionych przez Heringa (2009)]
- Ilustracja 78. Conservatorium van Amsterdam, Ensemble – sala prób dużych zespołów muzycznych. [www.conservatoriumvanamsterdam.nl, dostęp: maj 2021]
- Ilustracja 79. Conservatorium van Amsterdam, Ensemble – sala prób dużych zespołów muzycznych. [www.conservatoriumvanamsterdam.nl, dostęp: maj 2021]
- Ilustracja 80. Conservatoire de Paris – rzut parteru z zaznaczoną salą prób dużych zespołów muzycznych. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018]
- Ilustracja 81. Conservatoire de Paris – widok na północną i zachodnią elewację budynku szkoły. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. Sergio Grazia]
- Ilustracja 82. Conservatoire de Paris – sala prób dużych zespołów muzycznych. [www.archdaily.com, dostęp: maj 2018, fot. Sergio Grazia]

#### **Rozdział V:**

- Ilustracja 83. Rozkład poziomego dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby solowej na skrzypcach po adaptacji akustycznej wnętrza W2. [Odeon, wersja 17]
- Ilustracja 84. Rozkład poziomego dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby solowej na trąbce po adaptacji akustycznej wnętrza W3. [Odeon, wersja 17]
- Ilustracja 85. Rozkład poziomego dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby kwartetu smyczkowego po adaptacji akustycznej wnętrza. [Odeon, wersja 17]
- Ilustracja 86. Rozkład poziomego dźwięku SPL (lin) [dB] w pomieszczeniu podczas próby kwartetu dętego po adaptacji akustycznej wnętrza. [Odeon, wersja 17]

#### **Załącznik 8:**

- Ilustracja 87. Zamodelowana w programie Odeon sylwetka skrzypka wraz z odbiornikiem dźwięku (niebieski punkt) i skrzypcami – źródłem dźwięku (różowy punkt) w sali prób indywidualnych o kubaturze 20 m<sup>3</sup>. [Odeon, wersja 17]
- Ilustracja 88. Zamodelowany w programie Odeon kwintet dęty blaszany z nauczycielem w sali prób małych zespołów muzycznych o kubaturze 20 m<sup>3</sup>. Niebieskie punkty – odbiorniki dźwięku; czerwone punkty – źródła dźwięku (instrumenty muzyczne). [Odeon, wersja 17]
- Ilustracja 89. Ustawienie muzyków i nauczyciela w sali prób indywidualnych. [opracowanie: autorka]
- Ilustracja 90. Ustawienie zespołu muzycznego i nauczyciela w sali prób małych zespołów muzycznych. [opracowanie: autorka]



## 10.6. Spis tabel. [wszystkie tabele zostały opracowane przez autorkę rozprawy]

### Rozdział II:

- Tabela 1. Preferowane przedziały wartości poziomu dźwięku w salach prób muzycznych wg literatury.
- Tabela 2. Rekomendowane proporcje małych sal prostopadłościennych wg literatury nurtu akustycznego.

### Rozdział III:

- Tabela 3. Wyniki analizy zalecanych powierzchni sal prób indywidualnych wg literatury nurtu arch.
- Tabela 4. Wyniki analizy zalecanych powierzchni sal prób małych zespołów wg literatury nurtu arch.
- Tabela 5. Wyniki analizy zalecanych powierzchni sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu arch.
- Tabela 6. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób indywidualnych i sal prób małych zespołów wg literatury nurtu arch.
- Tabela 7. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu arch.
- Tabela 8. Wyniki analizy zalecanych kubatur sal prób indywidualnych wg literatury nurtu akustycznego.
- Tabela 9. Wyniki analizy zalecanych kubatur sal prób małych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.
- Tabela 10. Wyniki analizy zalecanych kubatur sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.
- Tabela 11. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób indywidualnych wg literatury nurtu akustycznego.
- Tabela 12. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób małych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.
- Tabela 13. Wyniki analizy zalecanych wysokości sal prób dużych zespołów wg literatury nurtu akustycznego.
- Tabela 14. Przyjęte kryteria oceny jakości *architektonicznej* sal prób muzycznych wraz ze skalą ocen – podsumowanie.
- Tabela 15. Przyjęte kryteria oceny jakości *akustycznej* sal prób muzycznych wraz ze skalą ocen – podsumowanie.

### Rozdział IV:

- Tabela 16. Zestawienie sal prób muzycznych wybranych do analiz i klasyfikacji w ramach pracy.
- Tabela 17. Sala prób indywidualnych A.1 – informacje ogólne.
- Tabela 18. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób indywidualnych A.1.
- Tabela 19. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.1.
- Tabela 20. Sala prób indywidualnych A.2 – informacje ogólne.
- Tabela 21. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób indywidualnych A.2.
- Tabela 22. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.2.
- Tabela 23. Sala prób indywidualnych A.3 – informacje ogólne.
- Tabela 24. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób indywidualnych A.3.
- Tabela 25. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.3.
- Tabela 26. Sala prób indywidualnych A.4 – informacje ogólne.
- Tabela 27. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób indywidualnych A.4.
- Tabela 28. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.4.
- Tabela 29. Sala prób indywidualnych A.5 – informacje ogólne.
- Tabela 30. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób indywidualnych A.5.
- Tabela 31. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.5.
- Tabela 32. Sala prób indywidualnych A.6 – informacje ogólne.
- Tabela 33. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób indywidualnych A.6.
- Tabela 34. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób indywidualnych A.6.
- Tabela 35. Sala prób małych zespołów muzycznych B.1 – informacje ogólne.
- Tabela 36. Analiza i ocena jakości *architektonicznej* sali prób małych zespołów muz. B.1.
- Tabela 37. Analiza i ocena jakości *akustycznej* sali prób małych zespołów muz. B.1.
- Tabela 38. Sala prób małych zespołów muzycznych B.2 – informacje ogólne.

Tabela 39.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.2.
Tabela 40.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.2.
Tabela 41.	Sala prób małych zespołów muzycznych B.3 – informacje ogólne.
Tabela 42.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.3.
Tabela 43.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.3.
Tabela 44.	Sala prób małych zespołów muzycznych B.4 – informacje ogólne.
Tabela 45.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.4.
Tabela 46.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.4.
Tabela 47.	Sala prób małych zespołów muzycznych B.5 – informacje ogólne.
Tabela 48.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.5.
Tabela 49.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.5.
Tabela 50.	Sala prób małych zespołów muzycznych B.6 – informacje ogólne.
Tabela 51.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.6.
Tabela 52.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób małych zespołów muz. B.6.
Tabela 53.	Sala prób dużych zespołów muzycznych C.1 – informacje ogólne.
Tabela 54.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób dużych zespołów muz. C.1.
Tabela 55.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób dużych zespołów muz. C.1.
Tabela 56.	Sala prób dużych zespołów muzycznych C.2 – informacje ogólne.
Tabela 57.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób dużych zespołów muz. C.2.
Tabela 58.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób dużych zespołów muz. C.2.
Tabela 59.	Sala prób dużych zespołów muzycznych C.3 – informacje ogólne.
Tabela 60.	Analiza i ocena jakości <i>architektonicznej</i> sali prób dużych zespołów muz. C.3.
Tabela 61.	Analiza i ocena jakości <i>akustycznej</i> sali prób dużych zespołów muz. C.3.

#### Rozdział V:

Tabela 62.	Dane analizowanego pomieszczenia sześciennego i pomieszczenia o proporcjach A-Meissner'a.
Tabela 63.	Mody w pomieszczeniu sześciennym i o proporcjach A – Meissner'a.
Tabela 64.	Dane analizowanych pomieszczeń sześciennych i pomieszczeń o proporcjach A – Meissner'a.
Tabela 65.	Dane analizowanego pomieszczenia sześciennego i pomieszczenia o proporcjach (1-10%):1:(1+10%).
Tabela 66.	Dane analizowanych pomieszczeń o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.
Tabela 67.	Dane analizowanych pomieszczeń o dwóch wymiarach równych.
Tabela 68.	Korelacja między współczynnikiem FSI a rozkładem modów w pomieszczeniu.
Tabela 69.	Wartości współczynnika FSI dla różnych proporcji sal prób muzycznych.
Tabela 70.	Zestawienie wariantów wykończenia wnętrza poddanych symulacjom komputerowym.
Tabela 71.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie skrzypiec).
Tabela 72.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośniejszych (na przykładzie trąbki).
Tabela 73.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w zamodelowanych salach prób indywidualnych podczas gry na skrzypcach oraz na trąbce.
Tabela 74.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób indywidualnych podczas próby solowej, w duecie i przy akompaniamencie pianina (na przykładzie skrzypiec).
Tabela 75.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie kwartetu smyczkowego).
Tabela 76.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośniejszych (na przykładzie kwartetu dętego).
Tabela 77.	Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w zamodelowanych salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby kwartetu smyczkowego oraz kwartetu dętego.

- Tabela 78. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby trio, kwartetu oraz kwintetu smyczkowego.
- Tabela 79. Minimalne kubatury sal prób małych zespołów muzycznych dla trio, kwartetu oraz kwintetu smyczkowego.
- Tabela 80. Wyznaczone w ramach niniejszej pracy i autorskiej analizy minimalne kubatury sal prób muzycznych wraz z porównaniem ich do obecnego stanu wiedzy technicznej wg norm [N4, N5].

#### Załącznik 3:

- Tabela 81. Wyniki ankiety – pytanie nr 3 „Stopień zaawansowania/ doświadczenia muzycznego”.
- Tabela 82. Wyniki ankiety – pytanie nr 4 „Rodzaj wiodącego instrumentu muzycznego”.
- Tabela 83. Wyniki ankiety – pytanie nr 5 „Preferowana akustyka sal prób muzycznych” w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Tabela 84. Wyniki ankiety – pytanie nr 5 „Preferowana akustyka sal prób muzycznych” w zależności od rodzaju instrumentu muzycznego.
- Tabela 85. Wyniki ankiety – pytanie nr 8 „Dźwięki, które najbardziej przeszkadzają” w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Tabela 86. Wyniki ankiety – pytanie nr 8 „Dźwięki, które najbardziej przeszkadzają” w zależności od rodzaju instrumentu muzycznego.
- Tabela 87. Pytanie nr 6 – statystyki opisowe.
- Tabela 88. Pytanie nr 6 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 89. Pytanie nr 6 – wielokrotne porównywanie średnich rang dla wszystkich prób.
- Tabela 90. Pytanie nr 7 – statystyki opisowe.
- Tabela 91. Pytanie nr 7 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 92. Pytanie nr 9 – statystyki opisowe.
- Tabela 93. Pytanie nr 9 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 94. Pytanie nr 10 – statystyki opisowe.
- Tabela 95. Pytanie nr 10 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 96. Pytanie nr 11 – statystyki opisowe.
- Tabela 97. Pytanie nr 11 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 98. Pytanie nr 12 – statystyki opisowe.
- Tabela 99. Pytanie nr 12 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 100. Pytanie nr 13 – statystyki opisowe.
- Tabela 101. Pytanie nr 13 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 102. Pytanie nr 14 – statystyki opisowe.
- Tabela 103. Pytanie nr 14 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 104. Pytanie nr 15 – statystyki opisowe.
- Tabela 105. Pytanie nr 15 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 106. Pytanie nr 16 – statystyki opisowe.
- Tabela 107. Pytanie nr 16 – test Kruskala-Wallisa.
- Tabela 108. Pytanie nr 17 – statystyki opisowe.
- Tabela 109. Pytanie nr 17 – test Kruskala-Wallisa.

#### Załącznik 4:

- Tabela 110. Mody w pomieszczeniach sześciennych.
- Tabela 111. Mody w pomieszczeniach o proporcjach A-Meissner’a.
- Tabela 112. Mody w pomieszczeniu sześciennym i w pomieszczeniu o proporcjach (1-10%):1:(1+10%).
- Tabela 113. Mody w pomieszczeniach o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.
- Tabela 114. Mody w pomieszczeniach o dwóch wymiarach równych.

#### Załącznik 5:

- Tabela 115. Wartości współczynnika FSI przy założeniu wysokości pomieszczenia  $H=3,0$  m. Wartości współczynnika zostały wygenerowane przez program, którego kod źródłowy zamieszczono w niniejszym załączniku.

#### Załącznik 6:

- Tabela 116. Wyznaczenie minimalnych kubatur sal prób przyjętych do symulacji komputerowych.
- Tabela 117. Lista zamodelowanych sal prób indywidualnych przyjętych do obliczeń.
- Tabela 118. Lista zamodelowanych sal prób małych zespołów muzycznych przyjętych do obliczeń.

**Załącznik 7:**

- Tabela 119. Lista materiałów wykończeniowych zastosowanych w modelach komputerowych sal prób muzycznych.
- Tabela 120. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 40 m<sup>3</sup>.
- Tabela 121. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 90 m<sup>3</sup>.
- Tabela 122. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 140 m<sup>3</sup>.
- Tabela 123. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 190 m<sup>3</sup>.
- Tabela 124. Zestawienie wariantów wykończenia wnętrza poddanych symulacjom komputerowym.

**Załącznik 8:**

- Tabela 125. Obliczenie współczynnika pochłaniania dźwięku dla osoby dorosłej w pozycji stojącej na podstawie danych przedstawionych przez Beranek (1954).
- Tabela 126. Moc akustyczna instrumentów muzycznych użytych w symulacjach komputerowych według norm ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5].

**Załącznik 9:**

- Tabela 127. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przy różnych ustawieniach muzyka (na przykładzie skrzypiec).
- Tabela 128. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przy różnych ustawieniach muzyka (na przykładzie trąbki).
- Tabela 129. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe podczas próby bez nauczyciela gry oraz w obecności nauczyciela gry (na przykładzie skrzypiec).
- Tabela 130. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe podczas próby bez nauczyciela gry oraz w obecności nauczyciela gry (na przykładzie trąbki).

**Załącznik 10:**

- Tabela 131. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na kontrabasie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 132. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na gitarze, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 133. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na flecie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 134. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na klarncie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 135. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na saksofonie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 136. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na puzonie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

**Załącznik 11:**

- Tabela 137. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób małych zespołów muzycznych podczas próby trio smyczkowego, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 138. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób małych zespołów muzycznych podczas próby kwintetu smyczkowego, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.
- Tabela 139. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób małych zespołów muzycznych podczas próby kwintetu dętego blaszanego, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

## 10.7. Spis wykresów.

### Rozdział V:

- Wykres 1. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniu sześciennym oraz w pomieszczeniu o proporcjach A – Meissner’a.
- Wykres 2. Różnice częstotliwościowe między 25-cioma pierwszymi modami w pomieszczeniu sześciennym oraz w pomieszczeniu o proporcjach A – Meissner’a.
- Wykres 3. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach sześciennych.
- Wykres 4. Różnice częstotliwościowe między 25-cioma pierwszymi modami w pomieszczeniach sześciennych.
- Wykres 5. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach o proporcjach A – Meissner’a.
- Wykres 6. Różnice częstotliwościowe między 25-cioma pierwszymi modami w pomieszczeniach o proporcjach A – Meissner’a.
- Wykres 7. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniu sześciennym oraz po zmianie wymiarów o 10%.
- Wykres 8. Różnice częstotliwościowe między 25-cioma pierwszymi modami w pomieszczeniu sześciennym oraz po zmianie wymiarów o 10%.
- Wykres 9. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.
- Wykres 10. Różnice częstotliwościowe między 25-cioma pierwszymi modami w pomieszczeniach o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.
- Wykres 11. Rozkład 25-ciu pierwszych modów w pomieszczeniach o dwóch wymiarach równych.
- Wykres 12. Różnice częstotliwościowe między 25-cioma pierwszymi modami w pomieszczeniach o dwóch wymiarach równych.
- Wykres 13. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie skrzypiec).
- Wykres 14. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonych w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośniejszych (na przykładzie trąbki).
- Wykres 15. Wpływ zmiany kubatury pomieszczenia na średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych (na przykładzie skrzypiec i trąbki).
- Wykres 16. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób indywidualnych podczas próby solowej, w duecie i przy akompaniamentcie pianina (na przykładzie skrzypiec).
- Wykres 17. Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych podczas próby solowej na instrumentach strunowych.
- Wykres 18. Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych podczas próby solowej na instrumentach dętych drewnianych.
- Wykres 19. Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych podczas próby solowej na instrumentach dętych blaszanych.
- Wykres 20. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów cichych (na przykładzie kwartetu smyczkowego).
- Wykres 21. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] przed i po adaptacji akustycznej wnętrza, przeprowadzonej w celu osiągnięcia czasu pogłosu RT [s] odpowiedniego dla instrumentów głośniejszych (na przykładzie kwartetu dętego).
- Wykres 22. Wpływ zmiany kubatury pomieszczenia na średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób małych zespołów muzycznych (na przykładzie kwartetu smyczkowego i kwartetu dętego).
- Wykres 23. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby trio, kwartetu oraz kwintetu smyczkowego.
- Wykres 24. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby na instrumentach strunowych.
- Wykres 25. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby na instrumentach dętych drewnianych.
- Wykres 26. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w salach prób małych zespołów muzycznych podczas próby na instrumentach dętych blaszanych.

**Załącznik 3:**

- Wykres 27. Wyniki ankiety – pytanie nr 1 „Wiek ankietowanego”.
- Wykres 28. Wyniki ankiety – pytanie nr 2 „Płeć ankietowanego”.
- Wykres 29. Pytanie nr 6 – wyniki ankiety.
- Wykres 30. Pytanie nr 6 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 31. Pytanie nr 7 – wyniki ankiety.
- Wykres 32. Pytanie nr 7 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 33. Pytanie nr 9 – wyniki ankiety.
- Wykres 34. Pytanie nr 9 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 35. Pytanie nr 10 – wyniki ankiety.
- Wykres 36. Pytanie nr 10 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 37. Pytanie nr 11 – wyniki ankiety.
- Wykres 38. Pytanie nr 11 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 39. Pytanie nr 12 – wyniki ankiety.
- Wykres 40. Pytanie nr 12 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 41. Pytanie nr 13 – wyniki ankiety.
- Wykres 42. Pytanie nr 13 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 43. Pytanie nr 14 – wyniki ankiety.
- Wykres 44. Pytanie nr 14 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 45. Pytanie nr 15 – wyniki ankiety.
- Wykres 46. Pytanie nr 15 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 47. Pytanie nr 16 – wyniki ankiety.
- Wykres 48. Pytanie nr 16 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).
- Wykres 49. Pytanie nr 17 – wyniki ankiety.
- Wykres 50. Pytanie nr 17 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

**Załącznik 7:**

- Wykres 51. Średni czas pogłosu RT [s] w częstotliwościach 500 Hz i 1000 Hz, w zamodelowanych salach prób w różnych wariantach wykończenia wnętrza.
- Wykres 52. Zakres dopuszczalnych zmian czasu pogłosu w niskich i wysokich częstotliwościach względem czasu pogłosu w średnich częstotliwościach (NS 8178:2014 [N5]).
- Wykres 53. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W2 (kolor zielony).
- Wykres 54. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor jasno-niebieski).
- Wykres 55. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor pomarańczowy).
- Wykres 56. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor jasno-niebieski) po dodaniu płyt G-K.
- Wykres 57. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor pomarańczowy) po dodaniu płyt G-K.

**Załącznik 9:**

- Wykres 58. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od kierunku instrumentu muzycznego (na przykładzie skrzypiec).
- Wykres 59. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od kierunku instrumentu muzycznego (na przykładzie trąbki).
- Wykres 60. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od obecności nauczyciela gry (na przykładzie skrzypiec).
- Wykres 61. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od obecności nauczyciela gry (na przykładzie trąbki).

## 10.8. Spis histogramów.

### Załącznik 3:

- Histogram 1. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 6 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 2. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 7 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 3. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 9 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 4. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 10 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 5. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 11 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 6. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 12 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 7. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 13 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 8. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 14 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 9. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 15 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 10. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 16 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.
- Histogram 11. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 17 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

## ZAŁĄCZNIKI

- Załącznik 1 Muzyka jako hałas w miejscu pracy i nauki - przegląd literatury.
- Załącznik 2 Autorska analiza wzoru współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ).
- Załącznik 3 Ankieta – analiza danych, interpretacja i wnioski.
- Załącznik 4 Częstotliwość 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między modami w salach prób muzycznych.
- Załącznik 5 Kod źródłowy programu w języku JAVA, wykorzystany do wyznaczenia wartości współczynnika FSI dla danych wymiarów pomieszczenia.
- Załącznik 6 Wyznaczenie kubatury i wymiarów sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym.
- Załącznik 7 Autorska metoda doboru materiałów wykończeniowych wewnątrz sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym.
- Załącznik 8 Autorska metoda modelowania sylwetek użytkowników sal prób muzycznych wraz z instrumentami muzycznymi; ustawienia użytkowników w sali prób muzycznych.
- Załącznik 9 Wpływ kierunkowości instrumentu muzycznego oraz obecności nauczyciela gry na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu.
- Załącznik 10 Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych przed i po adaptacji akustycznej.
- Załącznik 11 Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób małych zespołów muzycznych przed i po adaptacji akustycznej.





## Załącznik 1

# Muzyka jako hałas w miejscu pracy i nauki - przegląd literatury.

### 1. Ochrona słuchu u zawodowych muzyków klasycznych - analiza badań i aktów prawnych.

Mówiąc o szkodliwości muzyki na ludzki organizm, należy wziąć pod uwagę nie tylko wysokie natężenie dźwięków, lecz również długość ekspozycji, która jest znacznie większa w przypadku zawodowych muzyków klasycznych w porównaniu z muzykami rockowymi czy osobami narażonymi na hałas przemysłowy. Szacuje się, że kariera muzyka klasycznego trwa około 40 lat. Poza pracą w orkiestrze często dochodzą dodatkowe zajęcia jak nauczanie gry na instrumencie w szkole muzycznej lub "po godzinach" pracy. Do tego okresu należy doliczyć lata spędzone w szkole muzycznej i akademii, które również charakteryzują się częstą ekspozycją na dźwięki.

Wprowadzona w 2003 roku Dyrektywa 2003/10/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (hałasem) [A1] jest podstawowym dokumentem europejskim odnoszącym się do kwestii zagrożenia nadmiernym hałasem na stanowisku pracy oraz pierwszym, który wprowadzone ograniczenia narażenia na hałas rozszerza na sektor muzyczny i rozrywkowy. Dokument ten zobowiązuje pracodawców do przeprowadzenia oceny ryzyka utraty zdrowia u pracowników w związku z narażeniem na hałas w miejscu pracy, ograniczenia lub całkowitej eliminacji tego ryzyka. Pracodawca ma również obowiązek poinformować pracowników o poziomie ryzyka oraz przedsięwzięciach podjętych w celu jego ograniczenia. Biorąc pod uwagę, że muzyka jest specyficznym rodzajem hałasu, który nie może być eliminowany, Dyrektywa Europejska nakłada na państwa członkowskie obowiązek opracowania "kodeksu postępowania zawierającego praktyczne wytyczne, które pomogłyby pracownikom i pracodawcom tych branż osiągnąć poziom ochrony określony niniejszą dyrektywą" [A1]. Wydłużono również okres przejściowy o dodatkowe 2 lata (do 15 lutego 2008 r.) na realizację niniejszej dyrektywy w odniesieniu do sektora muzycznego i rozrywkowego [A1, art. 17, pkt. 2].

W dokumencie określono następujące graniczne wartości ekspozycji<sup>140</sup> i wartości działania<sup>141</sup>:

---

<sup>140</sup>Poziom ekspozycji na hałas obejmujący wszystkie rodzaje hałasu w miejscu pracy, w tym hałas impulsowy. Wartość graniczna ekspozycji nie może zostać przekroczona. Utrzymywanie poziomu ekspozycji poniżej granicznych wartości jest konieczne w celu uniknięcia nieodwracalnego uszkodzenia słuchu pracowników.

- graniczna wartość poziomu ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy i skorygowany charakterystyką częstotliwościową A<sup>142</sup>:

$$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB}$$

oraz szczytowa wartość ciśnienia akustycznego, skorygowana charakterystyką częstotliwościową C<sup>143</sup>:

$$L_{C \text{ peak}} = 140 \text{ dB}$$

(wartości te należy obliczyć uwzględniając stosowane przez pracowników indywidualne środki ochrony słuchu);

- górna wartość działania:

$$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB} \quad \text{oraz} \quad L_{C \text{ peak}} = 137 \text{ dB}$$

- dolna wartość działania:

$$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB} \quad \text{oraz} \quad L_{C \text{ peak}} = 135 \text{ dB}$$

(wartości działania nie uwzględniają skutków stosowania indywidualnych środków ochrony słuchu).

---

Wartość ekspozycji oblicza się z uwzględnieniem ewentualnego tłumienia wynikającego ze stosowania indywidualnych ochronników słuchu przez pracowników. [<https://eur-lex.europa.eu>, dostęp: maj 2021]

<sup>141</sup> Poziomy ekspozycji na hałas, po przekroczeniu których pracodawca ma obowiązek podjęcia określonych działań. W przypadku przekroczenia górnej wartości działania pracodawca ma obowiązek odpowiednio oznakować miejsce pracy, ograniczyć do niego dostęp, a pracownikom zapewnić indywidualne ochronniki słuchu oraz badania lekarskie. W przypadku przekroczenia dolnej wartości działania, pracownicy mają prawo do profilaktycznych badań audiometrycznych. Wartości działania nie uwzględniają skutków stosowania indywidualnych środków ochrony słuchu. [<https://eur-lex.europa.eu>, dostęp: maj 2021]

<sup>142</sup> Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A (poziom dźwięku A), wyznaczony dla nominalnego 8-godzinnego dnia pracy. Równoważny poziom dźwięku A jest to taki poziom dźwięku A, który działając przez taki sam czas jak hałas o zmiennym poziomie ciśnienia akustycznego, niesie ze sobą taką samą energię i takie samo ryzyko uszkodzenia słuchu. [<https://m.ciop.pl>, dostęp: marzec 2021] Korekta charakterystyką częstotliwościową A (lub inaczej krzywą ważenia A) ma na celu uwzględnienie w pomiarach czułości ucha ludzkiego na dźwięki o różnych częstotliwościach. Krzywą ważenia A zaleca się stosować w przypadku pomiarów poziomu dźwięków do około 80 dB. Granica ta jest często przekraczana jak w przypadku powyższych danych. W literaturze naukowej brak jest jednogłośnie ustalonej granicy stosowania krzywej ważenia A i C. Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy można zastąpić poziomem ekspozycji na hałas odniesionym do tygodnia pracy - jest to wartość średnia poziomów ekspozycji na hałas odniesionych do 8-godzinnego dnia pracy, wyznaczona dla nominalnego 5-dniowego tygodnia pracy. [A1]

<sup>143</sup> In. szczytowy poziom dźwięku C - maksymalna wartość chwilowego ciśnienia akustycznego skorygowana charakterystyką częstotliwościową C. Korekta charakterystyką częstotliwościową C (lub inaczej krzywą ważenia C) ma na celu uwzględnienie w pomiarach czułości ucha ludzkiego na dźwięki o niskich i wysokich częstotliwościach przy wyższych poziomach dźwięku. Krzywą ważenia C zaleca się stosować w przypadku mierzenia dźwięków o poziomie ponad 80 dB. Szczytowy poziom dźwięku C jest szczególnie istotny w przypadku występowania hałasu impulsowego np. wystrzał z broni palnej, uderzenie w talerz perkusyjny.

W Polsce obowiązujące obecnie Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [A7] wymienia trzy parametry określające hałas w miejscu pracy i podaje ich dopuszczalne wartości [A7 - załącznik 2]:

— poziom ekspozycji na hałas w odniesieniu do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, skorygowany charakterystyką częstotliwościową A:

$$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB}$$

— maksymalny poziom dźwięku A<sup>144</sup>:

$$L_{A \text{ max}} = 115 \text{ dB}$$

— szczytowy poziom dźwięku C:

$$L_{C \text{ peak}} = 135 \text{ dB}$$

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [A3] wprowadza dodatkowo wartości progu działania (wartość poziomu ekspozycji bez uwzględnienia skutków stosowania indywidualnych ochronników słuchu):

$$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB} \quad \text{oraz} \quad L_{C \text{ peak}} = 135 \text{ dB}$$

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [A3] co prawda zobowiązuje pracodawców m. in. do wyposażenia pracowników w środki ochrony indywidualnej słuchu w przypadku przekroczenia powyższych wartości, jednak przepisy te nie dotyczą "prac wykonywanych przez artystów - wykonawców widowisk muzycznych i rozrywkowych" [A3, §6 ust.3, pkt. 2]. W sprzeczności z przytoczonym zapisem stoi Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 15 września 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy organizacji i realizacji widowisk [A5], które nakłada na organizatora obowiązek jakim jest "zapewnić wykonawcom i pracownikom odpowiednie do potrzeb widowiska środki ochrony indywidualnej" [A5, §4 ust.1, pkt. 9] przez co rozumie się również indywidualne ochronniki słuchu. Stowarzyszenie Polskich Artystów i Muzyków już w 2012 roku zgłaszało niezgodność obu Rozporządzeń oraz szkodliwość zapisu w Rozporządzeniu MGiP [A3], domagając się jego wykreślenia, lecz do tej pory (stan na marzec 2021 r.) stan prawny nie uległ zmianie.

Wejście w życie Dyrektywy 2003/10/WE [A1], zwanej często "*hałasową*", zmobilizowało w Polsce niektóre podmioty do przeprowadzenia badań mających na celu oszacowanie poziomu ekspozycji na hałas wśród zawodowych muzyków oraz ocenę ryzyka ubytków słuchu wywołanych tą ekspozycją. Pomiar przeprowadzone przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi pośród muzyków jednej opery oraz trzech orkiestr symfonicznych [Pawlaczyk-Łuszczynska (2011)] wykazały przekroczenie dopuszczalnych wartości wszystkich

---

<sup>144</sup> Maksymalna wartość skuteczna poziomu dźwięku A. Służy do oceny dźwięków krótkotrwałych i impulsowych o wysokich poziomach. [<https://m.ciop.pl>, dostęp: marzec 2021]

parametrów charakteryzujących hałas w miejscu pracy według Dyrektywy [A1] i obowiązującego wówczas Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej [A6]:

- $L_{EX,8h} = 81 - 100$  dB

(w tym 47% powyżej 85 dB - dopuszczalna wartość wg Rozporządzenia [A6] oraz 47% powyżej 87 dB - dopuszczalna wartość wg Dyrektywy [A1]);

- $L_{A\ max} = 86 - 123$  dB

(dopuszczalna wartość wg Rozporządzenia [A6] wynosi 115 dB);

- $L_{C\ peak} = 105 - 146$  dB

(dopuszczalna wartość wg Rozporządzenia [A6] to 135 dB oraz 140 dB wg Dyrektywy [A1]).

Podobne badania wśród nauczycieli muzyki w Zespole Państwowych Szkół Muzycznych nr 1 w Warszawie przeprowadził Centralny Instytut Ochrony Pracy (CIOP) [Kozłowski (2013)]. Wykazano, że nauczyciele gry na instrumentach perkusyjnych, dętych blaszanych, saksofonie i fagocie są narażeni na maksymalny dopuszczalny lub wyższy poziom ekspozycji na hałas w odniesieniu do 8-godzinnego czasu pracy. Natomiast ekspozycja na hałas w przypadku nauczycieli gry na flecie, klarncie, oboju, skrzypcach i fortepianie przekraczają wartość progu działania (wynosi on 80 dB według Rozporządzenia [A6] i Dyrektywy [A1]). Dodatkowo podczas nauki gry na instrumentach perkusyjnych zanotowano przekroczenie szczytowego poziomu dźwięku C:  $L_{C\ peak} = 142$  dB przy dopuszczalnej wartości 135 dB [A6] i 140 dB [A1]. Zagraniczna literatura podaje, że problem nadmiernej ekspozycji na hałas ( $L_{EX,8h} > 85$  dB) może dotyczyć od 35% do 78% nauczycieli muzyki [Behar (2004), Mace (2006)].

## **2. Ubytki słuchu i inne niepożądane symptomy dotyczące układu słuchowego muzyków.**

Konsekwencją wieloletniej ekspozycji na dźwięki muzyczne, szczególnie dotkliwą dla zawodowych muzyków i nauczycieli gry na instrumentach, są ubytki słuchu. Jest to zjawisko natury fizjologicznej, związanej ze starzeniem się organizmu i dotyczące całej populacji. Jednak nadmierny hałas związany z wykonywaną pracą, przyspiesza ten proces. W literaturze funkcjonuje pojęcie *noise induced hearing loss* (NIHL), czyli ubytki słuchu spowodowane ekspozycją na hałas. Można spotkać również bardziej precyzyjne określenie jak *music induced hearing loss* (MIHL), które bezpośrednio odnosi się do ubytków słuchu spowodowanych ekspozycją na dźwięki muzyczne. Choroba ta jest definiowana jako trwałe przesunięcie progu słuchu, które u zdrowego człowieka o słuchu "doskonałym" wynosi 0 dB.

Wartość tego przesunięcia nie została jednak znormalizowana. Różne definicje NIHL funkcjonujące w literaturze naukowej mają bezpośredni wpływ na spore rozbieżności wyników badań wpływu hałasu na słuch człowieka. Według wytycznych WHO średnia

wartość progu słuchu w częstotliwościach 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz i 4 kHz większa niż 25 dB świadczy o trwałych ubytkach słuchu [Pawlaczyk-Łuszczynska (2013)]. Często w literaturze ta wartość jest obniżana do 20 dB [Pawlaczyk-Łuszczynska (2017)]. Z medycznego punktu widzenia uszkodzenia słuchu spowodowane hałasem to gwałtowne spadki progów słuchu (tzw. *hearing notches*) o co najmniej 10 dB między częstotliwościami 1 / 2 / 3 kHz a 4 kHz (charakterystyczne dla hałasu przemysłowego) lub między częstotliwościami 1 / 2 / 3 / 4 kHz a 6 kHz (częste przy ekspozycji na dźwięki muzyczne) przy powrocie o minimum 5 dB w częstotliwościach 8 kHz [Pawlaczyk-Łuszczynska (2017)]. Niektóre badania upraszczając metodę definiując NIHL jako spadki o 15 dB lub więcej w częstotliwościach 4 kHz lub 6 kHz [Phillips (2010)].

Poza ubytkami słuchu zawodowi muzycy doświadczają innych symptomów - bardzo uciążliwych i stresogennych. Jako najczęstsze dolegliwości wymienia się:

- tinnitus - tzw. szumy uszne lub dzwonienie w uchu. Jest to dźwięk fantomowy, czyli powstający samoistnie w układzie słuchu przy braku zewnętrznego źródła [Kozłowski (2010)]. Może on być chwilowy lub trwały - towarzyszący przez cały dzień. Według literatury problem ten dotyka od 9,5% do 53% muzyków [Stadio (2018), Schmidt (2019), Jansen (2009), Pawlaczyk-Łuszczynska (2013)], niezależnie od ubytków słuchu. Najnowsze badania przeprowadzone wśród członków pięciu duńskich orkiestr symfonicznych wykazały permanentny tinnitus u 19% muzyków [Schmidt (2019)].
- hyperacusis - tzw. nadwrażliwość słuchowa, która przejawia się przykrym, a czasem bolesnym odczuwaniem codziennych dźwięków, nawet tych o niskim poziomie natężenia. Według opublikowanych analiz, z tą dolegliwością zmagają się od 6,3% do 33% zawodowych muzyków [Stadio (2018), , Pawlaczyk-Łuszczynska (2013)]. Niektóre badania mówią nawet o 79% [Jansen (2009)].
- diplacusis - tzw. podwójne słyszenie - ten sam dźwięk jest odbierany przez każde ucho inaczej. Symptom ten należy do najrzadziej analizowanych. Dostępne publikacje wykazują tę dolegliwość u 7%-8,2% muzyków [Stadio (2018), Jansen (2009)].

### **3. Ubytki słuchu (*NIHL*) u zawodowych muzyków i studentów kierunków muzycznych.**

Niekorzystny wpływ muzyki na układ słuchu człowieka został udowodniony w latach 60-tych przez Lebo (1968). Rozpoczęto wówczas badania, które miały na celu ustalenie skali problemu wśród muzyków klasycznych. Przytoczone przez Rogowski (1999) badania przeprowadzone w latach 70-tych i 80-tych wykazały ubytki słuchu spowodowane ekspozycją na hałas u 34%-72% muzyków orkiestry. W Polsce takie badania zostały opublikowane w 1977 roku przez Gryczyńską (1977), która opisała problem u 68% muzyków. Duże rozbieżności wyników pomiarów dotyczących ilości muzyków dotkniętych ubytkami słuchu wykazał Stadio (2018) dokonując przeglądu wyników 41 badań zrealizowanych w latach 1978-2018 pośród muzyków rockowych i klasycznych. Analizując pomiary dotyczące

tylko muzyków orkiestry rozbieżności wyników sięgały od 6% do 100%, dając średnią 32,8% muzyków doświadczonych NIHL. Owa niejednoznaczność została podkreślona w pracy Pawlaczyk-Łuszczczyńskiej (2013) - badania przeprowadzone przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi wykazały, że pomimo wysokiego poziomu ekspozycji na dźwięki muzyczne ( $L_{EX,8h} = 81 - 100$  dB), u 95% badanych próg słyszenia wyniósł 25 dB, co przekłada się na grupę "0" w skali ubytków słuchu według WHO. Podobne wyniki, rzędu kilku procent muzyków z ubytkami słuchu opisał Schmidt (2011) oraz Jansen (2009). W opozycji stoją badania przeprowadzone przez Royster (1991) oraz Emmerich (2008), które wykazały NIHL u ponad 50% członków z Chicago Symphony Orchestra oraz głównych orkiestr niemieckich.

Powodów tych rozbieżności jest kilka. Przede wszystkim wspomniane wcześniej różnice granicznych wartości przy definiowaniu NIHL oraz różnice w repertuarze wykonywanym przez muzyków podczas badań. Nie bez wpływu pozostaje też fakt, że badania przeprowadzane są na grupie muzyków- ochotników, którzy na ogół nie zgłaszają problemów ze słuchem. Jak pokazuje ankieta [Jansen (2009)] - ubytki słuchu to temat wstydlawy i omijany przez zawodowych muzyków. Wyrażają oni obawy o utratę pracy i negatywne opinie pozostałych członków orkiestry, gdyby wyniki badań okazały się dla nich niekorzystne. Kolejne wytłumaczenie tak różnych wyników analiz to duże rozbieżności czasu narażenia na dźwięki muzyczne (od 5 do ponad 40 lat pracy w orkiestrze), różnice w składzie zespołu oraz brak korekty pomiarów ze względu na wiek muzyków, ich ogólny stan zdrowia i pozamuzyczne nawyki [Pawlaczyk-Łuszczczyńska (2011)] w szczególności w badaniach przeprowadzonych w latach 70-tych i 80-tych. Należy również podkreślić, że większość przytoczonych analiz [Stadio (2018)] dotyczyła ekspozycji na dźwięki muzyczne w częstotliwościach w przedziale 3-6 kHz, maksymalnie do 8 kHz. Częstotliwość dźwięków jest tu istotnym aspektem. O ile przy częstotliwościach 0,5-4 kHz Pawlaczyk-Łuszczczyńska (2013) wykazała NIHL u 5% zawodowych muzyków, to w częstotliwościach 6 kHz było to już 35%. Podobne wyniki otrzymał Jansen (2009). Rogowski (1999) poszedł o krok dalej sprawdzając ubytki słuchu u muzyków grających na perkusji w częstotliwościach 10-16 kHz. Dźwięki tego instrumentu są uznawane za szczególnie szkodliwe dla układu słuchu ze względu na ich impulsowy charakter. Przekłada się to na wyniki - próg słyszenia u perkusistów jest przesunięty średnio o 24 dB w stosunku do muzyków grających na innych instrumentach. Badania wykazały próg słuchu na poziomie 40 dB i 75 dB odpowiednio w częstotliwościach 10 kHz i 16 kHz.

Przytoczone w punkcie 1. akta prawne dotyczące ochrony przed nadmierną ekspozycją na hałas w miejscu pracy, nie mają prawnego zastosowania w przypadku uczniów i studentów kierunków muzycznych. W 1999 roku Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) opublikowała raport, z którego wynika, że najszybsze pogłębianie się ubytków słuchu w związku z narażeniem na hałas następuje w ciągu kilku pierwszych lat ekspozycji [Phillips (2008 b)]. Mimo, że uczniowie i studenci szkół muzycznych nie koncertują tak często jak zawodowi muzycy, to ilość godzin spędzonych na próbach indywidualnych i grupowych niweluje te różnice. Co więcej, liczne badania wykazują znacznie wyższe poziomy ekspozycji

na dźwięki podczas prób indywidualnych w porównaniu do wartości osiąganych w trakcie występów w dużych salach koncertowych [Schmidt (2011), Pawlaczyk-Łuszczynska (2013), Pietrzak (2016), Washnik (2016)]. Wg Phillips (2008 a) wynika to z mniejszych kubatur sal prób oraz niepoprawnej adaptacji akustycznej. Podczas prób indywidualnych muzycy zazwyczaj grają bardziej intensywnie, pomijając przerwy, które wymagałyby od nich repertuar podczas występu [Schmidt (2011), Wenmaekers (2015 b)]. Poziom ekspozycji jest zatem wyższy w danym przedziale czasu. Należy mieć również na uwadze mniejsze doświadczenie studentów w porównaniu z zawodowymi muzykami orkiestry, co przejawia się graniem z większą siłą. Różnice wynoszą od kilku decybeli (fagot, flet, róg, puzon, tuba, harfa) do nawet 15 dB (perkusja) [Pawlaczyk-Łuszczynska (2013)].

Według badań [Pawlaczyk-Łuszczynska (2017)] poziom ekspozycji dźwięku jaki towarzyszy studentom kierunków muzycznych podczas różnych aktywności (próby indywidualne, grupowe, koncerty) wynosi od 80 dB(A) do 98 dB(A). Biorąc pod uwagę czas trwania tych aktywności (10-42 h/ tydzień) można wyliczyć, że 49% studentów przekracza górna wartość progu działania 85 dB(A), a 29% przekracza graniczną wartość poziomu ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinne go dnia pracy 87 dB(A) (według Dyrektywy 2003/10/WE [A1]). Podobne wyniki otrzymano analizując dwa typowe dni zajęć studentów szkoły muzycznej na University of North Carolina (UNC) w Greensboro - 49% badanych przekroczyło graniczną wartość ekspozycji 85 dB(A) w ciągu jednego z dwóch analizowanych dni, natomiast 19% przekroczyło tą wartość w ciągu obu dni badań [Washnik (2016)].

W 1993 roku Fear (1993) opublikował pierwsze wyniki badań ryzyka ubytków słuchu u studentów Leeds College of Music. NIHL wykazano u 33% uczniów, w tym 75% jako nagłe spadki progu słuchu w częstotliwościach 6 kHz. Podobne wartości otrzymano na UNC w Greensboro [Phillips (2010)] - 45% studentów doświadcza ubytków słuchu, w tym 78% nagłych spadków progu słuchu w częstotliwościach 6 kHz. Dodatkowo 18% studentów zanotowało chwilowy tinnitus zaraz po zakończeniu ćwiczeń. Problem dobrze obrazują wyniki analiz [Phillips (2008 b)] przeprowadzonych na tym samym uniwersytecie pośród studentów I, II i III roku. Ryzyko ubytków słuchu w postaci nagłych spadków progu słyszenia w częstotliwościach 4 kHz zwiększyło się z 2% (studenci I roku) do 30% (studenci III roku). Pawlaczyk-Łuszczynska (2017) wykazała znacznie niższy procent ubytków słuchu wśród studentów Akademii Muzycznej w Łodzi i Akademii Muzycznej w Gdańsku, wynoszący 13,4% dla częstotliwości 6 kHz. Różnice (45% vs 13,4%) wynikają z różnych definicji NIHL przyjętych przez autorów.

Szacuje się, że największym ryzykiem ubytków słuchu obarczeni są muzycy grający na instrumentach perkusyjnych lub instrumentach dętych blaszanych. Ma to związek z wysoką mocą akustyczną tych instrumentów. Analizując ryzyko uszkodzenia słuchu istotny jest nie tylko poziom ekspozycji na hałas, lecz również jej długość i powtarzalność. Badania przeprowadzone przez Pawlaczyk-Łuszczynska (2015) dowodzą, że ekspozycja na dźwięki muzyczne nieprzekraczające dopuszczalnych wartości ( $L_{EX,8h} = 76,5 - 83,1$  dB), powoduje chwilowe przesunięcie progu słyszenia. Jednak powtarzalność tej ekspozycji przez lata pracy w orkiestrze prowadzi do stałych ubytków słuchu (próg słuchu powyżej 35 dB w



częstotliwościach 2-4 kHz). Ryzyko wyliczono na 26% po 40 latach zatrudnienia w orkiestrze. Ta ocena ryzyka pokrywa się z najnowszymi wynikami jakie otrzymała Pietrzak (2021) - ryzyko NIHL oszacowano na 27% u mężczyzn i 17% u kobiet po 45 latach pracy, z czego największe dotyczyło flecistów i waltornistów. Warto podkreślić, że są to wyniki badań z zastosowaniem dwukanałowej dozymetrii hałasowej - metody stosowanej od niedawna i obecnie uznawanej za najbardziej miarodajną.

#### **4. Asymetryczne ubytki słuchu charakterystyczne dla muzyków.**

Ubytki słuchu są zjawiskiem fizjologicznym, którego doświadczają również osoby nie związane z muzyką oraz których praca nie skutkuje nadmierną ekspozycją na hałas. Jest jednak jeden aspekt tej dolegliwości charakterystyczny tylko dla muzyków klasycznych - to asymetryczne ubytki słuchu. Osoby, które cierpią na NIHL jako efekt narażenia na hałas przemysłowy lub przez codzienne nawyki (np. korzystanie z słuchawek dousznych), a nawet muzycy rockowi, mają symetryczne ubytki słuchu. U zawodowych muzyków klasycznych szczególnie często diagnozuje się asymetryczną dolegliwość. Charakteryzuje się ona innym progiem słyszenia w każdym uchu.

Schmidt (2011), analizując poziomy natężenia dźwięku przy obu uszach muzyków grających na skrzypkach i altówkach (mikrofony zamontowane na uszach) odnotował natężenie przy lewym uchu większe o średnio 4,6 dB. W przypadku muzyków grających na instrumentach dętych drewnianych różnica ta była mniejsza - wynosiła średnio 1,1 dB i wskazywała ucho prawe jako bardziej obciążone. Jeszcze większe różnice wykazał Skalevik (2014), który badał natężenie dźwięków u zawodowego skrzypka za pomocą dousznych mikrofonów - różnica między lewym a prawym uchem wynosiła 7 dB (odpowiednio 91 dB(A) i 84 dB(A)) podczas prób indywidualnych.

Wśród studentów kierunków muzycznych UNC w Greensboro, u których Phillips (2008 b) wykazała ubytki słuchu, zdecydowaną większość stanowiły ubytki asymetryczne - 86,5%. Jak słusznie zauważa autorka badań - dopiero ta analiza odzwierciedla skalę problemu. Za symetryczne ubytki słuchu może odpowiadać wiele czynników, również genetycznych. Natomiast asymetryczne NIHL jest bezsprzecznie wynikiem nadmiernej ekspozycji na dźwięki muzyczne, typowej dla muzyków klasycznych. O tym, które ucho będzie bardziej obciążone decyduje kierunkowość promieniowania dźwięku instrumentu oraz predyspozycje muzyka tj. lewo- lub praworęczność. Większe ubytki w prawym uchu są charakterystyczne dla muzyków grających na flecie poprzecznym, flecie piccolo i harfie. Z kolei lewe ucho jest bardziej obciążone w przypadku gry na skrzypkach, altówce, puzonie i tubie, przy założeniu praworęczności muzyków [Pietrzak (2018)]. Asymetryczne ubytki słuchu u pozostałych muzyków są wynikiem układu zespołu lub orkiestry w trakcie prób i koncertów - najbardziej narażeni są wtedy muzycy grający na instrumentach dętych drewnianych i strunowych, którzy siedzą blisko instrumentów dętych blaszanych [Gade (2010)].

Podsumowując - muzycy klasyczni są narażeni na uszkodzenia narządu słuchu w związku z wykonywanym zawodem. Niepodważalnym dowodem są badania wykazujące asymetryczne ubytki słuchu. Jednak to ryzyko jest niższe niż można byłoby się spodziewać na podstawie wyników dotyczących wpływu hałasu przemysłowego o tym samym poziomie natężenia. Najwidoczniej pożądaną dźwiękami jest muzyka, są mniej szkodliwe dla ucha, niż niepożądany hałas [Karlsson (1983)].

## **5. Sposoby ograniczenia ubytków słuchu (NIHL) u muzyków.**

Literatura wymienia następujące metody ograniczania narażenia na nadmierny hałas jakim są dźwięki muzyczne:

- edukacja na temat szkodliwości ekspozycji na dźwięki muzyczne;
- odpowiednio zaprojektowane sale prób;
- indywidualne ochronniki słuchu.

Uświadamianie młodym muzykom konsekwencji jakie niesie nadmierna ekspozycja na dźwięki muzyczne, jest najprostszą metodą, ale niewystarczającą. Po opublikowaniu przez Phillips (2008 a, 2008 b, 2010) wyników badań ryzyka NIHL wśród studentów UNC w Greensboro, do zajęć obowiązkowych na każdym roku studiów muzycznych dodano godziny lekcyjne na temat wpływu nadmiernej ekspozycji na hałas na narządy słuchu i sposobów zapobiegania. W Polsce nadal brakuje tego typu zajęć w ramach programu nauczania [Pawlaczyk-Łuszczynska (2017)].

Indywidualne ochronniki słuchu w postaci dousznych wkładek przeciwhałasowych są wymieniane jako ostateczny sposób ochrony muzyków, aczkolwiek skuteczny [Kozłowski (2015)]. Przede wszystkim muszą to być wkładki wykonywane indywidualnie dla każdego muzyka na podstawie odlewu ucha, o płaskiej charakterystyce tłumienia. Dzięki zastosowanemu filtrowi akustycznemu, ochronniki tłumią dźwięki równomiernie we wszystkich częstotliwościach (tzw. tłumienie poziome). Jak wykazał Kozłowski (2015), już wkładki przeciwhałasowe o tłumieniu nominalnym 9 dB (najmniejszym) eliminują zagrożenie przesunięcia progu słuchu. Mimo to, niechęć muzyków do stosowania ochronników słuchu jest ogromna, ponieważ wiąże się z wieloma problemami – muzycy inaczej słyszą swój instrument, co ma bezpośredni wpływ na dynamikę wykonania, barwę dźwięku i tonację. Ograniczona jest również słyszalność pozostałych członków zespołu. Wkładki szczególnie niekorzystnie wpływają na muzyków grających na instrumentach dętych, którzy nadmiernie słyszą dźwięk własnego instrumentu i grają z mniejszą dynamiką niż powinni [Kozłowski (2010)]. W rozprawie doktorskiej Kozłowski (2015) udowadnia, że po 10 miesiącach praktykowania gry z wkładkami dousznymi, jakość gry znacząco się poprawia. Mimo to, wkładki nadal nie są polecane uczniom i studentom kierunków muzycznych oraz ich nauczycielom, ponieważ utrudniają one wychwytywanie błędów [Kozłowski (2014)].

Jako najlepsze rozwiązanie ograniczające skutki nadmiernej ekspozycji na hałas wśród muzyków wymienia się odpowiednio zaprojektowane sale prób pod względem architektonicznym i akustycznym [Phillips (2008 a), Kozłowski (2013)]. Badania przeprowadzone przez Centralny Instytut Ochrony Pracy w 2013 roku, wykazały spadek poziomu dźwięku przy zmianie sali na większą - w przypadku lekcji gry na trąbce, puzonie i werblu spadek o 4 dB i więcej [Kozłowski (2013)]. Wnioski z tych badań są następujące: *„Sale powinny być tak dobierane, aby zajęcia z gry na głośnych instrumentach, tj. instrumentach dętych blaszanych i instrumentach perkusyjnych, odbywały się w salach o największych wymiarach”* [Kozłowski (2013)]. Szczególnej uwagi wymagają sale do prób indywidualnych, które zazwyczaj charakteryzują się minimalną kubaturą, dobieraną ze względów ergonomicznych i ekonomicznych. Według badań Phillips (2008 a) zdecydowana większość studentów UNC w Greensboro przekracza dopuszczalną dawkę poziomu ekspozycji na hałas podczas samych ćwiczeń indywidualnych - próby odbywały się w pomieszczeniu o kubaturze 25,56 m<sup>3</sup> i trwały średnio 2,5 godziny. Inne badania przeprowadzone w tej samej szkole udowodniły, że ryzyko NIHL jest znacznie wyższe u studentów, którzy poświęcają dwie lub więcej godzin dziennie na indywidualne praktyki gry na instrumencie [Phillips (2010)].

Przytoczone badania i analizy jednoznacznie dowodzą związku między jakością sal prób muzycznych (rozumianą jako jej parametry funkcjonalno-przestrzenne oraz akustyczne) a ryzykiem ubytków słuchu u muzyków. Architektonicznie dobrze zaprojektowane sale prób mogą w dużym stopniu ograniczyć niekorzystny wpływ wielogodzinnych ekspozycji na dźwięki muzyczne, dlatego też zagadnienie poprawnego projektowania sal prób stało się tematem niniejszej rozprawy.

## Załącznik 2

### Autorska analiza wzoru współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ).

W swojej pracy Rindel (2020) przedstawia trzy różne metody wyznaczenia proporcji wnętrza, które przełożyłyby się na najbardziej korzystny rozkład modów w pomieszczeniu. Jedną z tych metod jest zastosowanie współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ), jednak w nieco zmodyfikowanej formie niż zaproponował to Bolt (1946):

$$(\text{FSI}) \psi(n) = \frac{1}{f_n - f_1} \sum_1^{n-1} \frac{\delta^2}{\bar{\delta}} \quad [1]$$

gdzie:  $\bar{\delta} = \frac{f_n - f_1}{n-1}$  [2] to średnia różnica między modami;

$f_1$  – częstotliwość pierwszego modu;

$f_n$  – częstotliwość ostatniego modu;

$n$  – liczba modów;

$\delta$  – różnica częstotliwości między dwoma sąsiednimi modami;

Podobnie jak Bolt (1946), Rindel (2020) wyznaczył współczynniki FSI ( $\psi(n)$ ) dla pierwszych 25-ciu modów, dla pomieszczeń o kubaturze do 300 m<sup>3</sup>. Modyfikacja wzoru wynikała z innego sposobu obliczania średniej różnicy między modami  $\bar{\delta}$  co przełożyło się na inne wartości współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ). Wzór [1] Rindel'a (2020) pozwala na otrzymanie współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ) powyżej 1,3; podczas gdy Bolt (1946) uzyskał wartość 1,1 dla najlepszych według niego proporcji pomieszczenia. Idealnie równy rozkład modów w paśmie częstotliwościowym przełożyłby się na współczynnik FSI ( $\psi(n)$ ) = 1, co oznaczałoby równe odległości między kolejnymi modami. Jednak jak podkreśla Rindel (2020) jest to nierealne. Najlepszą, czyli najniższą wartość współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ) Rindel (2020) otrzymał dla proporcji A wyznaczonej przez Meissner'a (2018): FSI ( $\psi(n)$ ) = 1,33. Dla proporcji B i C otrzymał wyniki odpowiednio FSI ( $\psi(n)$ ) = 1,51 i FSI ( $\psi(n)$ ) = 1,54 co uważa się za bardzo korzystne.

Potwierdzenie wyników uzyskanych przez Meissner'a (2018) poprzez użycie współczynnika FSI ( $\psi(n)$ ), wydaje się udowadniać słuszność zastosowania FSI ( $\psi(n)$ ). Jednak według autorki zapis wzoru [1] na współczynnik FSI ( $\psi(n)$ ) może wprowadzić czytelnika w błąd. Rindel (2020, 2021) nie wskazuje jednoznacznie czym w jego wzorze jest średnia różnica między modami ( $\bar{\delta}$ ). Według autorki średnią różnicę między modami można rozumieć jako stałą wartość dla danego rozkładu modów, obliczoną dla wszystkich 25-ciu modów ( $n = 25 = \text{const.}$ ) lub jako wartość, która jest zależna od  $n$  i która zmienia się wraz ze zmianą  $n$  od wartości 1 do wartości 25. Włączenie średniej różnicy między modami  $\bar{\delta}$  pod znak sumy  $\sum$  może sugerować, że średnia różnica  $\bar{\delta}$  również zmienia się podczas zmiany numeru modu  $n$ , czyli dla każdego numeru modu  $n$  przyjmuje ona inną wartość. Podobnie

jak zmienia się różnica częstotliwościowa między dwoma sąsiednimi modami, która jest zależna od  $n$ . Przy założeniu zmienności zarówno licznika jak i mianownika pod sumą we wzorze [1], współczynnik FSI ( $\psi(n)$ ) przyjmowałby wartości mniejsze niż jeden, co nie zgadzałoby się z wynikami uzyskanymi przez Rindel'a (2020). Dopiero dokładna analiza pierwotnego współczynnika FSI zaproponowanego przez Bolt'a (1946) wykazała, że średnia różnica między modami  $\bar{\delta}$  jest wartością stałą, niezależną od numeru modu i obliczoną dla wszystkich modów wziętych pod uwagę ( $n=25$ ). Wówczas współczynnik FSI ( $\psi(n)$ ) obliczany wzorem [1] przyjmuje wartości powyżej wartości jeden. Autorka uważa, że sposób zapisu wzoru [1] zaproponowany przez Rindel'a (2020) może wprowadzić czytelnika w błąd. Rozwiązaniem tego problemu jest jednoznaczne wskazanie, że średnia różnica między modami (mianownik pod sumą) nie jest zależna od  $n$ , zmienia się jedynie różnica częstotliwości między dwoma sąsiednimi modami (licznik pod sumą). W celu uniknięcia problemu interpretacji średniej różnicy między modami ( $\bar{\delta}$ ) we wzorze [1], autorka proponuje wyciągnąć  $\bar{\delta}$  spod znaku sumy i tym samym rozwiązać wątpliwości co do interpretacji wzoru:

$$(\text{FSI}) \psi(n) = \frac{1}{f_n - f_1} \cdot \frac{1}{\bar{\delta}} \cdot \sum_1^{n-1} (\delta)^2 \quad [3]$$

gdzie:

$$\bar{\delta} = \frac{f_n - f_1}{n-1} \quad [2] \text{ to średnia różnica między modami dla } n = 25;$$

$f_1$  – częstotliwość pierwszego modu;

$f_n$  – częstotliwość ostatniego modu;

$n$  – liczba modów ( $n = 25$ );

$\delta$  – różnica częstotliwości między dwoma sąsiednimi modami;

lub alternatywnie (pozostawić  $\bar{\delta}$  pod znakiem sumy, jednak zmienić zmienną sumowania i tym samym wskazać, że  $\bar{\delta}$  jest wartością stałą dla danego rozkładu modów):

$$(\text{FSI}) \psi(n) = \frac{1}{f_n - f_1} \sum_{a=2}^{a=n} \frac{\delta^2}{\bar{\delta}} = \frac{1}{f_n - f_1} \sum_{a=2}^{a=n} \frac{(f_a - f_{a-1})^2}{\frac{f_n - f_1}{n-1}} \quad [4]$$

gdzie:

$$\bar{\delta} = \frac{f_n - f_1}{n-1} \text{ to średnia różnica między modami dla } n = 25;$$

$f_1$  – częstotliwość pierwszego modu;

$f_n$  – częstotliwość ostatniego modu;

$n$  – liczba modów ( $n = 25$ );

$\delta = f_a - f_{a-1}$  to różnica częstotliwości między dwoma sąsiednimi modami;

## Załącznik 3

### Ankieta – analiza danych, interpretacja i wnioski.

Pierwszym zadaniem składającym się na głównym cel niniejszej pracy jest uporządkowanie kryteriów oceny jakości architektonicznej oraz kryteriów oceny jakości akustycznej jakim można poddać analizowane sale prób muzycznych. W celu wyodrębnienia tych właściwości i parametrów funkcjonalno-przestrzennych sal prób muzycznych, które są istotne już na etapie koncepcji projektu i będą miały wpływ na odbiór danego wnętrza przez użytkowników, autorka stworzyła ankietę składającą się z 16 pytań jednokrotnego wyboru oraz 2 pytań otwartych. Adresatami ankiety były osoby zawodowo zajmujące się muzyką tj. grą na instrumencie/ instrumentach, nauczyciele gry na instrumentach oraz studenci wyższych szkół muzycznych.

Zarówno Pytanie nr 1 (wiek ankietowanego), jak i Pytanie nr 2 (płeć ankietowanego) miały na celu sprawdzenie, czy grupę ankietowanych można potraktować jako grupę reprezentatywną oraz posłużyły do podziału ankietowanych na mniejsze grupy według płci oraz przedziału wiekowego.

Pytanie nr 3 miało na celu podział ankietowanych na 3 grupy według stopnia zaawansowania muzycznego (student/ zawodowy muzyk/ zawodowy muzyk + nauczyciel gry na instrumencie).

Pytanie nr 4 ma charakter pytania otwartego, dotyczącego wiodącego instrumentu muzycznego, na którym gra ankietowany. Pytanie to miało na celu podział ankietowanych na 6 grup w zależności od rodzaju instrumentu muzycznego, który jako wiodący wskazali ankietowani (strunowe/ strunowe klawiszowe/ dęte drewniane/ dęte blaszane/ dęte klawiszowe/ perkusyjne). Instrumenty strunowe - klawiszowe (fortepian, pianino, klavesyn) zostały wydzielone z grupy instrumentów strunowych jako oddzielna grupa ze względu na swoją specyfikę – instrumenty te często wykorzystywane są jako akompaniament dla innych instrumentów. Podziału na dane grupy instrumentów dokonała autorka na podstawie odpowiedzi ankietowanych.

Pytanie nr 5 to pytanie jednokrotnego wyboru, bez skali ocen. Celem pytania było sprawdzenie jaką akustykę sali prób preferują ankietowani muzycy (pomieszczenie bardziej pogłosowe/ bardziej wytłumione/ ze zmienną akustyką).

Pytanie nr 8 – pytanie jednokrotnego wyboru, bez skali ocen, którego celem było potwierdzenie wyników ankiety przeprowadzonej przez Lamberty (1980). Autorka pragnęła sprawdzić czy wyniki ankiety potwierdzą teorię, że dźwięki instrumentów tego samego rodzaju (np. trąbka i puzon) przeszkadzają podczas próby znacznie bardziej niż dźwięki będące wynikiem gry na instrumentach należących do innych grup np. trąbka i gitara.

Pytania nr 6-17 (poza Pytaniem nr 8) to pytania jednokrotnego wyboru o istotę danej kwestii lub wagę problemu. Ankietowani udzielali odpowiedzi posługując się pięcio-stopniową skalą ocen gdzie: 1 – oznaczało „zupełnie nieistotne”, 5 – „bardzo istotne”.

Pytanie nr 18, ostatnie, ma charakter pytania otwartego. Było to pytanie opcjonalne, gdzie ankietowani mogli opisać dodatkowe aspekty sal prób muzycznych, które zostały pominięte w ankiecie lub opisać idealną według siebie salę prób muzycznych.

W celu dokonania pełnej analizy danych, których dostarczyła ankieta, przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA dla wszystkich pytań ze skalą ocen (pytania 6-17 bez pytania 8). Celem tych analiz było sprawdzenie czy stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej (pytanie nr 3), wiek ankietowanego (pytanie 1), płeć ankietowanego (pytanie 2) oraz rodzaj wiodącego instrumentu muzycznego ankietowanego (pytanie nr 4) miały wpływ na udzielane przez nich odpowiedzi na pytania 6-17 (poza pytaniem 8). W załączniku przedstawiono pełną analizę zależności odpowiedzi na pytania ze skalą ocen w stosunku do stopnia zaawansowania muzycznego (pytanie 3). Pozostałe analizy przeprowadzono w programie statystycznym, a w niniejszym załączniku jedynie podsumowano wyniki tych analiz.

Standardową jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA przeprowadzono przy następujących założeniach:

- poziom istotności  $\alpha = 0,05$ <sup>145</sup>;
- próby są niezależne a sposób ich pobrania (wykonania pomiarów) jest losowy;
- zmienna zależna w każdej porównywanej grupie cechuje się rozkładem normalnym – w celu sprawdzenia tego warunku dokonano testu Shapiro – Wilka;
- jest zachowana jednorodność wariancji we wszystkich porównywanych grupach – w celu sprawdzenia tego warunku dokonano testu Levene’a.

W przypadku gdy nie został spełniony warunek o *rozkładzie normalnym zmiennej zależnej* w każdej porównywanej grupie ankietowanych, zamiast testu ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala – Wallisa, a następnie wielokrotne porównywania średnich rang dla wszystkich prób niezależnych w celu ustalenia czy i które grupy różnią się od siebie istotnie statystycznie.

We wszystkich przypadkach analiz przyjęto następujące założenie:

- poziom istotności  $\alpha = 0,05$

W ankiecie wzięło udział 110 osób spełniających warunek przynależności do jednej z trzech grup: student wyższej szkoły muzycznej (ewentualnie uczeń ostatniej klasy szkoły muzycznej II stopnia), zawodowy muzyk, zawodowy muzyk i jednocześnie nauczyciel gry na instrumencie muzycznym.

Ankieta utworzono w programie Microsoft Forms.

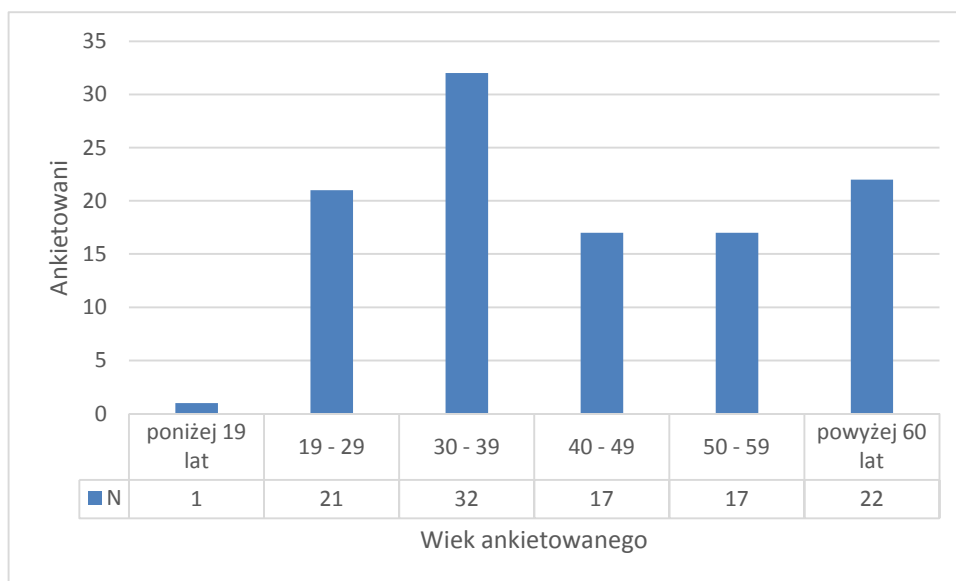
Wykresy wyników ankiety przygotowano w programie Microsoft Excel.

Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 13.

---

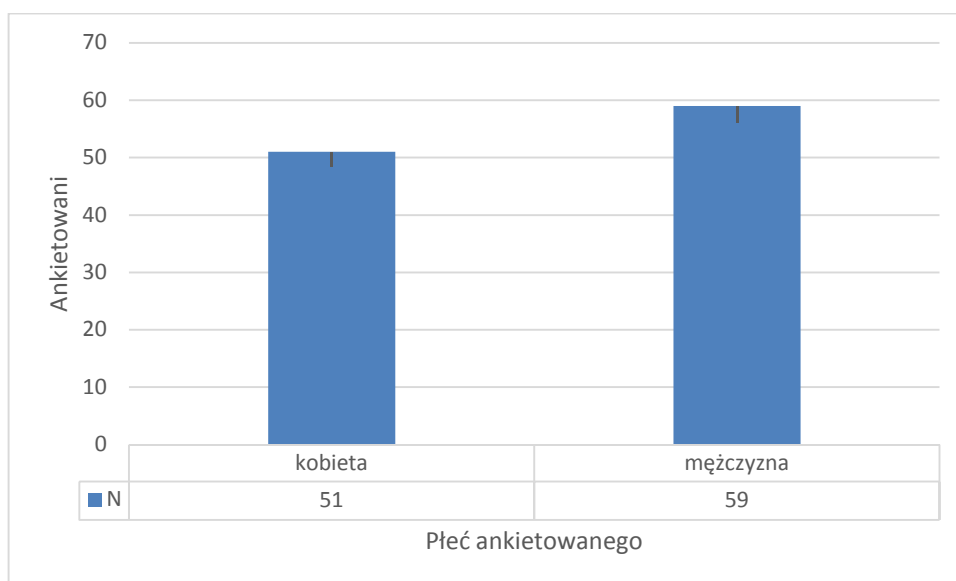
<sup>145</sup> Poziom istotności  $\alpha = 0,05$  oznacza, że w pojedynczym porównaniu ryzyko popełnienia błędu I rodzaju wynosi 0,05, zatem prawdopodobieństwo niepopołnienia błędu wynosi 95%. Ten poziom istotności jest uznany za wystarczający i jest najczęściej wybieranym poziomem dla jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA.

## Pytanie nr 1 – *Wiek ankiowanego.*



Wykres 27. Wyniki ankiety – pytanie nr 1 „Wiek ankiowanego”.

## Pytanie nr 2 – *Płeć ankiowanego.*



Wykres 28. Wyniki ankiety – pytanie nr 2 „Płeć ankiowanego”.

## Wnioski:

Na podstawie wyników przedstawionych na powyższych wykresach, dotyczących wieku oraz płci osób ankiowanych, autorka uznała badaną grupę ankiowanych za wystarczająco reprezentatywną.



### **Pytanie nr 3 – Stopień zaawansowania/ doświadczenia muzycznego.**

Ankietowanych podzielono na 3 grupy w zależności od ich stopnia zaawansowania/ doświadczenia muzycznego. W tabeli poniżej zestawiono wyniki tego podziału. Osoby udzielające odpowiedzi „uczeń szkoły muzycznej” i „student wyższej szkoły muzycznej” połączono w jedną grupę „Student”. Drugą grupę stanowią osoby będące zawodowymi muzykami, natomiast osoby będące jednocześnie zawodowym muzykiem i nauczycielem gry na instrumencie tworzą trzecią grupę „Nauczyciel gry”.

<b>Stopień zaawansowania muzycznego</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
student	10	9,1
zawodowy muzyk	33	30
nauczyciel gry	67	60,9
<b>ogółem</b>	<b>110</b>	

Tabela 81. Wyniki ankiety – pytanie nr 3 „Stopień zaawansowania/ doświadczenia muzycznego”.

### **Wnioski:**

Na podstawie wyników przedstawionych w powyższej tabeli, ankietowanych podzielono na 3 grupy w zależności od stopnia zaawansowania – doświadczenia muzycznego:

- student;
- zawodowy muzyk;
- nauczyciel muzyki.

Podział ten zostanie wykorzystany do dalszej analizy danych.

## Pytanie nr 4 – *Instrument muzyczny.*

Kolejny podział ankietowanych osób dotyczył rodzaju instrumentu muzycznego, który ankietowani wskazali jako wiodący. Podział instrumentów na 6 grup przeprowadziła autorka na podstawie odpowiedzi ankietowanych. Wyniki zestawiono w poniższej tabeli.

Rodzaj instrumentu muzycznego	n	%
strunowe	20	18,2
strunowe -klawiszowe (fortepian, pianino)	43	39
dęte drewniane	18	16,4
dęte blaszane	12	10,9
dęte klawiszowe	7	6,4
perkusyjne	10	9,1
<b>ogółem</b>	<b>110</b>	

Tabela 82. Wyniki ankiety – pytanie nr 4 „Rodzaj wiodącego instrumentu muzycznego”.

### Wnioski:

Na podstawie wyników przedstawionych w powyższej tabeli, ankietowanych podzielono na 6 grup w zależności od instrumentu muzycznego wskazanego jako wiodący:

- strunowe;
- strunowe - klawiszowe;
- dęte drewniane;
- dęte blaszane;
- dęte klawiszowe;
- perkusyjne

Podział ten zostanie wykorzystany do dalszej analizy danych.

## Pytanie nr 5 – Preferowana akustyka sal prób muzycznych.

		preferowana akustyka sali prób [%]		
stopień zaawansowania	N	wytlumiona	pogłosowa	zmienna
student	10	20	<b>60</b>	20
zawodowy muzyk	33	<b>48,5</b>	21,2	30,3
nauczyciel gry	67	19,4	26,9	<b>53,7</b>
<b>ogółem</b>	<b>110</b>	<b>28,2</b>	<b>28,2</b>	<b>43,6</b>

Tabela 83. Wyniki ankiety – pytanie nr 5 „Preferowana akustyka sal prób muzycznych” w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

		preferowana akustyka sali prób [%]		
rodzaj instrumentu	N	wytlumiona	pogłosowa	zmienna
strunowe	20	30	20	<b>50</b>
strunowe - klawiszowe	43	21	39,5	39,5
dęte drewniane	18	33,3	16,7	<b>50</b>
dęte blaszane	12	<b>58,3</b>	25	16,7
dęte klawiszowe	7	14,2	42,9	42,9
perkusyjne	10	20	10	<b>70</b>
<b>ogółem</b>	<b>110</b>	<b>28,2</b>	<b>28,2</b>	<b>43,6</b>

Tabela 84. Wyniki ankiety – pytanie nr 5 „Preferowana akustyka sal prób muzycznych” w zależności od rodzaju instrumentu muzycznego.

### Wnioski:

Na podstawie wyników przedstawionych w powyższych tabelach można wysnuć następujące wnioski:

- Większość studentów kierunków muzycznych preferuje sale pogłosowe, czyli o długim czasie pogłosu. Potwierdza to opinię nauczycieli muzyki, mówiącą, że w pomieszczeniu bardziej pogłosowym łatwiej jest uczniom/ studentom ukryć błędy podczas gry na instrumencie.
- Zawodowi muzycy preferują sale bardziej wytlumione, czyli o krótkim czasie pogłosu. W takich pomieszczeniach łatwiej wychwycić błędy podczas gry.

3. Większość nauczycieli muzyki preferuje sale prób o zmiennej akustyce, co pozwala na dostosowanie warunków akustycznych do ucznia i jego instrumentu, a także pozwala uczniom eksperymentować z różnym czasem pogłosu w sali prób.
4. Podział ankietowanych w zależności od rodzaju wiodącego instrumentu muzycznego pozwolił na wyodrębnienie muzyków grających na instrumentach strunowych, dętych drewnianych i perkusyjnych, jako preferujących zmienną akustykę w sali prób. Większość ankietowanych grający na instrumentach dętych blaszanych wybrała pomieszczenia bardziej wyłumione, co jest charakterystyczne dla tej grupy instrumentów generujących wysokie poziomy dźwięków.

## Pytanie nr 8 – Jakie dźwięki dobiegające z sal sąsiednich najbardziej przeszkadzają podczas próby?

		dźwięki z sal sąsiednich, które najbardziej przeszkadzają [%]				
stopień zaawansowania	N	śpiew	rozmowa	instr. tego samego rodzaju	instr. innego rodzaju	każdy instrument
student	10	30	-	-	-	<b>70</b>
zawodowy muzyk	33	18,2	-	6,1	12,1	<b>63,6</b>
nauczyciel gry	67	14,9	4,5	7,5	4,5	<b>68,6</b>
<b>ogółem</b>	110	17,3	2,7	6,4	6,4	<b>67,2</b>

Tabela 85. Wyniki ankiety – pytanie nr 8 „Dźwięki, które najbardziej przeszkadzają” w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

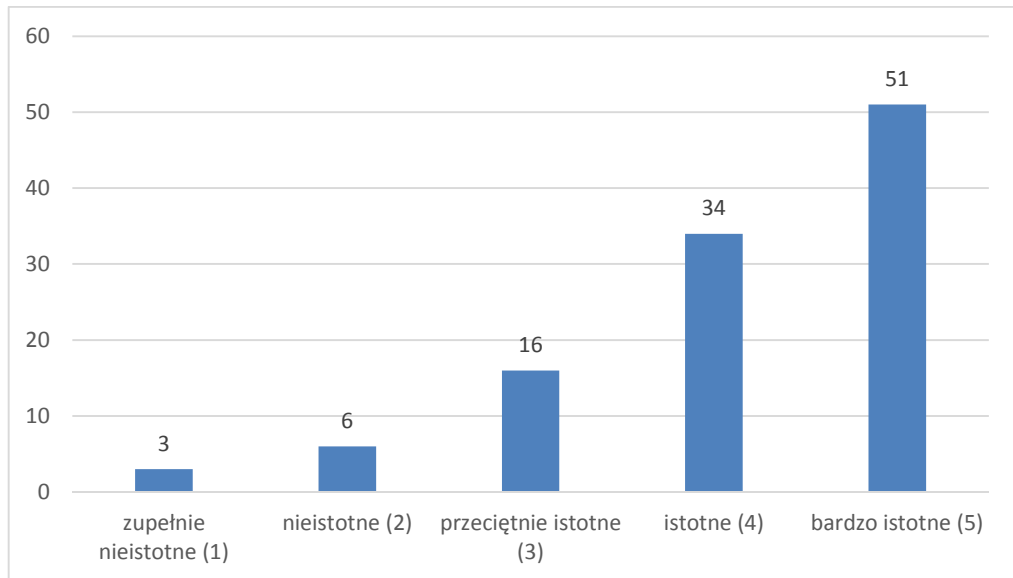
		dźwięki z sal sąsiednich, które najbardziej przeszkadzają [%]				
rodzaj instrumentu	N	śpiew	rozmowa	instr. tego samego rodzaju	instr. innego rodzaju	każdy instrument
strunowe	20	15	-	5	10	<b>70</b>
strunowe - klawiszowe	43	18,6	7	7	11,6	<b>55,8</b>
dęte drewniane	18	27,8	-	11,1	-	<b>61,1</b>
dęte blaszane	12	16,7	-	8,3	-	<b>75</b>
dęte klawiszowe	7	-	-	-	-	<b>100</b>
perkusyjne	10	10	-	-	-	<b>90</b>
<b>ogółem</b>	110	17,3	2,7	6,4	6,4	<b>67,2</b>

Tabela 86. Wyniki ankiety – pytanie nr 8 „Dźwięki, które najbardziej przeszkadzają” w zależności od rodzaju instrumentu muzycznego.

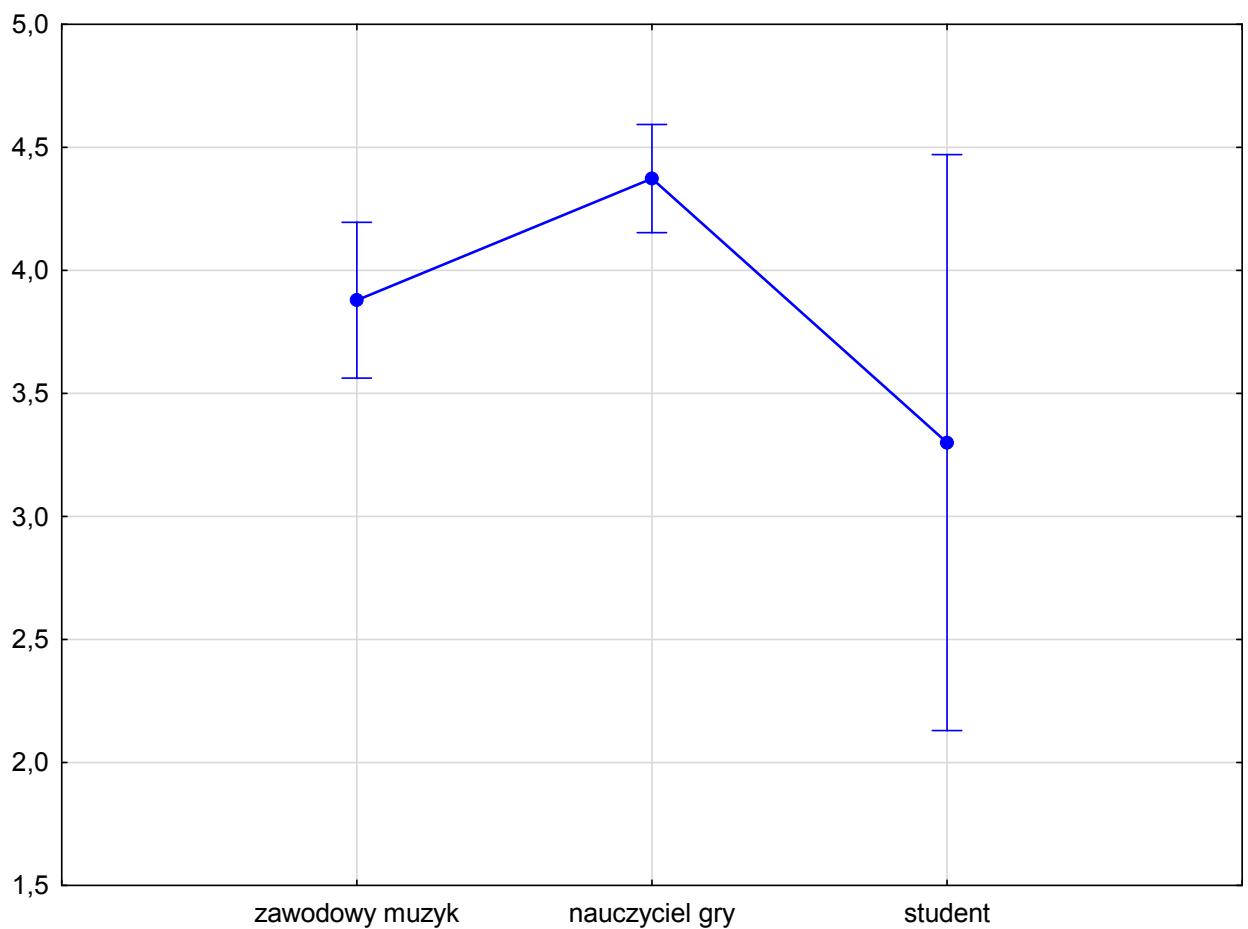
### Wnioski:

Niezależnie od podziału na grupy, zdecydowana większość ankietowanych uznała, że podczas próby najbardziej przeszkadza im dźwięk każdego instrumentu muzycznego niezależnie od jego rodzaju. Tym samym nie potwierdzono wyników otrzymanych przez Lamberty (1980) mówiących, że podczas próby instrumentalnej najbardziej przeszkadza dźwięk instrumentu tego samego rodzaju, dobiegający z sąsiedniej sali prób. Drugim w kolejności elementem, który ankietowani uznali za ingerujący w przebieg próby instrumentalnej jest śpiew dochodzący z sąsiedniej sali prób.

**Pytanie nr 6 – Słyszalność dźwięków z zewnątrz podczas próby w sali (ruch samochodowy, kolejowy, pioski w przestrzeni miasta) - określ jak istotny jest to dla Ciebie problem.**



Wykres 29. Pytanie nr 6 – wyniki ankiety.



Wykres 30. Pytanie nr 6 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnia	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	3,878788	33	0,892944
nauczyciel gry	4,373134	67	0,901780
student	3,300000	10	1,636392
<b>Ogółem</b>	<b>4,127273</b>	<b>110</b>	<b>1,032580</b>

Tabela 87. Pytanie nr 6 – statystyki opisowe.

Histogram: Pytanie nr 6

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 6: SW-W = 0,866; p = 0,0008

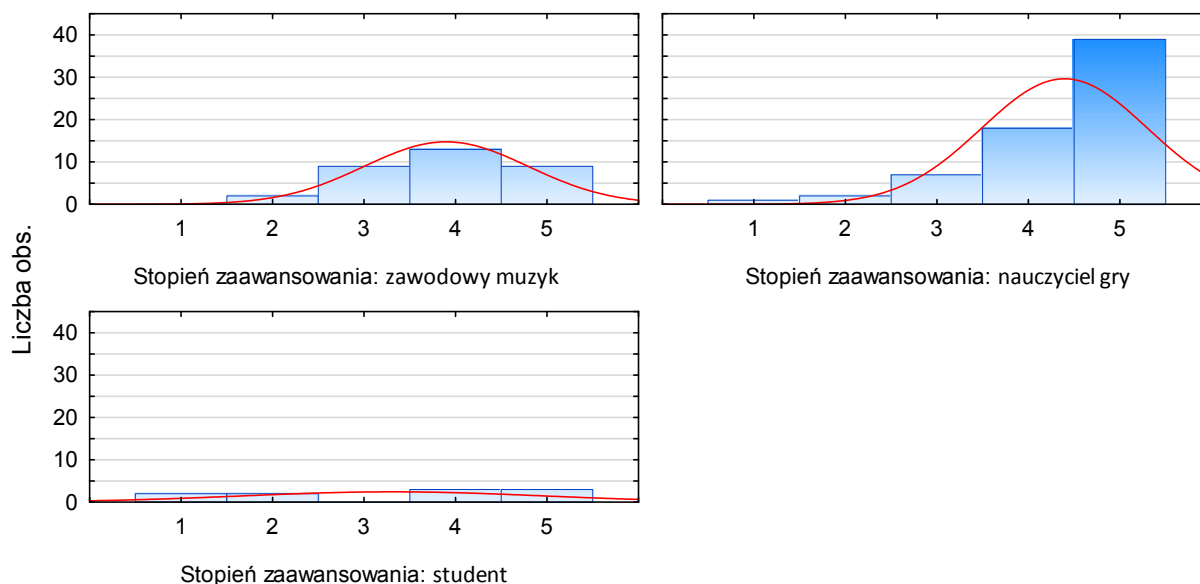
Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 6: SW-W = 0,7144; p = 0,0000

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 6: SW-W = 0,84; p = 0,0441

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 6 = 33\*1\*Normal(Średnia=3,8788; Sigma=0,8929)

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 6 = 67\*1\*Normal(Średnia=4,3731; Sigma=0,9018)

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 6 = 10\*1\*Normal(Średnia=3,3; Sigma=1,6364)



Histogram 1. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 6 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 6	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 6 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: H ( 2, N= 110) =10,99904 <b>p =,0041</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1488,000	45,09091
nauczyciel gry	67	4217,500	62,94776
student	10	399,500	39,95000

Tabela 88. Pytanie nr 6 – test Kruskala-Wallisa.

	Wartość p dla porównań wielokrotnych (dwustronnych); Pytanie nr 6 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: $H(2, N=110) = 10,99904$ $p = ,0041$		
Zależna: Pytanie nr 6	zawodowy muzyk R:45,091	nauczyciel gry R:62,948	student R:39,950
zawodowy muzyk		0,025444	1,000000
nauczyciel gry	0,025444		0,100330
student	1,000000	0,100330	

Tabela 89. Pytanie nr 6 – wielokrotne porównania średnich rang dla wszystkich prób.

### Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna istotności problemu przedstawionego w pytaniu nr 6 dla wszystkich ankietowanych wynosi 4,13 (Tabela 87) co oznacza, że dla ogółu problem słyszalności dźwięków z zewnątrz podczas prób muzycznych jest istotną kwestią. Dodatkowo niski współczynnik zmienności<sup>146</sup>  $V_x = 24,82\%$  wskazuje na niskie rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna dobrze obrazuje średni poziom cechy. Tak więc problem słyszalności dźwięków z zewnątrz jest istotną kwestią dla ankietowanych.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 6 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 1) wskazuje, że problem słyszalności dźwięków z zewnątrz jest istotny lub bardzo istotny szczególnie dla nauczycieli muzyki. Świadczy o tym również najwyższa średnia arytmetyczna  $x_{sr} = 4,39$  w tej grupie przy niskim odchyleniu standardowym  $s = 0,9$  (Tabela 87). Można uznać, że około 2/3 ankietowanych nauczycieli muzyki odpowiedziało „3,5” lub więcej na zadane pytanie. Potwierdza to twierdzenie Miller’ a (1993) oraz Gil’ a (2015) mówiące, że nauczyciele muzyki są szczególnie wrażliwi na dźwięki z zewnątrz oraz z sąsiednich sal podczas próby muzycznej.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 6 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 1). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę istotności problemu słyszalności dźwięków z zewnątrz podczas prób muzycznych. W celu jej przetestowania przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał

<sup>146</sup> Współczynnik zmienności [%] – jedna z miar rozproszenia, służy do badania stopnia zróżnicowania wartości zmiennej. Im wyższy współczynnik zmienności, tym większe zróżnicowanie cechy i niejednorodność badanej populacji. Niski współczynnik zmienności świadczy o małej zmienności cechy i jednorodności badanej populacji. Przyjmuje się następującą interpretację współczynnika zmienności:

< 25% - mała zmienność

25% - 45% - przeciętna zmienność

45% - 100% - silna zmienność

> 100% - bardzo silna zmienność



on, że porównywane grupy badanych różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego różnicuje ocenę istotności problemu jakim jest słyszalność dźwięków z zewnątrz na skali od 1 do 5 (Tabela 88):

$$H(2; 110) = 10,999$$

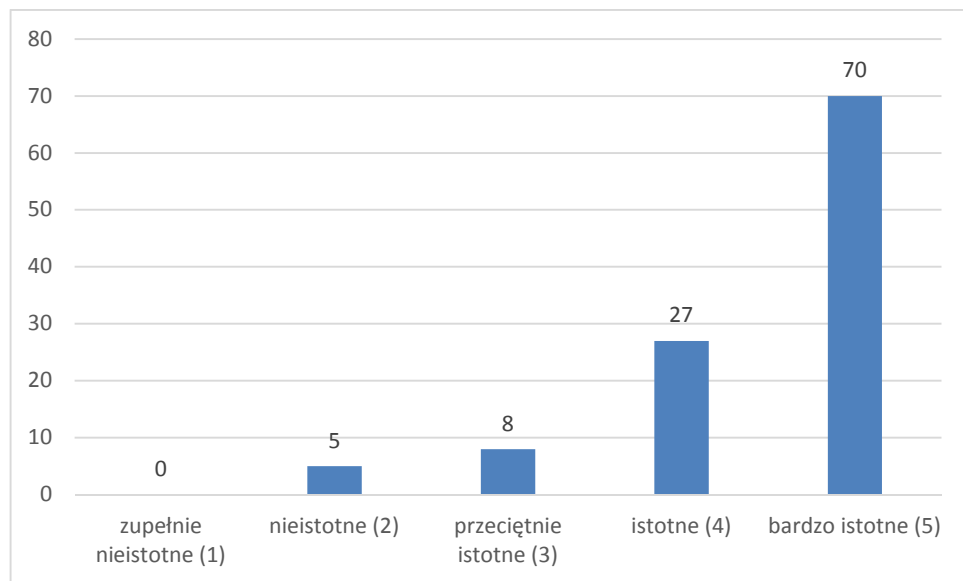
$$p = 0,0041 < 0,05$$

5. Przeprowadzone wielokrotne porównywania średnich rang dla wszystkich prób wykazały, że odpowiedzi w grupie nauczycieli muzyki różniły się istotnie statystycznie od odpowiedzi udzielanych przez zawodowych muzyków (Tabela 89).

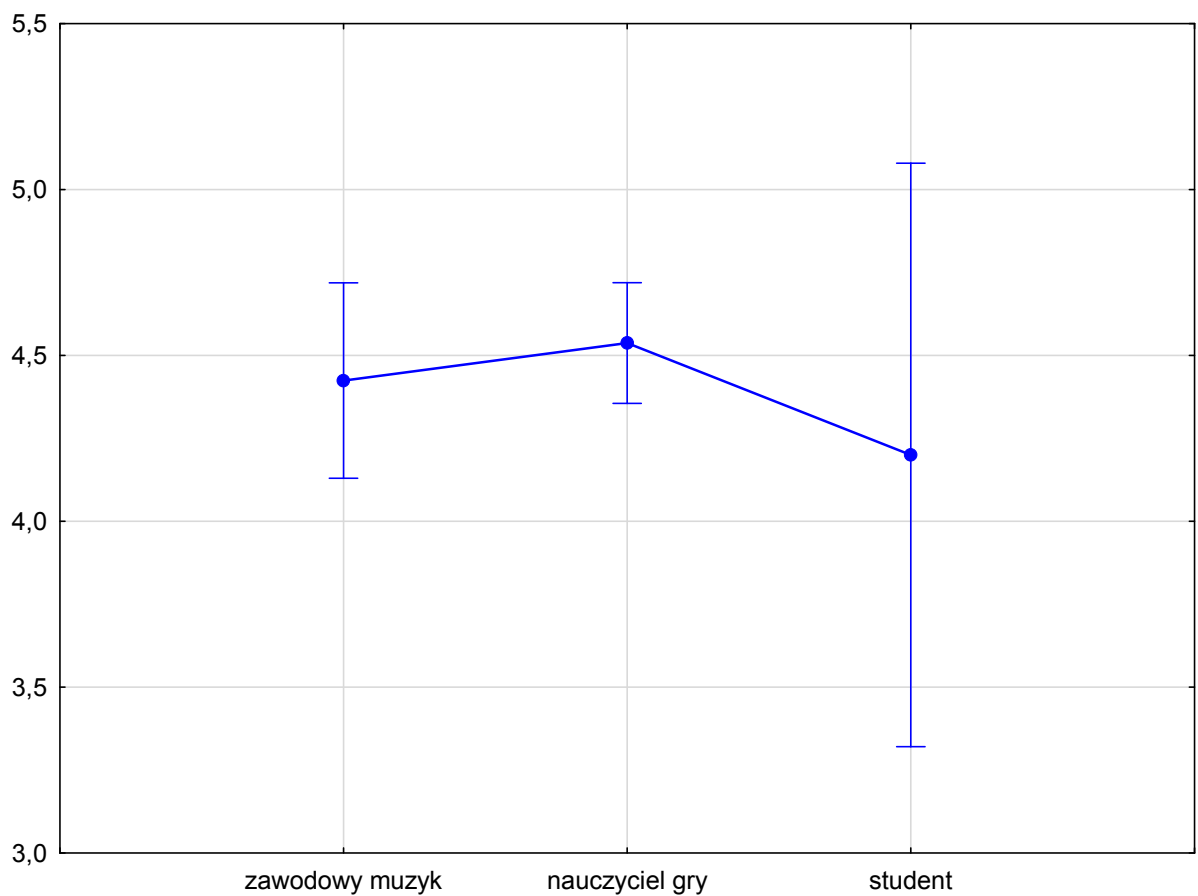
## **Wnioski:**

1. Problem słyszalności dźwięków z zewnątrz podczas próby muzycznej jest istotnym problemem dla muzyków. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Problem słyszalności dźwięków dobiegających do sali prób z zewnątrz, jest szczególnie uciążliwy dla nauczycieli muzyki.
3. Stopień zaawansowania muzycznego ma istotny statystycznie wpływ na poziom wagi problemu jakim jest słyszalność dźwięków z zewnątrz podczas próby muzycznej. Odpowiedzi nauczycieli gry na instrumentach różniły się istotnie statystycznie od odpowiedzi zawodowych muzyków.

**Pytanie nr 7 – *Słyszalność* dźwięków z sal sąsiednich podczas próby - określ jak istotny jest to dla Ciebie problem.**



Wykres 31. Pytanie nr 7 – wyniki ankiety.



Wykres 32. Pytanie nr 7 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	4,424242	33	0,830298
nauczyciel gry	4,537313	67	0,745255
student	4,200000	10	1,229273
<b>Ogółem</b>	<b>4,472727</b>	<b>110</b>	<b>0,820708</b>

Tabela 90. Pytanie nr 7 – statystyki opisowe.

Histogram: Pytanie nr 7

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 7: SW-W = 0,7139; p = 0,00000

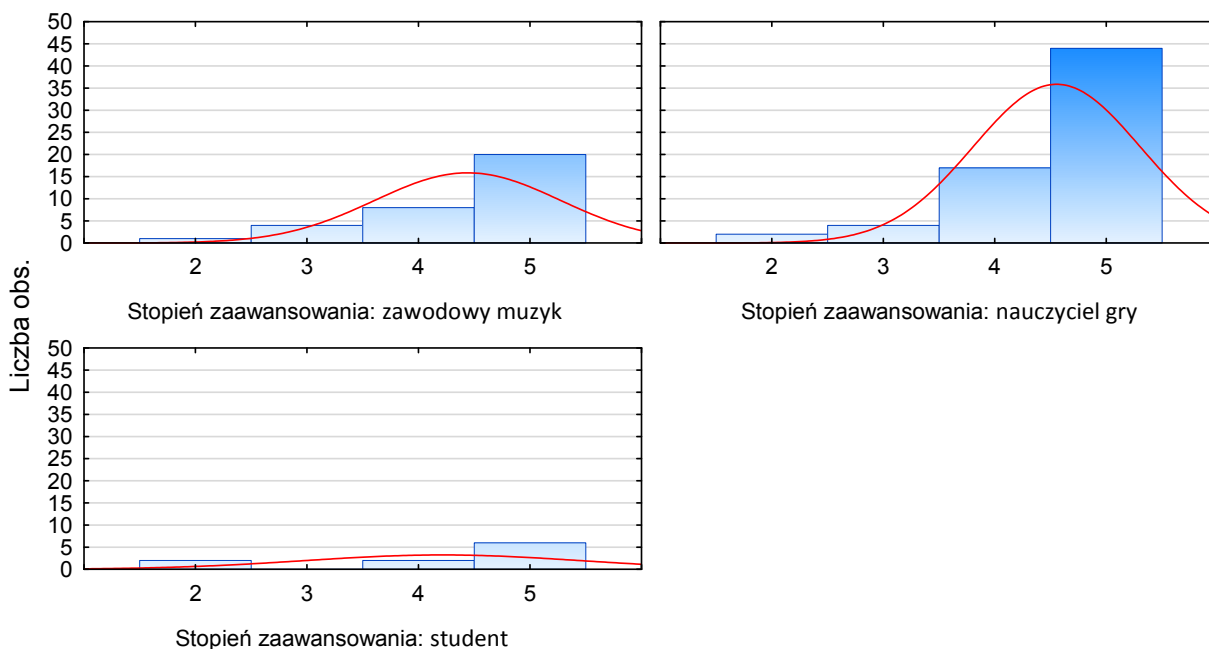
Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 7: SW-W = 0,6544; p = 0,0000

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 7: SW-W = 0,6819; p = 0,0005

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 7 = 33\*1\*Normal(Średnia=4,4242; Sigma=0,8303)

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 7 = 67\*1\*Normal(Średnia=4,5373; Sigma=0,7453)

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 7 = 10\*1\*Normal(Średnia=4,2; Sigma=1,2293)



Histogram 2. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 7 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 7	ANOVA rang Kruskala-Wallis; Pytanie nr 7 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallis: H ( 2, N= 110) =,6376655 <b>p =,7270</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1767,000	53,54545
nauczyciel gry	67	3825,000	57,08955
student	10	513,000	51,30000

Tabela 91. Pytanie nr 7 – test Kruskala-Wallis.

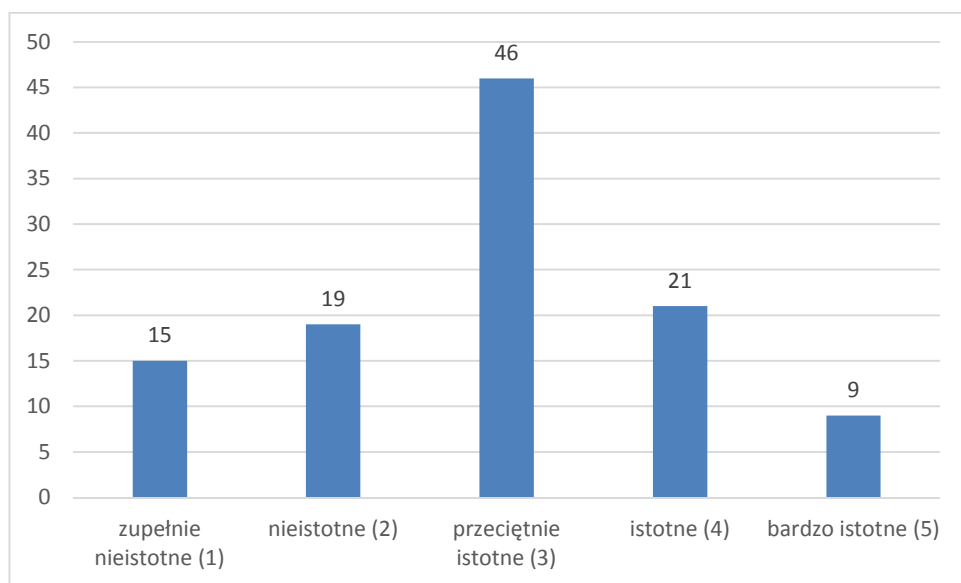
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna istotności problemu przedstawionego w pytaniu nr 7 dla wszystkich ankietowanych wynosi 4,47 (Tabela 90) co oznacza, że dla ogółu problem słyszalności dźwięków z sal sąsiednich podczas prób muzycznych jest istotną, a nawet bardzo istotną kwestią. Dodatkowo niski współczynnik zmienności  $V_x = 18,33\%$  wskazuje na niskie rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna dobrze obrazuje średni poziom cechy. Tak więc problem słyszalności dźwięków z sal sąsiednich jest bardzo istotną kwestią dla ankietowanych.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 7 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 2) wskazuje, że problem słyszalności dźwięków z sal sąsiednich jest istotny lub bardzo istotny dla zawodowych muzyków oraz nauczycieli muzyki. Świadczą o tym również wysokie średnie arytmetyczne w tych grupach przy niskim odchyleniu standardowym (Tabela 90). Potwierdza to twierdzenie Miller' a (1993) oraz Gil'a (2015) mówiące, że nauczyciele muzyki są szczególnie wrażliwi na dźwięki z zewnątrz oraz z sąsiednich sal podczas próby muzycznej.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 7 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 2). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę istotności problemu słyszalności dźwięków z sal sąsiednich podczas prób muzycznych. W celu jej przetestowania przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny istotności problemu jakim jest słyszalność dźwięków z sal sąsiednich na skali od 1 do 5 (Tabela 91):  
 $H(2; 110) = 0,638$   
 $p = 0,727 > 0,05$

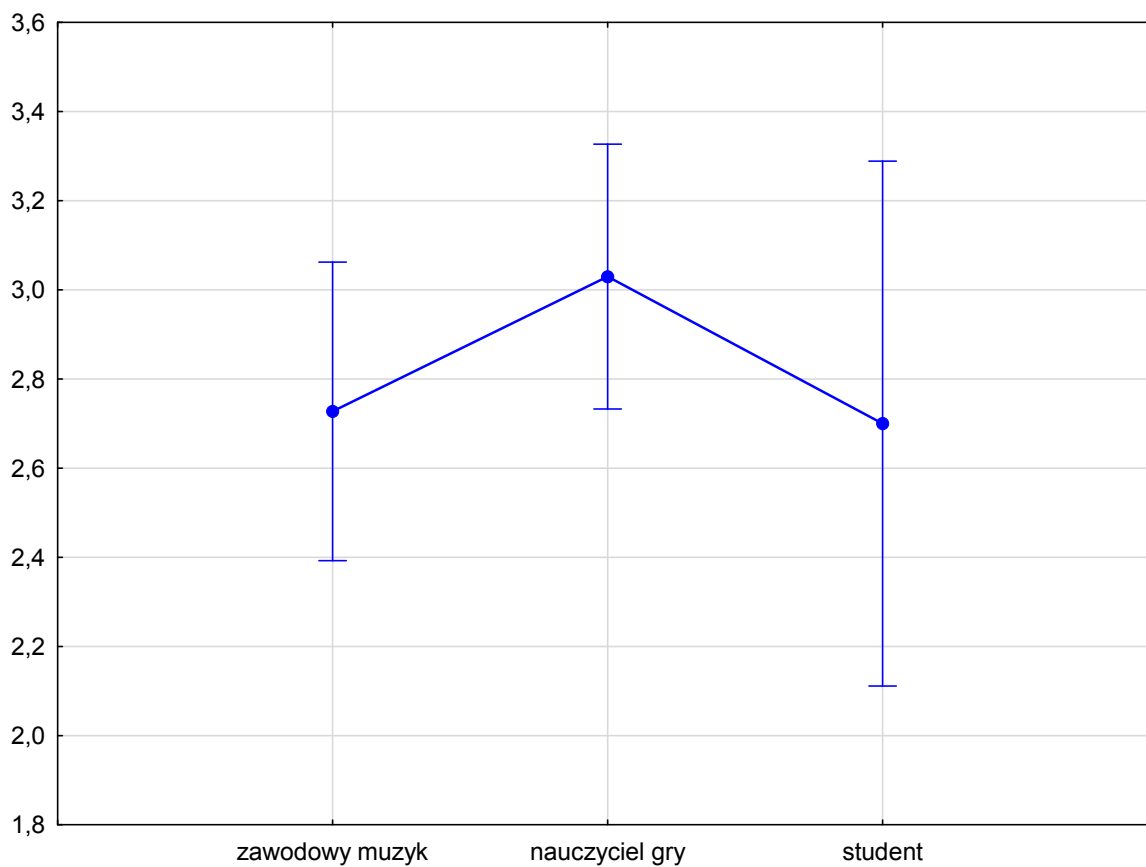
## Wnioski:

1. Problem słyszalności dźwięków z sal sąsiednich podczas próby muzycznej jest bardzo istotnym problemem dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi problemu jakim jest słyszalność dźwięków z sal sąsiednich podczas próby muzycznej. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 9** – ładny/ estetyczny/ inspirujący widok z okna sali prób (np. zieleń, panorama miasta) - określ jak istotna jest to dla Ciebie kwestia.



Wykres 33. Pytanie nr 9 – wyniki ankiety.



Wykres 34. Pytanie nr 9 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	2,727273	33	0,944482
nauczyciel gry	3,029851	67	1,218172
student	2,700000	10	0,823273
<b>Ogółem</b>	<b>2,909091</b>	<b>110</b>	<b>1,113268</b>

Tabela 92. Pytanie nr 9 – statystyki opisowe.

#### Histogram: Pytanie nr 9

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 9: SW-W = 0,8789; p = 0,0016

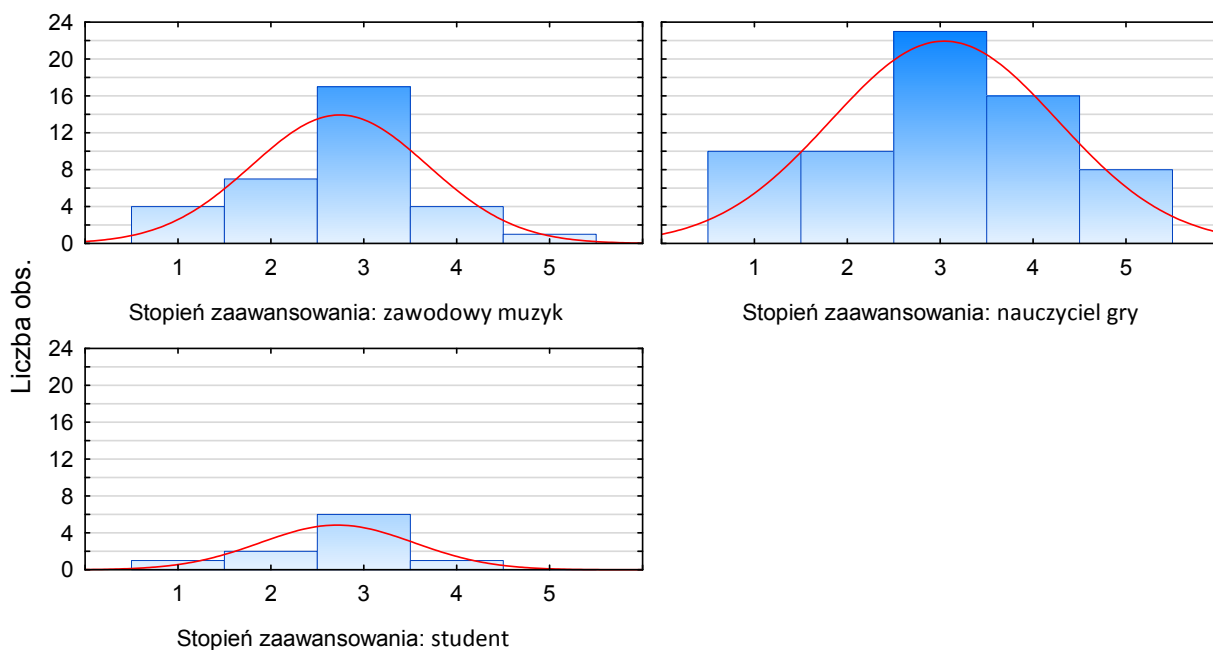
Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 9: SW-W = 0,9083; p = 0,0001

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 9: SW-W = 0,8406; p = 0,0449

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 9 = 33\*1\*Normal(Średnia=2,7273; Sigma=0,9445)

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 9 = 67\*1\*Normal(Średnia=3,0299; Sigma=1,2182)

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 9 = 10\*1\*Normal(Średnia=2,7; Sigma=0,8233)



Histogram 3. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 9 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 9	ANOVA rang Kruskala-Wallis; Pytanie nr 9 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallis: $H(2, N=110) = 2,335757$ <b>p = ,3110</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1654,500	50,13636
nauczyciel gry	67	3956,500	59,05224
student	10	494,000	49,40000

Tabela 93. Pytanie nr 9 – test Kruskala-Wallis.

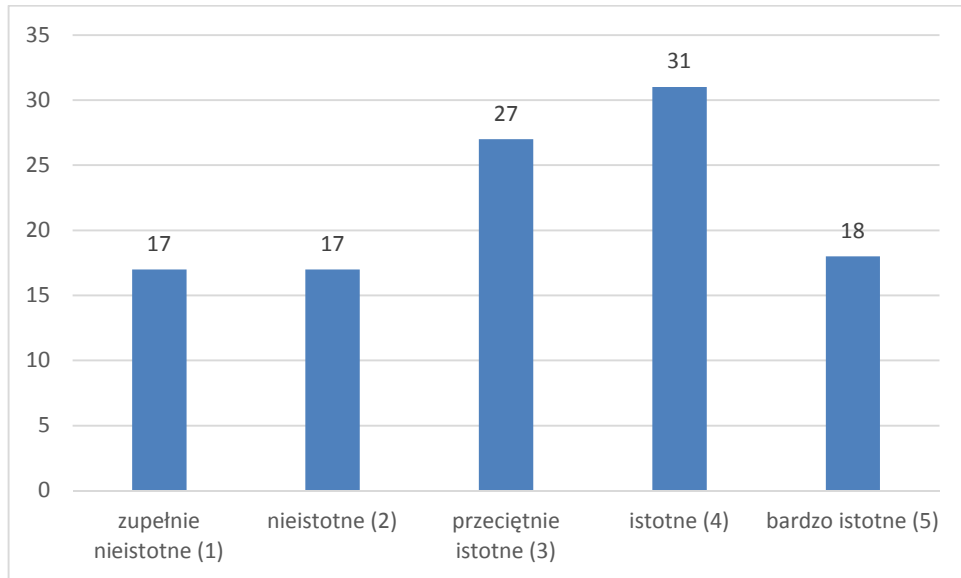
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 9 dla wszystkich ankietowanych wynosi 2,91 (Tabela 92) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych estetyczny widok z okna sali prób jest kwestią przeciętnie istotną. Współczynnik zmienności  $V_x = 38,27\%$  wskazuje na przeciętne rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna przeciętnie obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 9 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 3) wskazuje, że kwestia estetycznego/ inspirującego widoku z okna sali prób jest przeciętnie istotna niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 9 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 3). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę kwestii estetycznego widoku z okna sali prób. W celu jej przetestowania przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 93):  
 $H(2; 110) = 2,336$   
 $p = 0,311 > 0,05$

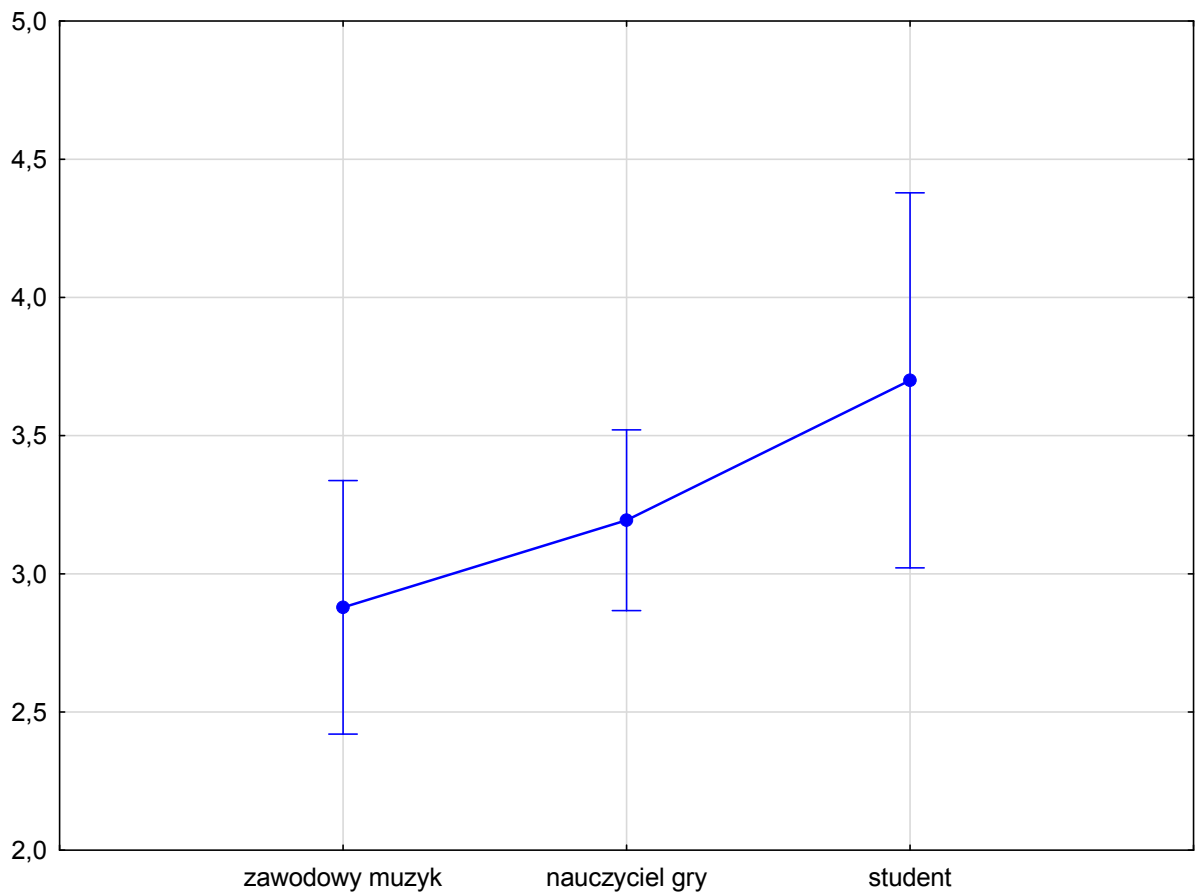
## Wnioski:

1. Kwestia estetycznego/ inspirującego widoku z okna sali prób jest przeciętnie istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą można pominąć w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 10** – Czy fakt, że osoby przechodzące obok okien sali widzą Cię podczas próby, stanowiłby dla Ciebie problem? - określ w jakiej skali.



Wykres 35. Pytanie nr 10 – wyniki ankiety.



Wykres 36. Pytanie nr 10 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).



Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	2,878788	33	1,293193
nauczyciel gry	3,194030	67	1,339819
student	3,700000	10	0,948683
<b>Ogółem</b>	<b>3,145455</b>	<b>110</b>	<b>1,305151</b>

Tabela 94. Pytanie nr 10 – statystyki opisowe.

Histogram: Pytanie nr 10

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 10: SW-W = 0,864; p = 0,0007

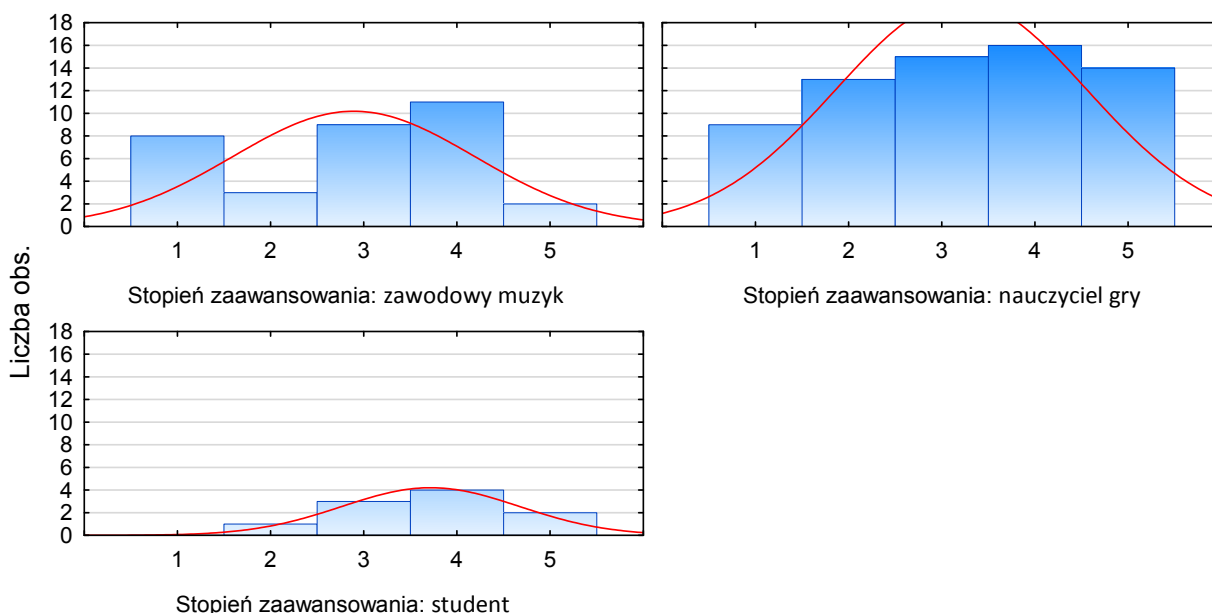
Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 10: SW-W = 0,8989; p = 0,00005

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 10: SW-W = 0,9108; p = 0,2869

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 10 =  $33 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=2,8788; \text{Sigma}=1,2932)$

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 10 =  $67 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,194; \text{Sigma}=1,3398)$

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 10 =  $10 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,7; \text{Sigma}=0,9487)$



Histogram 4. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 10 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 10 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: H ( 2, N= 110) =2,969964 <b>p =,2265</b>			
Zależna: Pytanie nr 10	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1632,000	49,45455
nauczyciel gry	67	3792,000	56,59701
student	10	681,000	68,10000

Tabela 95. Pytanie nr 10 – test Kruskala-Wallisa.

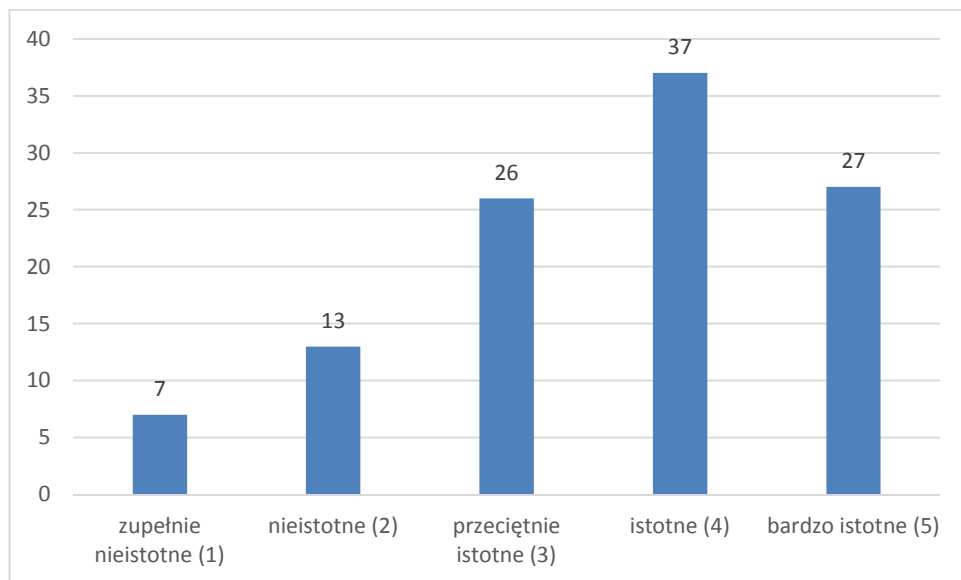
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi problemu przedstawionego w pytaniu nr 10 dla wszystkich ankietowanych wynosi 3,15 (Tabela 94) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych ruch pieszcy tuż za oknem sali prób jest kwestią przeciętnie istotną. Współczynnik zmienności  $V_x = 41,49\%$  wskazuje na przeciętne rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna przeciętnie obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 10 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 4) wskazuje, że ankietowani udzielali odpowiedzi w pełnej skali ocen badanego problemu niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 10 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 4). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę problemu ruchu pieszego i obecności osób postronnych tuż za oknem sali prób. W celu jej przetestowania przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanego problemu na skali od 1 do 5 (Tabela 95):  
 $H(2; 110) = 2,97$   
 $p = 0,2265 > 0,05$

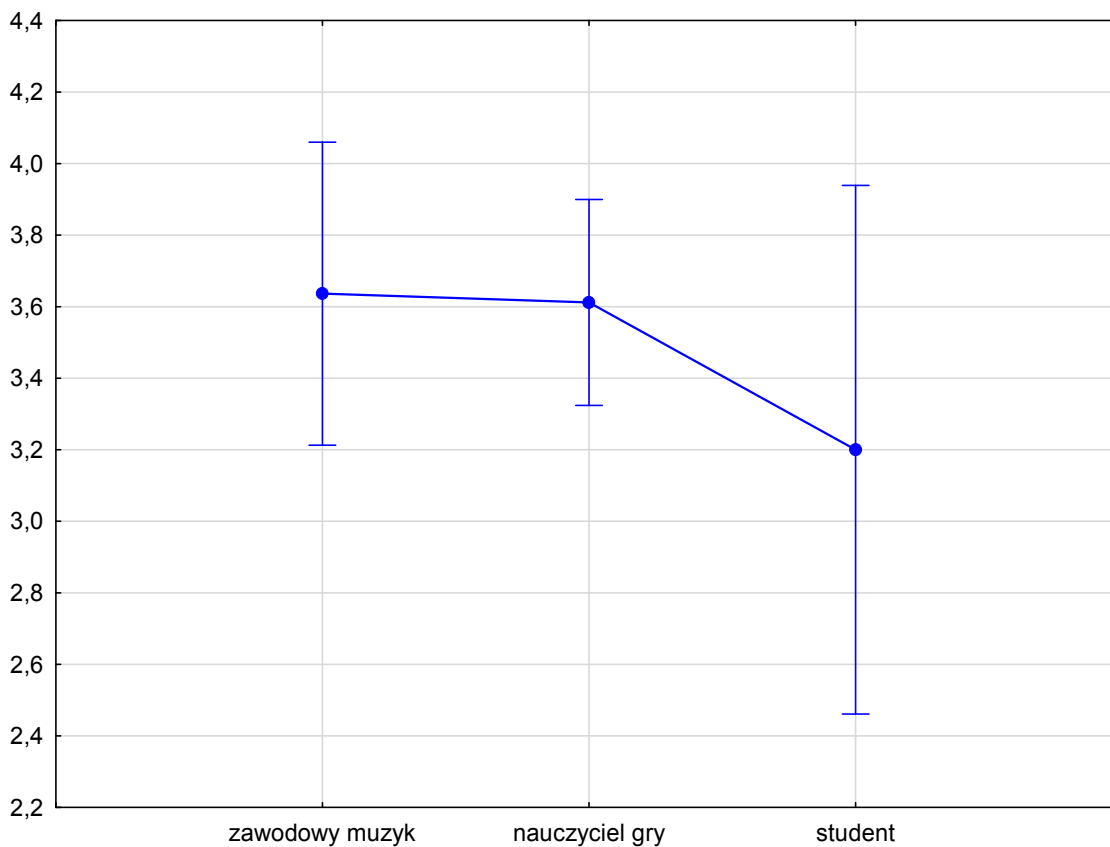
## Wnioski:

1. Problem ruchu pieszego i obecności osób postronnych tuż za oknem sali prób jest problemem przeciętnie istotnym dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy pominąć w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanego problemu. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 11** – Architektura wnętrza sali (ogólna estetyka, kolorystyka, materiały, ciekawe rozwiązania wykończeniowe) - określ jak istotna jest to dla Ciebie kwestia.



Wykres 37. Pytanie nr 11 – wyniki ankiety.



Wykres 38. Pytanie nr 11 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	3,636364	33	1,194210
nauczyciel gry	3,611940	67	1,180077
student	3,200000	10	1,032796
<b>Ogółem</b>	<b>3,581818</b>	<b>110</b>	<b>1,168248</b>

Tabela 96. Pytanie nr 11 – statystyki opisowe.

Histogram: Pytanie nr 11

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 11: SW-W = 0,8814; p = 0,0018

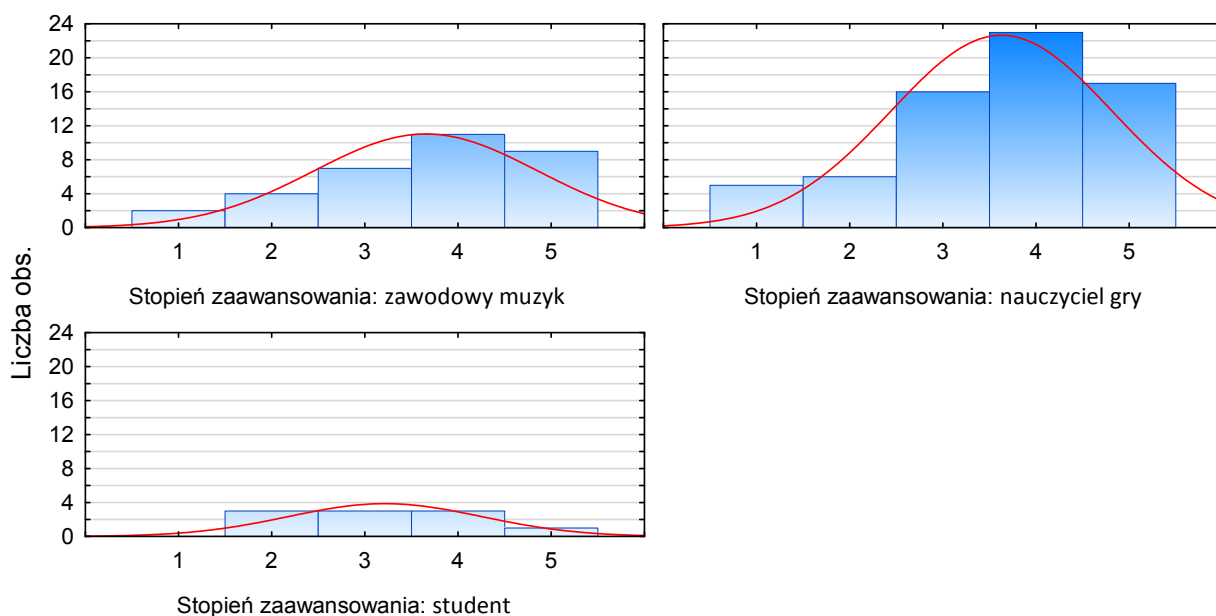
Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 11: SW-W = 0,8759; p = 0,00001

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 11: SW-W = 0,8946; p = 0,1910

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 11 =  $33 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,6364; \text{Sigma}=1,1942)$

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 11 =  $67 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,6119; \text{Sigma}=1,1801)$

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 11 =  $10 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,2; \text{Sigma}=1,0328)$



Histogram 5. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 11 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 11	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 11 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: $H(2, N=110) = 1,695142$ <b>p = ,4285</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1886,500	57,16667
nauczyciel gry	67	3784,000	56,47761
student	10	434,500	43,45000

Tabela 97. Pytanie nr 11 – test Kruskala-Wallisa.

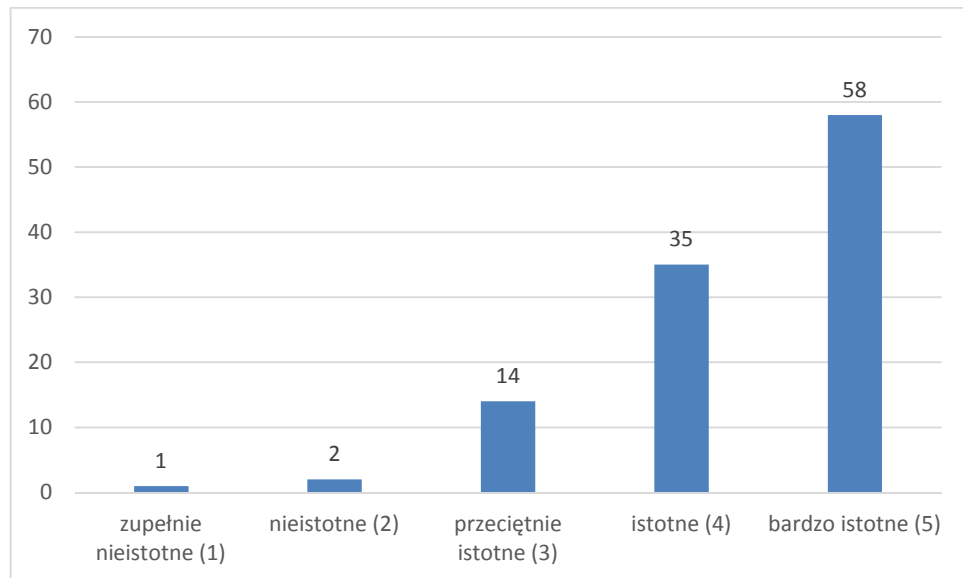
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 11 dla wszystkich ankietowanych wynosi 3,58 (Tabela 96) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych architektura wnętrza sali prób muzycznych jest kwestią istotną. Współczynnik zmienności  $V_x = 32,61\%$  wskazuje na przeciętne rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna umiarkowanie obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 11 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 5) wskazuje, że większą wagę do kwestii architektury wnętrza sal prób muzycznych przywiązują zawodowi muzycy oraz nauczyciele muzyki. Studenci nie są jednogłośni w tej kwestii.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 11 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 5). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi architektury wnętrza sal prób muzycznych. W celu jej przetestowania przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanego problemu na skali od 1 do 5 (Tabela 97):  
 $H(2; 110) = 1,695$   
 $p = 0,4285 > 0,05$

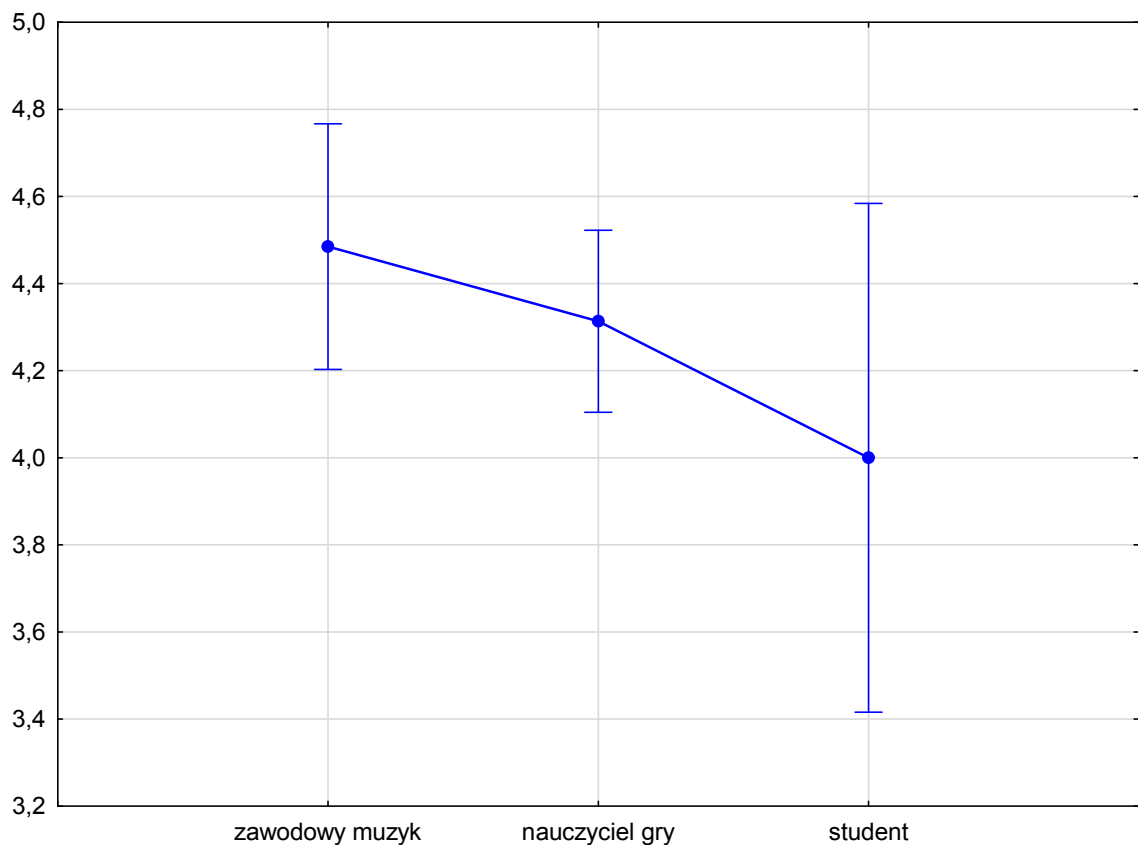
## Wnioski:

1. Kwestia architektury wnętrza sal prób muzycznych jest istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 12** – Wielkość sali prób (powierzchnia, wysokość pomieszczenia, poczucie przestrzenności/ poczucie niedostatku miejsca ) - określ jak istotna jest to dla Ciebie kwestia.



Wykres 39. Pytanie nr 12 – wyniki ankiety.



Wykres 40. Pytanie nr 12 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	4,484848	33	0,795346
nauczyciel gry	4,313433	67	0,856507
student	4,000000	10	0,816497
<b>Ogółem</b>	<b>4,336364</b>	<b>110</b>	<b>0,838054</b>

Tabela 98. Pytanie nr 12 – statystyki opisowe.

#### Histogram: Pytanie nr 12

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 12: SW-W = 0,6442; p = 0,00000

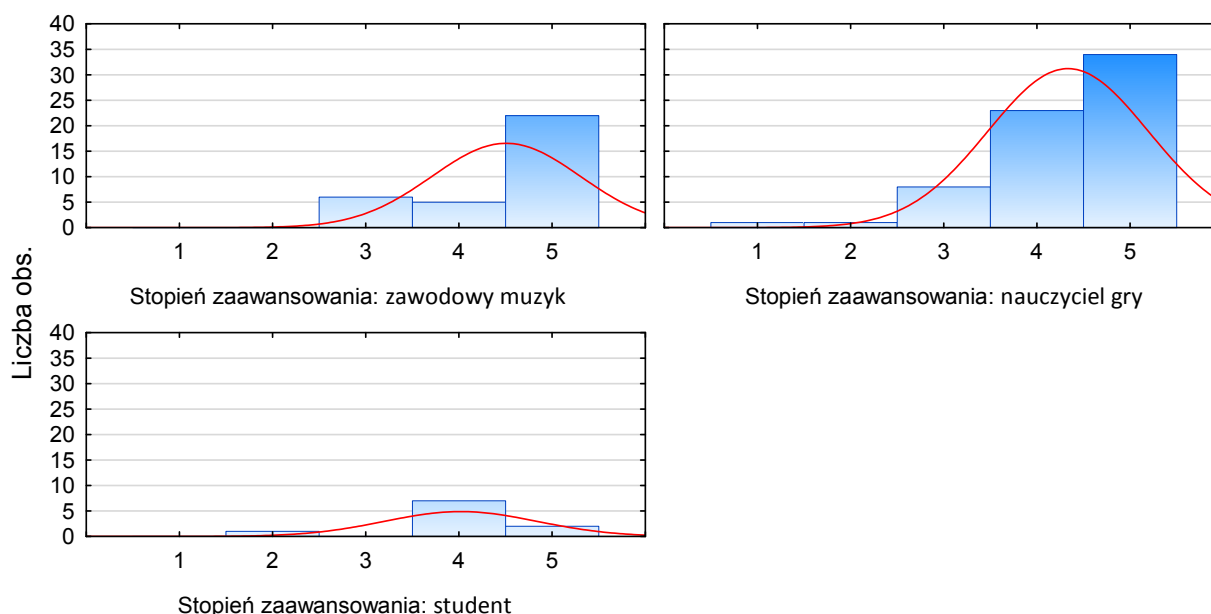
Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 12: SW-W = 0,7547; p = 0,00000

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 12: SW-W = 0,7005; p = 0,0009

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 12 = 33\*1\*Normal(Średnia=4,4848; Sigma=0,7953 )

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 12 = 67\*1\*Normal(Średnia=4,3134; Sigma=0,8565)

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 12 = 10\*1\*Normal(Średnia=4; Sigma=0,8165)



Histogram 6. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 12 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 12	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 12 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: H ( 2, N= 110) =4,006135 <b>p =,1349</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	2031,000	61,54545
nauczyciel gry	67	3663,500	54,67910
student	10	410,500	41,05000

Tabela 99. Pytanie nr 12 – test Kruskala-Wallisa.

## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 12 dla wszystkich ankietowanych wynosi 4,34 (Tabela 98) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych wielkość sali prób muzycznych jest kwestią istotną, a nawet bardzo istotną. Niski współczynnik zmienności  $V_x = 19,32\%$  wskazuje na małe rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna dobrze obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 12 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 6) wskazuje, że problem wielkości sali prób muzycznych jest istotny lub bardzo istotny niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 12 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 6). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi kwestii jaką jest wielkość sali prób. W celu jej przetestowania przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 99):

$$H(2; 110) = 4,006$$

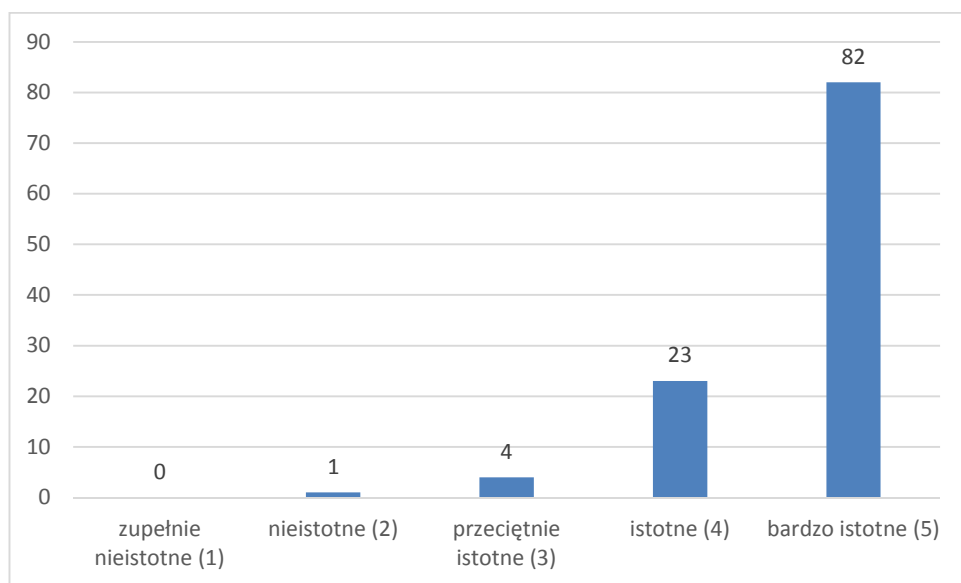
$$p = 0,1349 > 0,05$$

## Wnioski:

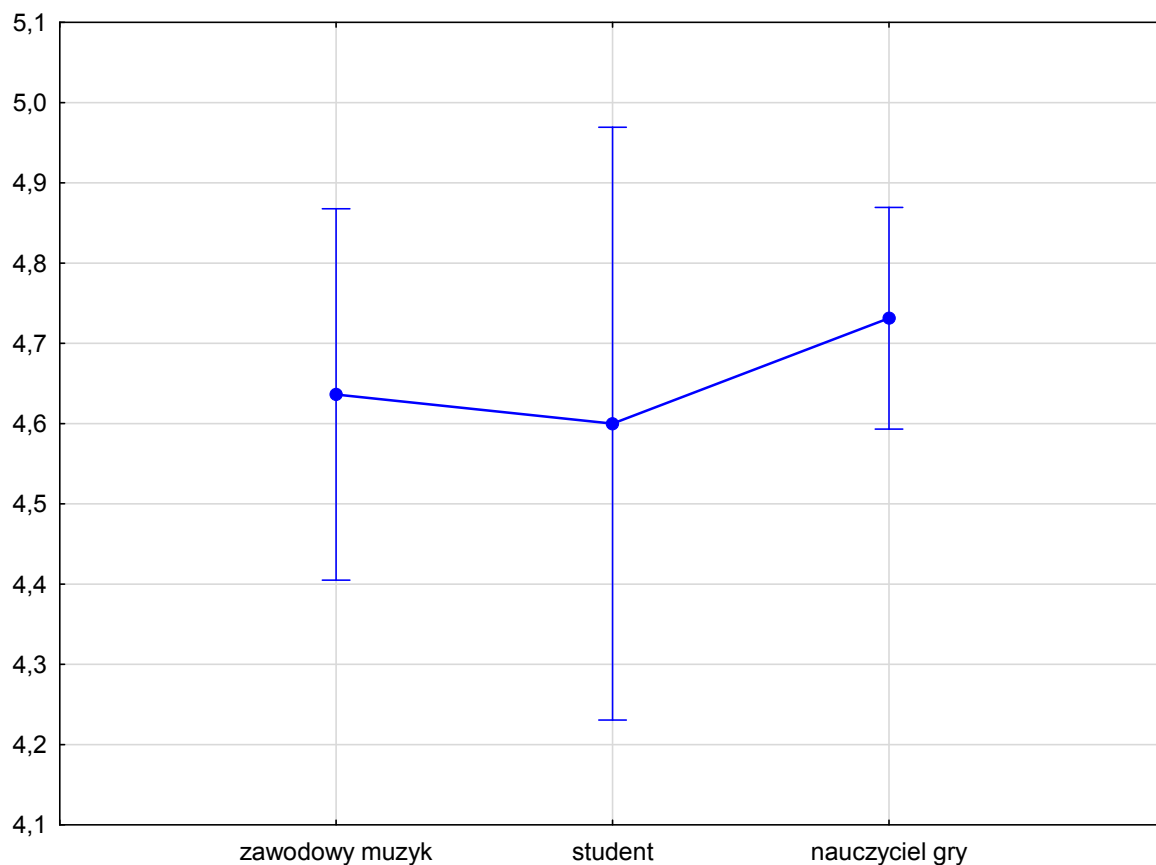
1. Kwestia wielkości sal prób muzycznych jest istotna lub bardzo istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.



**Pytanie nr 13** – Akustyka sali prób (możliwość uzyskania odpowiedniej selektywności niezależnie od głośności, klarowności, barwy dźwięku) - określ jak istotna jest to dla Ciebie kwestia.



Wykres 41. Pytanie nr 13 – wyniki ankiety.



Wykres 42. Pytanie nr 13 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	4,636364	33	0,652791
student	4,600000	10	0,516398
nauczyciel gry	4,731343	67	0,566277
<b>Ogółem</b>	<b>4,690909</b>	<b>110</b>	<b>0,586475</b>

Tabela 100. Pytanie nr 13 – statystyki opisowe.

#### Histogram: Pytanie nr 13

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 13: SW-W = 0,5817; p = 0,00000

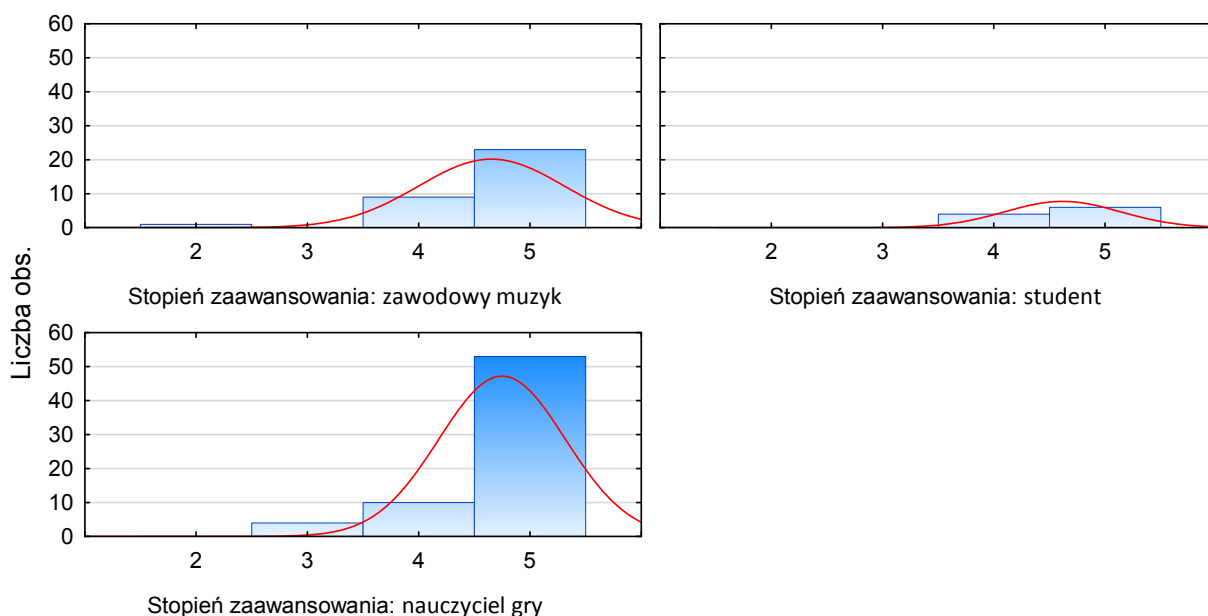
Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 13: SW-W = 0,6405; p = 0,0002

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 13: SW-W = 0,523; p = 0,0000

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 13 =  $33 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=4,6364; \text{Sigma}=0,6528)$

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 13 =  $10 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=4,6; \text{Sigma}=0,5164)$

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 13 =  $67 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=4,7313; \text{Sigma}=0,5663)$



Histogram 7. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 13 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 13	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 13 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: $H(2, N=110) = 1,722318$ <b>p = ,4227</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1752,500	53,10606
student	10	485,000	48,50000
nauczyciel gry	67	3867,500	57,72388

Tabela 101. Pytanie nr 13 – test Kruskala-Wallisa.

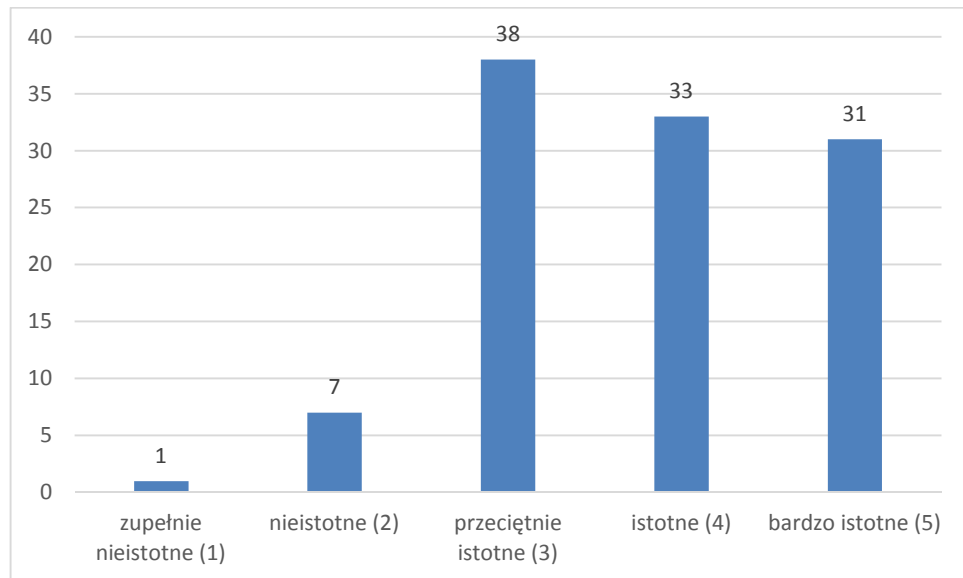
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 13 dla wszystkich ankietowanych wynosi 4,69 (Tabela 100) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych akustyka sali prób muzycznych jest kwestią bardzo istotną. Dodatkowo bardzo niski współczynnik zmienności  $V_x = 12,5\%$  wskazuje na małe rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna bardzo dobrze obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 13 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 7) wskazuje, że problem akustyki sali prób muzycznych jest bardzo istotny niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 13 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 7). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi kwestii jaką jest akustyka sali prób. W celu przetestowania tej hipotezy przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 101):  
 $H(2; 110) = 1,722$   
 $p = 0,4227 > 0,05$

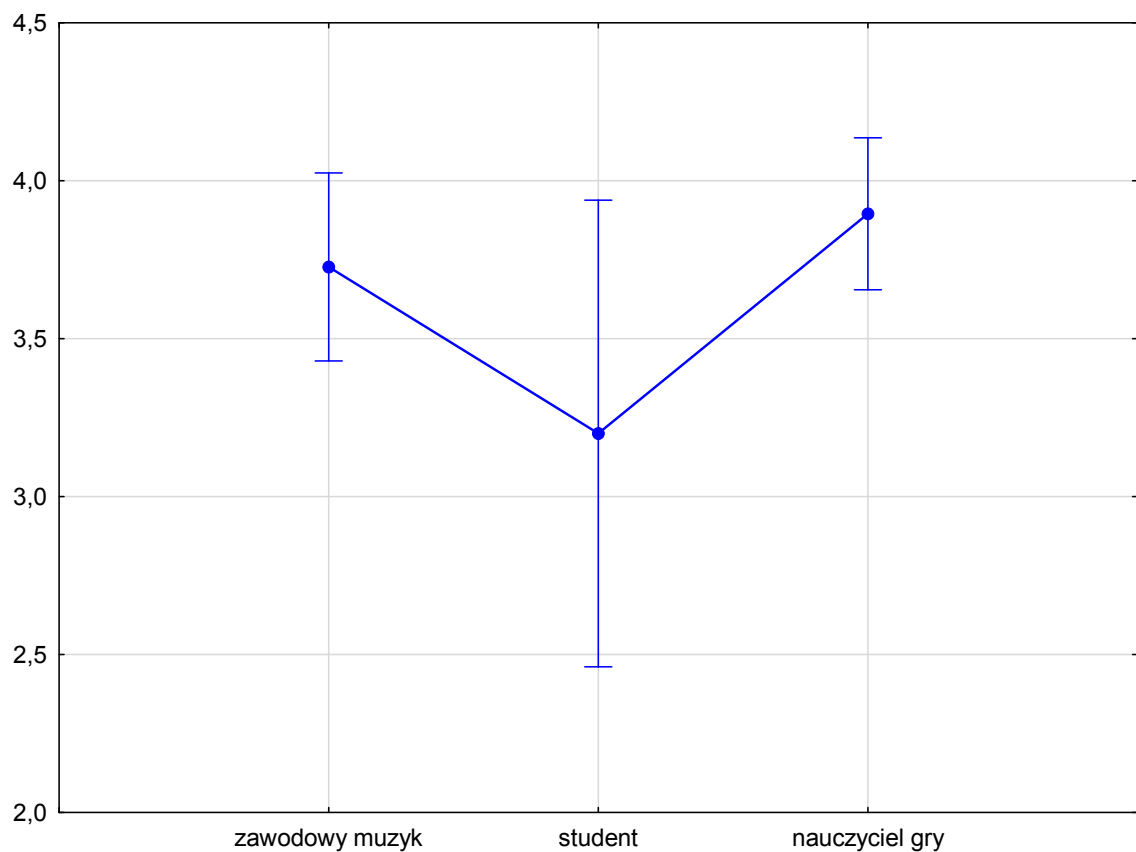
## Wnioski:

1. Kwestia akustyki sal prób muzycznych jest bardzo istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 14** – Możliwość samodzielnej regulacji akustyki sali (np. poprzez ruchome panele pochłaniające/ rozpraszające dźwięk, kotary/zasłony absorbujące dźwięk) - określ jak istotna jest to dla Ciebie kwestia.



Wykres 43. Pytanie nr 14 – wyniki ankiety.



Wykres 44. Pytanie nr 14 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	3,727273	33	0,839372
student	3,200000	10	1,032796
nauczyciel gry	3,895522	67	0,986797
<b>Ogółem</b>	<b>3,781818</b>	<b>110</b>	<b>0,961476</b>

Tabela 102. Pytanie nr 14 – statystyki opisowe.

Histogram: Pytanie nr 14

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 14: SW-W = 0,8708; p = 0,0010

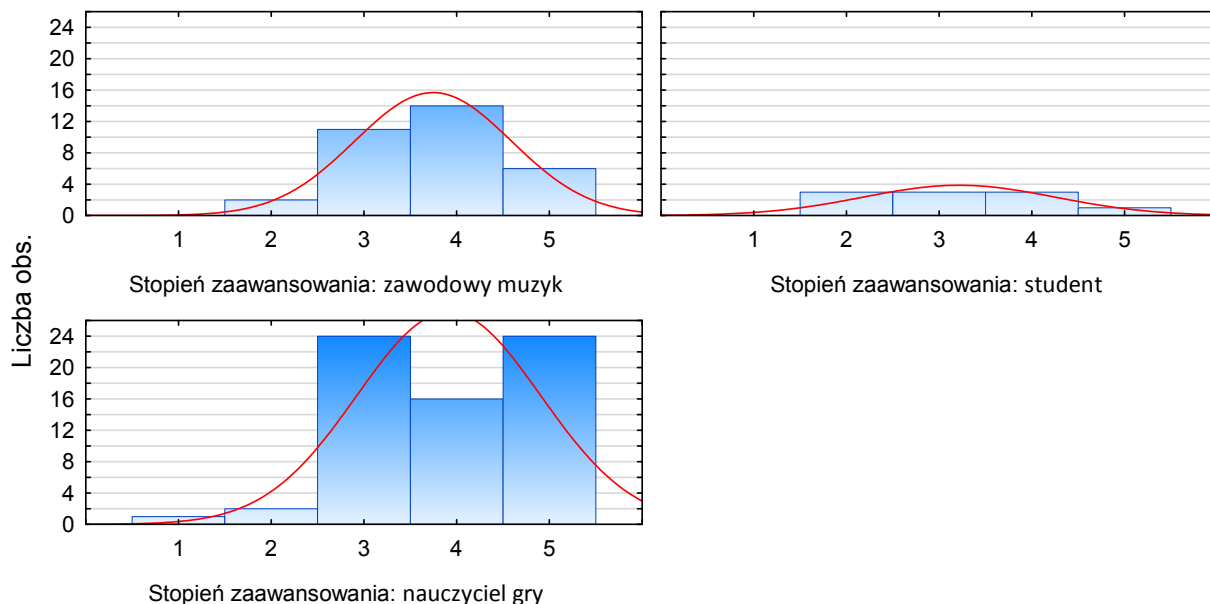
Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 14: SW-W = 0,8946; p = 0,1910

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 14: SW-W = 0,8334; p = 0,00000

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 14 =  $33 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,7273; \text{Sigma}=0,8394)$

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 14 =  $10 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,2; \text{Sigma}=1,0328)$

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 14 =  $67 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,8955; \text{Sigma}=0,9868)$



Histogram 8. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 14 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 14	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 14 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: $H(2, N=110) = 4,334082$ <b>p = ,1145</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1764,500	53,46970
student	10	381,500	38,15000
nauczyciel gry	67	3959,000	59,08955

Tabela 103. Pytanie nr 14 – test Kruskala-Wallisa.

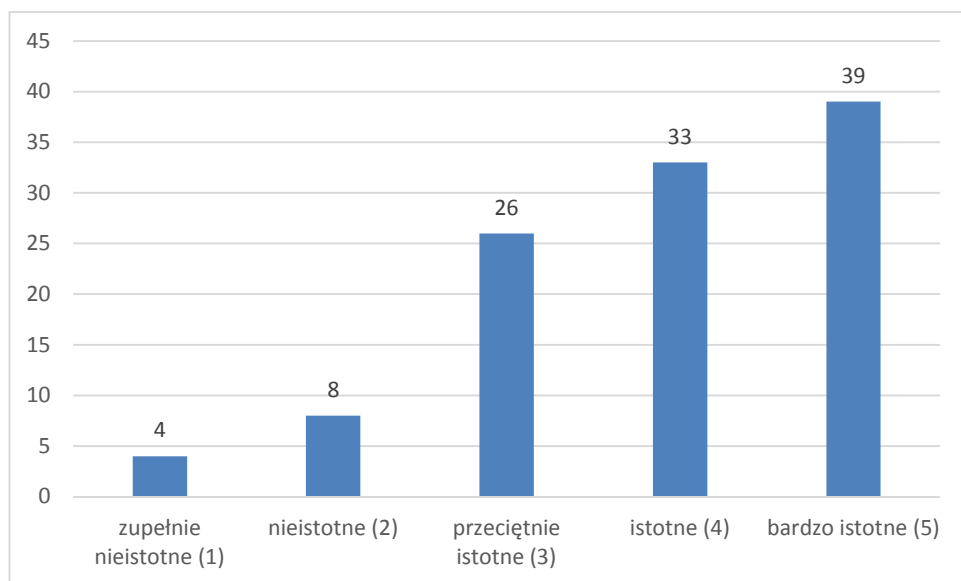
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 14 dla wszystkich ankietowanych wynosi 3,78 (Tabela 102) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych możliwość samodzielnej regulacji akustyki w sali prób jest kwestią istotną. Współczynnik zmienności  $V_x = 25,4\%$  wskazuje na przeciętne rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna umiarkowanie obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 14 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 8) wskazuje, że najbardziej jednomyślni w badanej kwestii są nauczyciele muzyki oraz zawodowi muzycy.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 14 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 8). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi kwestii jaką jest możliwość samodzielnej regulacji akustyki w sali prób. W celu przetestowania tej hipotezy przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 103):  
 $H(2; 110) = 4,334$   
 $p = 0,1145 > 0,05$

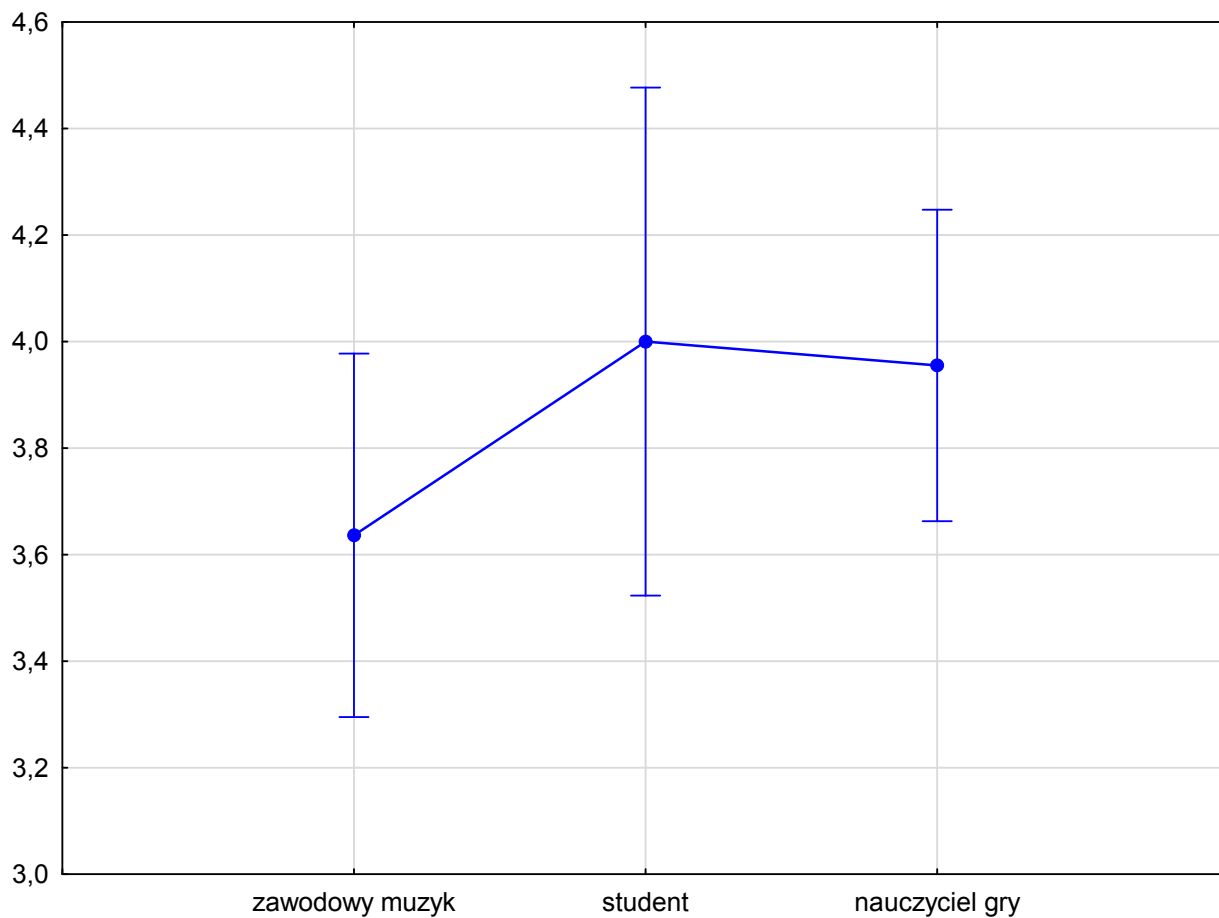
## Wnioski:

1. Możliwość samodzielnej regulacji akustyki w salach prób muzycznych jest istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 15 – Oświetlenie sali prób światłem naturalnym - określ jak istotna jest to dla Ciebie kwestia.**



Wykres 45. Pytanie nr 15 – wyniki ankiety.



Wykres 46. Pytanie nr 15 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	3,636364	33	0,962360
student	4,000000	10	0,666667
nauczyciel gry	3,955224	67	1,198899
<b>Ogółem</b>	<b>3,863636</b>	<b>110</b>	<b>1,096092</b>

Tabela 104. Pytanie nr 15 – statystyki opisowe.

#### Histogram: Pytanie nr 15

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 15: SW-W = 0,8724; p = 0,0011

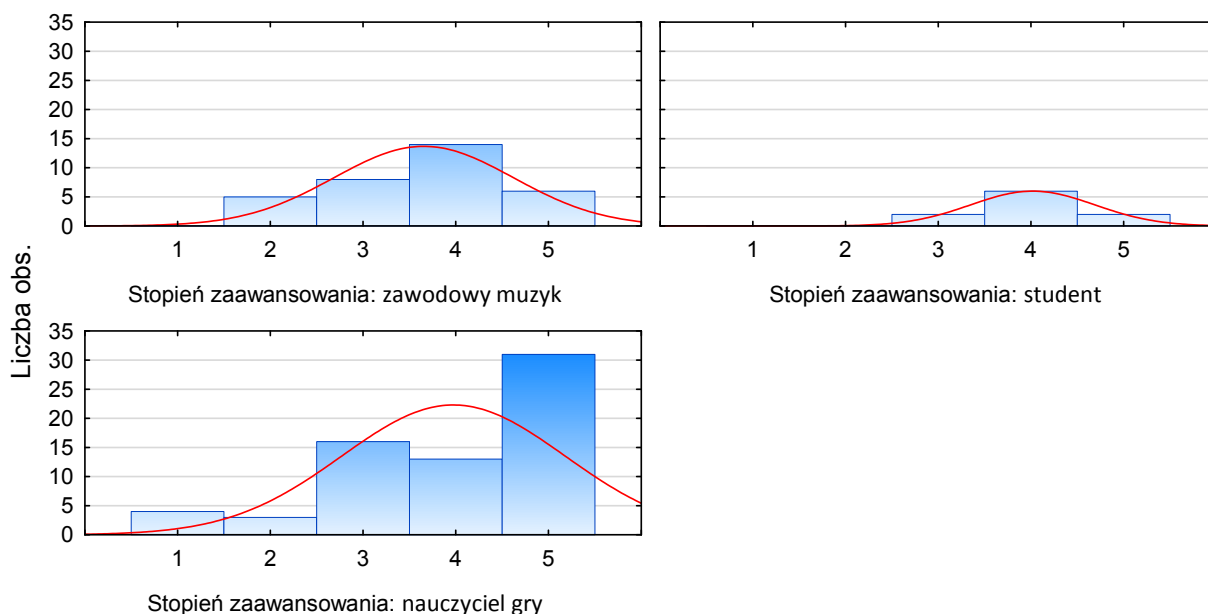
Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 15: SW-W = 0,8148; p = 0,0219

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 15: SW-W = 0,8016; p = 0,00000

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 15 =  $33 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,6364; \text{Sigma}=0,9624)$

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 15 =  $10 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=4; \text{Sigma}=0,6667)$

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 15 =  $67 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,9552; \text{Sigma}=1,1989)$



Histogram 9. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 15 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 15	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 15 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: $H(2, N=110) = 3,454673$ <b>p = ,1778</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1562,500	47,34848
student	10	563,000	56,30000
nauczyciel gry	67	3979,500	59,39552

Tabela 105. Pytanie nr 15 – test Kruskala-Wallisa.



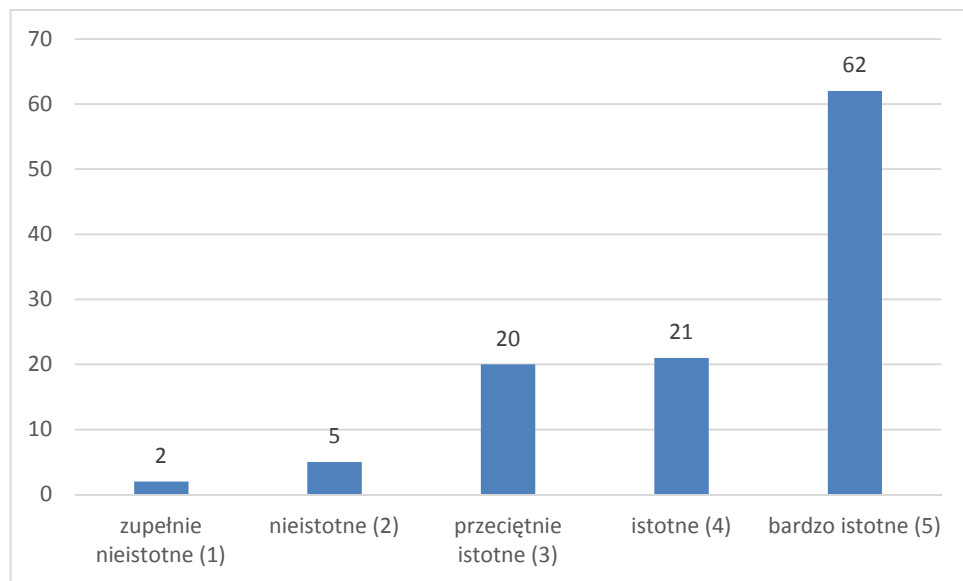
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 14 dla wszystkich ankietowanych wynosi 3,86 (Tabela 104) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych oświetlenie sali prób światłem naturalnym jest kwestią istotną. Współczynnik zmienności  $V_x = 28,37\%$  wskazuje na przeciętne rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna umiarkowanie obrazuje średni poziom cechy.
2. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 15 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 9). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
3. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi kwestii jaką jest oświetlenie światłem naturalnym w sali prób. W celu przetestowania tej hipotezy przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 105):  
 $H(2; 110) = 3,455$   
 $p = 0,1778 > 0,05$

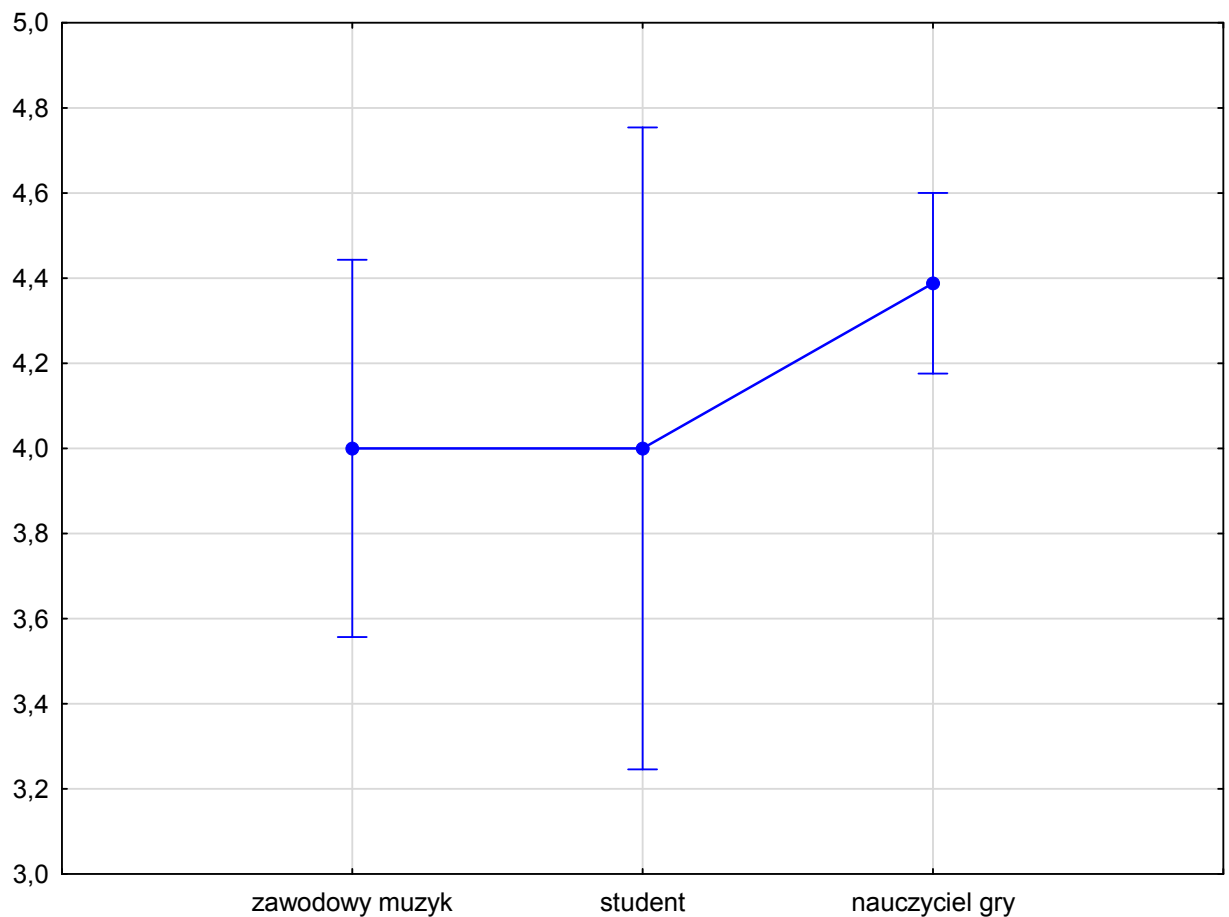
## Wnioski:

1. Możliwość oświetlenia sal prób muzycznych światłem naturalnym jest istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 16 – Słyszalność mechanizmu wentylacji/ klimatyzacji sali podczas próby - określ jaki to ma wpływ na przebieg próby.**



Wykres 47. Pytanie nr 16 – wyniki ankiety.



Wykres 48. Pytanie nr 16 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	4,000000	33	1,250000
student	4,000000	10	1,054093
nauczyciel gry	4,388060	67	0,869608
<b>Ogółem</b>	<b>4,236364</b>	<b>110</b>	<b>1,022026</b>

Tabela 106. Pytanie nr 16 – statystyki opisowe.

Histogram: Pytanie nr 16

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 16: SW-W = 0,7823; p = 0,00002

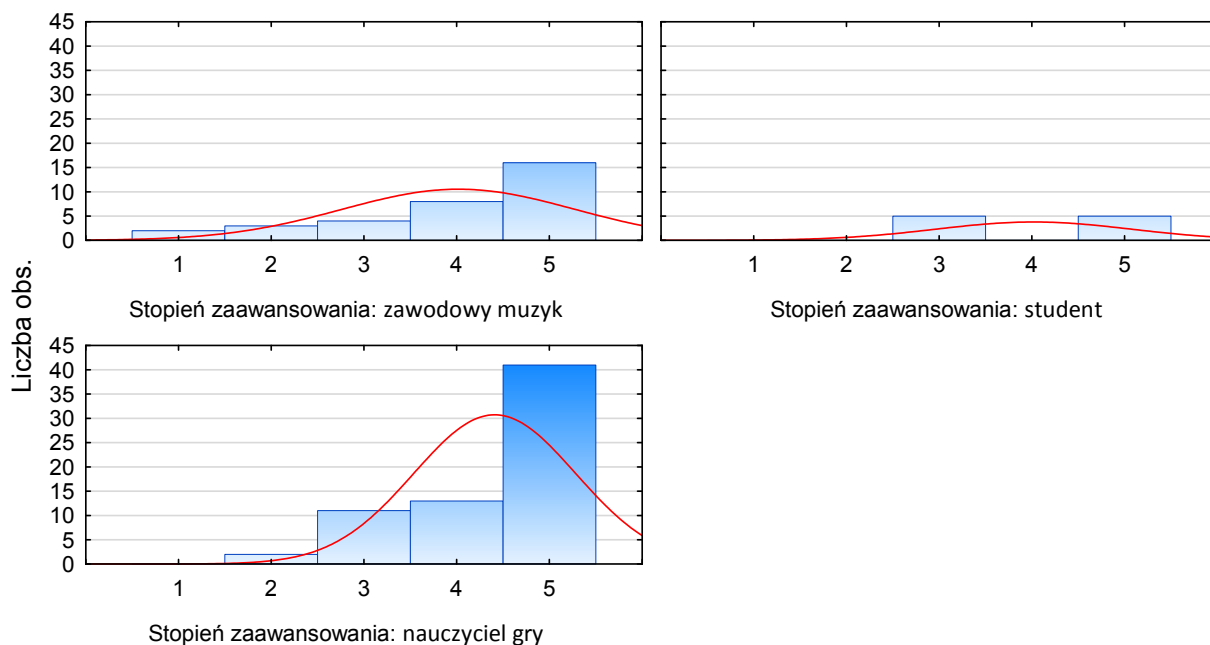
Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 16: SW-W = 0,6553; p = 0,0003

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 16: SW-W = 0,7087; p = 0,0000

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 16 = 33\*1\*Normal(Średnia=4; Sigma=1,25)

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 16 = 10\*1\*Normal(Średnia=4; Sigma=1,0541)

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 16 = 67\*1\*Normal(Średnia=4,3881; Sigma=0,8696)



Histogram 10. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 16 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 16	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 16 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: H ( 2, N= 110 ) =2,654339 <b>p =,2652</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1664,000	50,42424
student	10	485,000	48,50000
nauczyciel gry	67	3956,000	59,04478

Tabela 107. Pytanie nr 16 – test Kruskala-Wallisa.

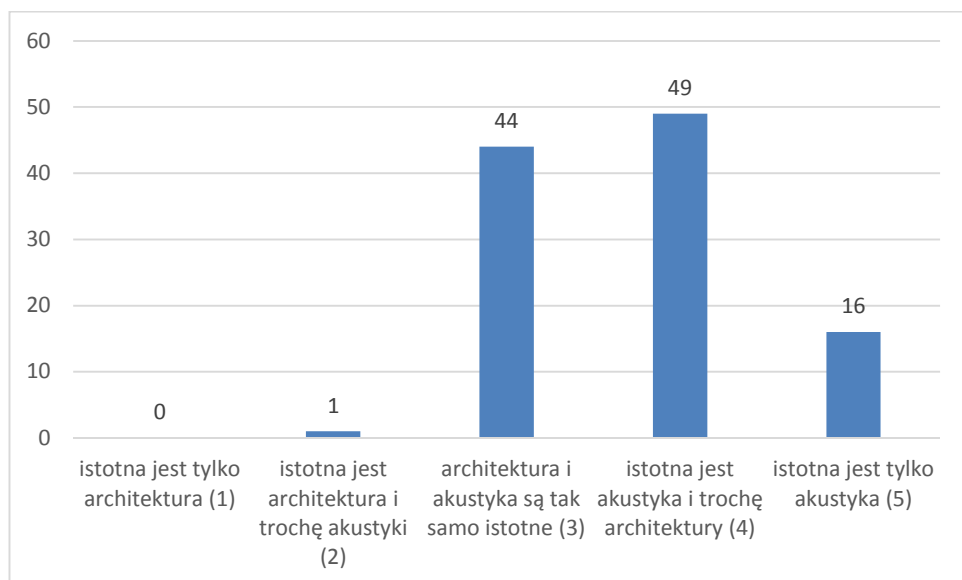
## Interpretacja wyników:

1. Średnia arytmetyczna wagi kwestii przedstawionej w pytaniu nr 14 dla wszystkich ankietowanych wynosi 4,24 (Tabela 106) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych możliwość samodzielnej regulacji akustyki w sali prób jest kwestią istotną. Współczynnik zmienności  $V_x = 24,1\%$  wskazuje na niskie rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna dobrze obrazuje średni poziom cechy.
2. Rozkład odpowiedzi na pytanie nr 16 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego (Histogram 10) wskazuje, że kwestia dźwięków mechanizmu wentylacji/ klimatyzacji jest najbardziej istotna dla nauczycieli muzyki.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 16 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 10). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi kwestii jaką jest głośność mechanizmu wentylacji/ klimatyzacji w sali prób. W celu przetestowania tej hipotezy przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 107):  
 $H(2; 110) = 2,654$   
 $p = 0,2652 > 0,05$

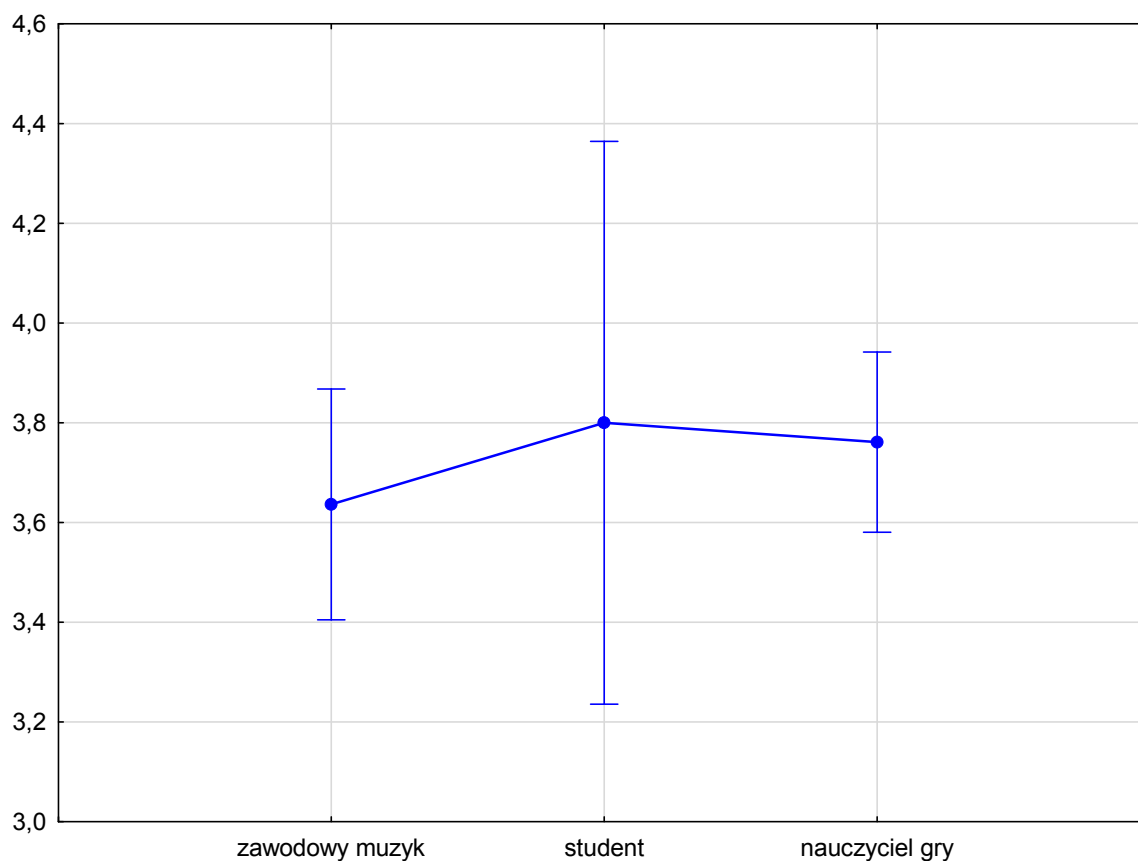
## Wnioski:

1. Słyszalność mechanizmu wentylacji/ klimatyzacji w salach prób muzycznych jest istotna dla muzyków niezależnie od stopnia zaawansowania muzycznego ankietowanych. Kwestię tą należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób instrumentalnych.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na poziom wagi badanej kwestii. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 17 – Określ udział architektury (w sensie estetyki pomieszczenia) i akustyki wnętrza w idealnej wg Ciebie sali prób. (punkt 3 oznacza równoważny udział akustyki i architektury w tworzeniu sali).**



Wykres 49. Pytanie nr 17 – wyniki ankiety.



Wykres 50. Pytanie nr 17 – wykres średnich i przedziałów ufności (95%).

Stopień zaawansowania	Tabela dwudzielcza statystyk opisowych (Ankieta)		
	Średnie	Ważnych	Odchylenie standardowe
zawodowy muzyk	3,636364	33	0,652791
student	3,800000	10	0,788811
nauczyciel gry	3,761194	67	0,740384
<b>Ogółem</b>	<b>3,727273</b>	<b>110</b>	<b>0,715607</b>

Tabela 108. Pytanie nr 17 – statystyki opisowe.

#### Histogram: Pytanie nr 17

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 17: SW-W = 0,7627; p = 0,00001

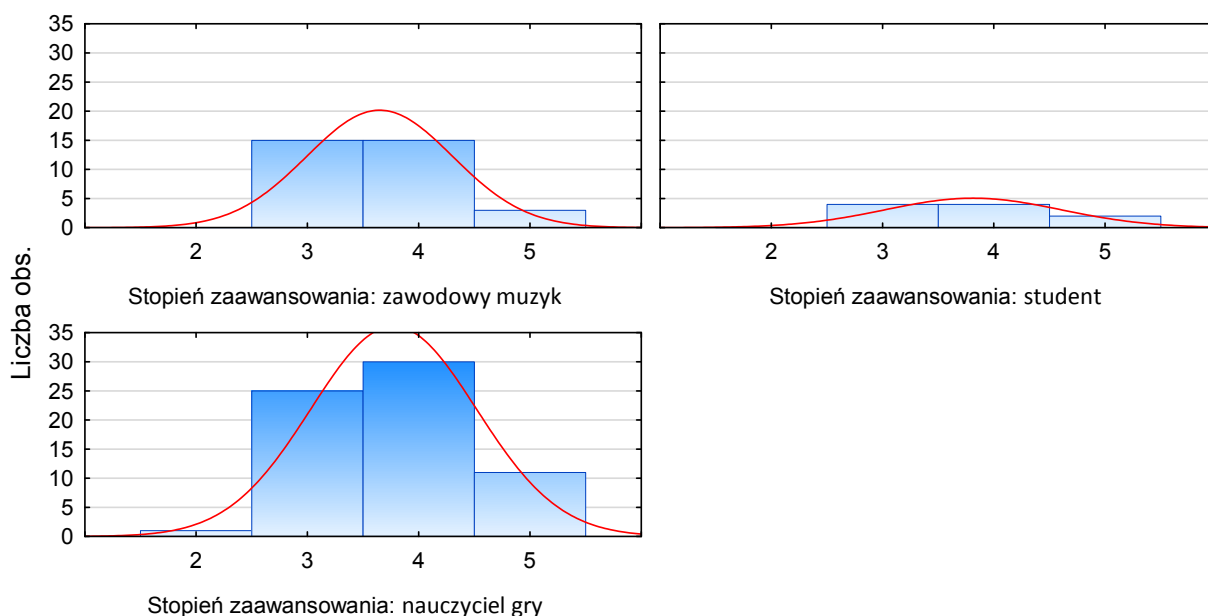
Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 17: SW-W = 0,8197; p = 0,0251

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 17: SW-W = 0,8293; p = 0,00000

Stopień zaawansowania: zawodowy muzyk Pytanie nr 17 =  $33 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,6364; \text{Sigma}=0,6528)$

Stopień zaawansowania: student Pytanie nr 17 =  $10 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,8; \text{Sigma}=0,7888)$

Stopień zaawansowania: nauczyciel gry Pytanie nr 17 =  $67 \cdot 1 \cdot \text{Normal}(\text{Średnia}=3,7612; \text{Sigma}=0,7404)$



Histogram 11. Rozkład odpowiedzi na Pytanie nr 17 w zależności od stopnia zaawansowania muzycznego.

Zależna: Pytanie nr 17	ANOVA rang Kruskala-Wallisa; Pytanie nr 17 (Ankieta) Zmienna niezależna (grupująca): Stopień zaawansowania Test Kruskala-Wallisa: $H(2, N=110) = 7,7526643$ <b>p = ,6864</b>		
	N ważnych	Suma Rang	Średnia Ranga
zawodowy muzyk	33	1710,000	51,81818
student	10	579,000	57,90000
nauczyciel gry	67	3816,000	56,95522

Tabela 109. Pytanie nr 17 – test Kruskala-Wallisa.

## Interpretacja wyników:

1. Dla 40% (44 odpowiedzi) ankietowanych odpowiednia architektura i akustyka są kwestiami równoważnymi w tworzeniu idealnej sali prób muzycznych. Dla 44,5% ankietowanych (49 odpowiedzi) odpowiednia akustyka sali prób jest kwestią ważniejszą niż architektura pomieszczenia. Natomiast 14,5% osób ankietowanych (16 odpowiedzi) uważa, że istotna jest tylko akustyka sali prób.
2. Średnia arytmetyczna kwestii przedstawionej w pytaniu nr 17 dla wszystkich ankietowanych wynosi 3,73 (Tabela 108) co oznacza, że dla ogółu ankietowanych akustyka sali prób jest bardziej istotna niż architektura jej wnętrza. Współczynnik zmienności  $V_x = 19,21\%$  wskazuje na niskie rozproszenie jednostek wokół średniej arytmetycznej ogółu ankietowanych, czyli podana średnia arytmetyczna dobrze obrazuje średni poziom cechy.
3. Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że odpowiedzi na pytanie nr 17 w poszczególnych grupach zaawansowania muzycznego nie cechują się rozkładem normalnym (Histogram 11). Zamiast standardowej analizy ANOVA przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.
4. Postawiono następującą hipotezę: stopień zaawansowania muzycznego osoby ankietowanej ma istotny statystycznie wpływ na ocenę wagi akustyki i architektury w idealnej sali prób. W celu przetestowania tej hipotezy przeprowadzono nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wykazał on, że porównywane grupy badanych nie różnią się między sobą istotnie statystycznie, co oznacza, że rodzaj zaawansowania muzycznego nie różnicuje oceny badanej kwestii na skali od 1 do 5 (Tabela 109):  
 $H(2; 110) = 0,753$   
 $p = 0,6864 > 0,05$

## Wnioski:

1. Ankietowani uznali, że w tworzeniu idealnej sali prób muzycznych odpowiednia akustyka pomieszczenia jest bardziej istotna niż architektura wnętrza. Jednak aż 40% ankietowanych osób uznało, że idealną salę prób tworzy zarówno odpowiednia akustyka jak i architektura. Tak więc kwestii architektury sal prób muzycznych nie można pominąć w dalszych analizach.
2. Stopień zaawansowania muzycznego nie ma istotnego statystycznie wpływu na udzielane odpowiedzi na pytanie 17. Odpowiedzi we wszystkich grupach zaawansowania muzycznego nie różniły się istotnie statystycznie.

**Pytanie nr 18 – Dodatkowe uwagi (opcjonalnie) np. jaki aspekt jest jeszcze dla Ciebie istotny; co jeszcze utrudnia/ poprawia przebieg próby; jaka powinna być idealna sala prób itp.**

„Utrudnia: zbyt jaskrawe kolory, mocne światło sztuczne, mała przestrzeń, brak okna/mało światła naturalnego, brzydki wystrój/zbyt dużo elementów niepotrzebnych. Ułatwia: stonowane kolory/jasne, dużo naturalnego światła/ewentualnie Led, duże okna, duża przestrzeń, nowoczesny wystrój, minimalna ilość przedmiotów w sali, lekkie wygłuszenie, ale nie całkowite.”

„Myślę, iż warto tutaj zwrócić jeszcze uwagę na dwie sprawy często pomijane - zagospodarowanie miejsca (np. dostępność gniazdek elektrycznych, dostępność pulpitów) oraz wentylację pomieszczenia (a także kwestie klimatyzacji i ogrzewania).”

„Ważna jest także temperatura panująca w sali oraz stopień wilgotności.”

„Stała temperatura i wilgotność powietrza.”

„Dla instrumentów jest ważny stopień nawilżenia, to jest najważniejsze. Dla ćwiczących - dobry instrument i właściwy, regulowany fotel. Większe znaczenie te aspekty mają przy koncertach, ćwiczyć można w różnych miejscach.”

„Duże sale dla wokalistów, w małej sali idzie ogłuchnąć od wolumenu, a niestety, najczęściej do dużych sal wokaliści mają dostęp sporadycznie. Później trzeba sobie radzić i dostosować, by "przebić" orkiestrę, a bez możliwości ćwiczenia w dużych salach ciężko sprawdzić jak dźwięk się roznosi. Stopień wytłumienia bardzo ważny, bo gdy przychodzi widownia akustyka się zmienia dramatycznie.”

„W przypadku nauczania śpiewu w grę wchodzi 2 elementy: fortepian oraz osoba śpiewająca. Istotne jest oświetlenie instrumentu oraz miejsca, w którym znajduje się pulpit na nuty osoby śpiewającej. Chodzi o to, aby zaplanować oświetlenie w stosunku do położenia fortepianu. Fortepian jest dość trudny do przestawiania go zależnie od np. okna w sali , dlatego należałoby planować położenie tak dużego instrumentu na etapie aranżowania wnętrza oraz ustalania akustyki, bowiem wszystkie te elementy muszą ze sobą współpracować.”

„Miejsce do odpoczynku wraz z dostępnymi napojami.”

„Z dzisiejszej perspektywy kiedy to nasiedziałem się już w piwnicach wolałbym salę prób ze światłem dziennym i jakimś widokiem, ale w prawdziwym życiu sale prób są w piwnicach właśnie i nikt się nad tym nie zastanawia, ani nie ubolewa.”

„Intymność. Żeby nikt nie przeszkadzał, siedział i podstuchiwał, jak np. w Bursztynowej. Jakość sprzętu i dbałość o jego stan.”

„Sprawny sprzęt nagłaśniający z odpowiednią ilością kabli, wzmacniaczy gitarowych i mikrofonów.”



*„Komunikacja z salą, winda, schody, równomierne oświetlenie sali.”*

*„Pomieszczenia mają być przestrzenne, żeby można było słuchać w odległości, a nie tulić się koło instrumentu, żeby była możliwość wstawienia dwóch instrumentów. Także ma być przemyślana możliwość postawienia instrumentu koło dużego okna ( jeśli chodzi o fortepian czy pianino).”*

*„Akustyka jest najważniejsza. Jeśli sala prób jest wykorzystana do nagrania to wtedy pozostałe elementy takie jak hałasy z sal obok, również są bardzo istotne. Ciekawe rozwiązania np. ołówki na ścianie (zawsze ich brakuje;-). Widok zieleni z okna to już gwiazdkowa sala prób.”*

*„Temperatura sali, oświetlenie.”*

*„Poza kwestiami akustycznymi ważna jest temperatura w sali, a także odpowiednia wilgotność powietrza dla niektórych instrumentów właściwy poziom wilgotności (50-60%) jest istotniejszy od temperatury.”*

*„Materiały naturalne (cegła, drewno) lepsze, niż sztuczne. Prostota lepsza, niż komplikacja (czyli rozwiązania zbyt "udziwnione", przyciągające uwagę i generujące dodatkowe koszty). Jasne kolory lepsze niż ciemne. Proste harmonijne kształty lepsze niż zakamarki, dziwne kąty, bałagan optyczny. Wyższy sufit lepszy niż niższy (skrajnie negatywny przypadek - sale w AM w Krakowie). Naturalna wentylacja lepsza niż sztuczna klimatyzacja. Naturalne światło lepsze niż sztuczne. Ale dobre oświetlenie bardzo ważne. Estetyka ważna, ale funkcjonalność ważniejsza.”*

*„Zbyt suche i zbyt pogłosowe nie należą do sprzyjających. Instrumenty o bogatszym wolumenie brzmienia mogą przytłaczać i z pewnością to czynią te nieco bardziej subtelne (gitara nie przeszkadza fortepianowi natomiast fortepian przytłoczy gitarę). Osoby przechodzące nie stanowią problemu natomiast zatrzymujące się i wnikliwie obserwujące czy natarczywie wymuszające kontakt wzrokowy już tak przy założeniu że próba jest próbą zamkniętą. Idealna sala prób: słoneczna, w jasnych barwach, przestrzenna, w lecie z niesłyszalną klimatyzacją , z malowniczym widokiem za oknem o akustyce wychwytyjącej precyzję wykonania najdrobniejszej wartości rytmicznej i najsubtelniejszy odcień dynamiczny czy różnicowanie artykulacyjne.”*

*„Dobra sala prób musi mieć przewidziane miejsce do odpoczynku w przerwach prób, łatwy dostęp do toalety.”*

*„Dla mnie najważniejszym elementem jest instrument w danej sali, ale jak rozumiem ankieta dotyczy innych aspektów. Bardzo istotna jest optymalna temperatura w pomieszczeniu.”*

*„Klimatyzacja.”*

*„Odpowiednia temperatura (nie za zimno i nie za gorąco).”*

*„Sala powinna być duża, dobrze wentylowana, wyposażona w bardzo dobrej jakości sprzęt i dostępna przez całą dobę :-)”*

*„Słyszalność obecności i rozmów osób oczekujących na swoje zajęcia.”*

*„Dostęp do sali (schody, winda itp.), godziny dostępności, oddzielne miejsce socjalne.”*

*„Magazyn sprzętowy usytuowany blisko miejsca gdzie stoi perkusja. Jeśli perkusja stoi z tyłu dużej orkiestry przydaje się odłuch - może da się to rozwiązać jakimś zabiegiem architektonicznym (bez użycia głośników etc.). Perkusja na podwyższeniu (nie jest to niezbędne, ale może trochę poprawić komfort gry).”*

*„Przestronna, wytlumiona, w ciepłych barwach, ze światłem punktowym.”*

*„Zaplecze — palarnia, bliskość sklepu spożywczego, lub piekarni z kawą, chętnie widziane pomieszczenie do relaksu — sala prób nie regeneruje!”*

*„Chcę być całkowicie odizolowany akustycznie od reszty świata, podczas pracy z instrumentem i z zespołem.”*

*„Dobra jakość oświetlenia sztucznego, dobra wentylacja (naturalna i ew. klimatyzacja).”*

*„Dla kształcenia śpiewaków klasycznych (zwłaszcza głosów niskich, mniej nośnych z natury) niezwykle istotna jest wielkość i "trudność" akustyczna sali - bardzo często pozorna dźwięczność i nośność głosu w sali prób podczas weryfikacji w przeciętnej wielkości sali koncertowej lub teatralnej (zwłaszcza już przy towarzyszeniu soliście orkiestry, lub nawet "tylko" fortepianu koncertowego z otwartą klapą okazuje się niewystarczająca by należycie wypełnić brzmieniem przestrzeń, o proporcjach nie wspominając. Głos ludzki (moim zdaniem, mając przeszłość jako grający na instrumencie dętym i fortepianie - mając porównanie) jest najtrudniejszy pod względem uzyskania oczekiwanego wolumenu. Stąd tak ważne możliwie jak największe pod względem kubatury sale ćwiczeń wokalistów. Precyzja, kwestie intonacji, interpretacji - małe, wygłuszone studio będzie idealne, lecz dla rozwoju głosu klasycznego solowego - duża sala ze zmienną akustyką, kształcąca umiejętność dostosowania emisji głosu do różnych specyfik akustycznych i wykorzystania architektury danego wnętrza tak, by jej pewne elementy mogły akustycznie pomóc śpiewakowi (wykorzystanie kątów, świadomość budulca elementu, szybkie dostosowywanie się do panujących warunków itp.).”*

*„Temperatura w sali, jakość instrumentu w sali (fortepian, np. rozstrojony lub z uszkodzonym mechanizmem), intensywne zapachy z umiejscowionej w pobliżu stołówki dla studentów i wykładowców.”*

*„Możliwość łatwego wwożenia (wnoszenia) dużych instrumentów. Dobre sztuczne oświetlenie szczególnie dla wykonawców.”*

*„Najważniejsze w sali do prób: cisza, intymność, zrównoważona akustyka - nie sucha, ale bez wielkiego pogłosu, duża przestrzeń, ciepła temperatura, przyjemne oświetlenie łagodne dla wzroku, wygodne krzesła i pulpity, duże lustro / lustra (mogą być mobilne), stolik i wieszaki, ważne, by wewnątrz było przyjemne i ciepłe w charakterze, a nie przytłaczające, zimne ani surowe, jeżeli sala ma piękny wystrój lub piękny widok, tym lepiej, ale to są już luksusy.”*

*„Jasna i wesół kolorystyka pomieszczenia.”*

## **Wnioski:**

W otwartym pytaniu na temat pozostałych aspektów sal prób muzycznych, ankietowani zwracali uwagę na następujące kwestie:

1. potrzeba większych, bardziej przestrzennych sal prób;
2. preferowane są pomieszczenia minimalistyczne, w jasnych, stonowanych barwach;
3. istotne jest zapewnienie naturalnego oświetlenia sali oraz oświetlenia sztucznego punktowego skierowanego na pulpity z nutami;
4. potrzeba intymności i ciszy - pomieszczenie powinno być dobrze odizolowane akustycznie od wszelkich dźwięków spoza sali;
5. zapewnienie odpowiedniej temperatury sali prób;
6. zapewnienie odpowiedniej wilgotności powietrza w sali prób;
7. sprawna, ale cicha wentylacja pomieszczenia;
8. miejsce do odpoczynku w trakcie próby;
9. ułatwiony dostęp do sali prób – winda, schody, bliskość głównego wejścia do obiektu;
10. bliskość zaplecza gastronomicznego.

## Wnioski podsumowujące:

1. Kwestie istotne lub bardzo istotne dla użytkowników sal prób muzycznych, które należy uwzględnić w kryteriach oceny sal prób:
  - Słyszalność dźwięków z zewnątrz podczas próby muzycznej – potrzeba ciszy i intymności;
  - Słyszalność dźwięków z sal sąsiednich podczas próby muzycznej – potrzeba ciszy i intymności;
  - Dostęp do sali prób - winda, schody, bliskość głównego wejścia do obiektu;
  - Wielkość sal prób muzycznych – potrzeba przestronnych pomieszczeń;
  - Akustyka sal prób muzycznych;
  - Samodzielna regulacja akustyki podczas próby;
  - Architektura wewnątrz sal prób muzycznych – preferowane wnętrza proste, minimalistyczne, w jasnych, stonowanych barwach;
  - Oświetlenie sali prób – preferowane światło naturalne oraz dodatkowe światło sztuczne punktowe skierowane na pulpity z nutami;
  - Słyszalność mechanizmu wentylacji/ klimatyzacji podczas próby – potrzeba sprawnej, ale cichej wentylacji pomieszczenia;
  - Miejsce do odpoczynku w trakcie próby, zaplecze gastronomiczne.
2. Kwestie przeciętnie istotne dla użytkowników sal prób muzycznych, które można pominąć w kryteriach oceny sal prób:
  - Łądy/ estetyczny/ inspirujący widok z okna sali prób;
  - Problem ruchu pieszego i obecności osób trzecich tuż za oknem sali prób.
3. Stopień zaawansowania muzycznego wpływa na wybór preferowanej akustyki sali prób w następujący sposób:
  - Studenci preferują pomieszczenia bardziej pogłosowe (o długim czasie pogłosu);
  - Zawodowi muzycy wybierają pomieszczenia bardziej wytłumione ( o krótkim czasie pogłosu);
  - Nauczyciele muzyki preferują sale prób o zmiennej akustyce.
4. Niezależnie od podziału na grupy, zdecydowana większość ankietowanych uznała, że podczas próby najbardziej przeszkadza im dźwięk każdego instrumentu muzycznego niezależnie od jego rodzaju. Tym samym nie potwierdzono wyników otrzymanych przez Lamberty (1980) mówiących, że podczas próby instrumentalnej najbardziej przeszkadza dźwięk instrumentu tego samego rodzaju, dobiegający z sąsiedniej sali prób.

5. Dla większości ankietowanych odpowiednia akustyka pomieszczenia jest bardziej istotna niż architektura wnętrza w tworzeniu idealnej sali prób muzycznych. Jednak dla aż 40 % ankietowanych odpowiednio dobrana akustyka i architektura sali prób są kwestiami równoważnymi.

### **Wnioski podsumowujące (analiza ANOVA):**

6. Stopień zaawansowania muzycznego ma istotny statystycznie wpływ jedynie na kwestię dotyczącą słyszalności dźwięków z zewnątrz podczas próby muzycznej - odpowiedzi nauczycieli gry na instrumentach różniły się istotnie statystycznie od odpowiedzi zawodowych muzyków.
7. Płeć ankietowanego oraz instrument muzyczny, który ankietowany wskazał jako wiodący, nie mają istotnego statystycznie wpływu na udzielane odpowiedzi.
8. Wiek ankietowanego ma istotny statystycznie wpływ na udzielane odpowiedzi na pytania dotyczące następujących kwestii:
  - Słyszalność dźwięków z zewnątrz (pytanie 6), gdzie grupa wiekowa 19-29 różni się istotnie statystycznie od grupy *powyżej 60*;
  - Wielkość sal prób muzycznych (pytanie 12), gdzie grupa wiekowa 30-39 różni się istotnie statystycznie od grupy *powyżej 60*;
  - Waga akustyki sali prób (pytanie 13), gdzie grupa wiekowa 19-29 różni się istotnie statystycznie od grupy *powyżej 60*;
  - Słyszalność mechanizmu wentylacji/ klimatyzacji (pytanie 16), gdzie grupa wiekowa 19-29 różni się istotnie statystycznie od grupy *powyżej 60*.

## Załącznik 4

**Częstotliwości 25-ciu pierwszych modów oraz różnice częstotliwościowe między modami w salach prób muzycznych.**

nr modu	1 : 1 : 1 (2,7x2,7x2,7)		1 : 1 : 1 (3,0x3,0x3,0)		1 : 1 : 1 (3,5x3,5x3,5)		1 : 1 : 1 (4,0x4,0x4,0)		1 : 1 : 1 (4,5x4,5x4,5)	
	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$
1	63,70		57,33		49,14		43,00		38,22	
2	63,70	0,00	57,33	0,00	49,14	0,00	43,00	0,00	38,22	0,00
3	63,70	0,00	57,33	0,00	49,14	0,00	43,00	0,00	38,22	0,00
4	90,09	26,39	81,08	23,75	69,50	20,36	60,81	17,81	54,05	15,83
5	90,09	0,00	81,08	0,00	69,50	0,00	60,81	0,00	54,05	0,00
6	90,09	0,00	81,08	0,00	69,50	0,00	60,81	0,00	54,05	0,00
7	110,34	20,25	99,30	18,22	85,12	15,62	74,48	13,67	66,20	12,15
8	127,41	17,07	114,67	15,36	98,29	13,17	86,00	11,52	76,44	10,24
9	127,41	0,00	114,67	0,00	98,29	0,00	86,00	0,00	76,44	0,00
10	127,41	0,00	114,67	0,00	98,29	0,00	86,00	0,00	76,44	0,00
11	142,45	15,04	128,20	13,53	109,89	11,60	96,15	10,15	85,47	9,02
12	142,45	0,00	128,20	0,00	109,89	0,00	96,15	0,00	85,47	0,00
13	142,45	0,00	128,20	0,00	109,89	0,00	96,15	0,00	85,47	0,00
14	142,45	0,00	128,20	0,00	109,89	0,00	96,15	0,00	85,47	0,00
15	142,45	0,00	128,20	0,00	109,89	0,00	96,15	0,00	85,47	0,00
16	142,45	0,00	128,20	0,00	109,89	0,00	96,15	0,00	85,47	0,00
17	156,04	13,60	140,44	12,24	120,37	10,49	105,33	9,18	93,62	8,16
18	156,04	0,00	140,44	0,00	120,37	0,00	105,33	0,00	93,62	0,00
19	156,04	0,00	140,44	0,00	120,37	0,00	105,33	0,00	93,62	0,00
20	180,18	24,14	162,16	21,73	139,00	18,62	121,62	16,29	108,11	14,48
21	180,18	0,00	162,16	0,00	139,00	0,00	121,62	0,00	108,11	0,00
22	180,18	0,00	162,16	0,00	139,00	0,00	121,62	0,00	108,11	0,00
23	191,11	10,93	172,00	9,84	147,43	8,43	129,00	7,38	114,67	6,56
24	191,11	0,00	172,00	0,00	147,43	0,00	129,00	0,00	114,67	0,00
25	191,11	0,00	172,00	0,00	147,43	0,00	129,00	0,00	114,67	0,00

Tabela 110. Mody w pomieszczeniach sześciennych.

	<b>1 : 1,2 : 1,45 (2,7x3,24x3,915)</b>		<b>1 : 1,2 : 1,45 (3,0x3,6x4,35)</b>		<b>1 : 1,2 : 1,45 (3,5x4,2x5,075)</b>		<b>1 : 1,2 : 1,45 (4,0x4,8x5,8)</b>		<b>1 : 1,2 : 1,45 (4,5x5,4x6,525)</b>	
<b>nr modu</b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>
1	43,93		39,54		33,89		29,66		26,36	
2	53,09	9,15	47,78	8,24	40,95	7,06	35,83	6,18	31,85	5,49
3	63,70	10,62	57,33	9,56	49,14	8,19	43,00	7,17	38,22	6,37
4	68,91	5,20	62,02	4,68	53,16	4,01	46,51	3,51	41,34	3,12
5	77,38	8,48	69,65	7,63	59,70	6,54	52,23	5,72	46,43	5,09
6	82,92	5,54	74,63	4,99	63,97	4,27	55,97	3,74	49,75	3,32
7	87,87	4,94	79,08	4,45	67,78	3,81	59,31	3,34	52,72	2,97
8	93,84	5,98	84,46	5,38	72,39	4,61	63,34	4,03	56,31	3,59
9	102,66	8,82	92,39	7,93	79,19	6,80	69,29	5,95	61,60	5,29
10	106,17	3,51	95,56	3,16	81,90	2,71	71,67	2,37	63,70	2,11
11	108,53	2,36	97,68	2,12	83,72	1,82	73,26	1,59	65,12	1,41
12	114,90	6,37	103,41	5,74	88,64	4,92	77,56	4,30	68,94	3,82
13	120,82	5,91	108,74	5,32	93,20	4,56	81,55	3,99	72,49	3,55
14	123,82	3,00	111,44	2,70	95,52	2,31	83,58	2,02	74,29	1,80
15	127,41	3,59	114,67	3,23	98,29	2,77	86,00	2,42	76,44	2,15
16	131,38	3,97	118,24	3,58	101,35	3,07	88,68	2,68	78,83	2,38
17	131,80	0,42	118,62	0,38	101,67	0,32	88,97	0,28	79,08	0,25
18	134,77	2,97	121,29	2,67	103,97	2,29	90,97	2,00	80,86	1,78
19	137,82	3,05	124,03	2,74	106,32	2,35	93,03	2,06	82,69	1,83
20	138,02	0,21	124,22	0,19	106,48	0,16	93,17	0,14	82,81	0,13
21	142,09	4,07	127,88	3,66	109,61	3,14	95,91	2,74	85,25	2,44
22	144,85	2,76	130,36	2,48	111,74	2,13	97,77	1,86	86,91	1,65
23	146,39	1,54	131,75	1,39	112,93	1,19	98,81	1,04	87,83	0,92
24	151,83	5,44	136,64	4,89	117,12	4,20	102,48	3,67	91,10	3,26
25	154,77	2,94	139,29	2,65	119,39	2,27	104,47	1,99	92,86	1,76

Tabela 111. Mody w pomieszczeniach o proporcjach A-Meissner'a.

	<b>1 : 1 : 1 (3,0x3,0x3,0)</b>		<b>(1-10%) : 1 : (1+10%) (2,7x3,0x3,3)</b>	
<b>nr modu</b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>	<b>25 modów</b>	<b><math>f_n - f_{n-1}</math></b>
1	57,33		52,12	
2	57,33	0,00	57,33	5,21
3	57,33	0,00	63,70	6,37
4	81,08	23,75	77,48	13,78
5	81,08	0,00	82,31	4,83
6	81,08	0,00	85,70	3,40
7	99,30	18,22	100,31	14,60
8	114,67	15,36	104,24	3,93
9	114,67	0,00	114,67	10,42
10	114,67	0,00	118,97	4,30
11	128,20	13,53	122,17	3,20
12	128,20	0,00	125,96	3,79
13	128,20	0,00	127,41	1,45
14	128,20	0,00	131,17	3,77
15	128,20	0,00	134,95	3,78
16	128,20	0,00	137,66	2,71
17	140,44	12,24	139,71	2,06
18	140,44	0,00	141,15	1,44
19	140,44	0,00	149,12	7,97
20	162,16	21,73	154,97	5,85
21	162,16	0,00	156,36	1,40
22	162,16	0,00	164,62	8,25
23	172,00	9,84	166,54	1,93
24	172,00	0,00	167,55	1,01
25	172,00	0,00	168,84	1,29

Tabela 112. Mody w pomieszczeniu sześciennym i w pomieszczeniu o proporcjach (1-10%):1:(1+10%).



nr modu	1 : 2 : 2 (3,0x6,0x6,0)		1 : 1 : 2 (3,0x3,0x6,0)		1 : 2 : 3 (3,0x6,0x9,0)	
	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$
1	28,67		28,67		19,11	
2	28,67	0,00	57,33	28,67	28,67	9,56
3	40,54	11,87	57,33	0,00	34,45	5,79
4	57,33	16,79	57,33	0,00	38,22	3,77
5	57,33	0,00	64,10	6,77	47,78	9,56
6	57,33	0,00	64,10	0,00	57,33	9,56
7	64,10	6,77	81,08	16,98	57,33	0,00
8	64,10	0,00	81,08	0,00	57,33	0,00
9	64,10	0,00	81,08	0,00	60,43	3,10
10	64,10	0,00	86,00	4,92	60,43	0,00
11	70,22	6,12	86,00	0,00	64,10	3,67
12	81,08	10,86	99,30	13,30	64,10	0,00
13	81,08	0,00	103,36	4,05	66,89	2,79
14	81,08	0,00	103,36	0,00	68,91	2,02
15	86,00	4,92	114,67	11,31	68,91	0,00
16	86,00	0,00	114,67	0,00	74,63	5,73
17	86,00	0,00	114,67	0,00	76,44	1,81
18	86,00	0,00	118,20	3,53	81,08	4,64
19	90,65	4,65	118,20	0,00	81,08	0,00
20	90,65	0,00	118,20	0,00	81,08	0,00
21	99,30	8,65	128,20	10,01	81,64	0,56
22	103,36	4,05	128,20	0,00	83,30	1,66
23	103,36	0,00	128,20	0,00	86,00	2,70
24	103,36	0,00	128,20	0,00	86,00	0,00
25	103,36	0,00	128,20	0,00	88,10	2,10

Tabela 113. Mody w pomieszczeniach o wymiarach równych oraz stanowiących wielokrotność.

nr modu	1 : 1,2 : 1,2 (3,0x3,6x3,6)		1 : 1,5 : 1,5 (3,0x4,5x4,5)		1 : 1,8 : 1,8 (3,0x5,4x5,4)	
	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$	25 modów	$f_n - f_{n-1}$
1	47,78		38,22		31,85	
2	47,78	0,00	38,22	0,00	31,85	0,00
3	57,33	9,56	54,05	15,83	45,05	13,19
4	67,57	10,23	57,33	3,28	57,33	12,29
5	74,63	7,06	68,91	11,57	63,70	6,37
6	74,63	0,00	68,91	0,00	63,70	0,00
7	88,61	13,98	76,44	7,54	65,59	1,88
8	95,56	6,94	76,44	0,00	65,59	0,00
9	95,56	0,00	78,80	2,35	71,22	5,64
10	106,83	11,28	85,47	6,67	71,22	0,00
11	106,83	0,00	85,47	0,00	72,91	1,69
12	111,44	4,60	95,56	10,09	85,70	12,79
13	111,44	0,00	95,56	0,00	85,70	0,00
14	114,67	3,23	102,92	7,36	90,09	4,39
15	121,25	6,58	102,92	0,00	91,43	1,34
16	121,25	0,00	108,11	5,19	91,43	0,00
17	124,22	2,98	114,67	6,56	95,56	4,12
18	124,22	0,00	114,67	0,00	95,56	0,00
19	133,09	8,87	114,67	0,00	100,72	5,17
20	135,14	2,04	120,87	6,20	100,72	0,00
21	143,33	8,20	120,87	0,00	106,79	6,06
22	143,33	0,00	120,87	0,00	111,44	4,65
23	146,80	3,46	120,87	0,00	111,44	0,00
24	149,26	2,47	122,37	1,50	114,67	3,23
25	149,26	0,00	126,77	4,40	114,84	0,18

Tabela 114. Mody w pomieszczeniach o dwóch wymiarach równych.

## Załącznik 5

**Kod źródłowy programu w języku JAVA, wykorzystany do wyznaczenia wartości współczynnika FSI dla danych wymiarów pomieszczenia.**

```
package org.kuba.mods.services;

public class Mod {

    private final int x;
    private final int y;
    private final int z;

    public Mod(int x, int y, int z) {
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.z = z;
    }

    public int getX() {
        return x;
    }

    public int getY() {
        return y;
    }

    public int getZ() {
        return z;
    }
}

package org.kuba.mods.services;

import org.springframework.stereotype.Service;

import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;
import java.util.stream.Collectors;

@Service
public class ModCalculator {

    private final ModsProvider modsProvider;

    public ModCalculator(ModsProvider modsProvider) {
```

```

        this.modsProvider = modsProvider;
    }

    public List<Double> calculate(double height, double width, double length) {
        List<Double> mods = new ArrayList<>();
        for(Mod m : modsProvider.getMods()) {
            double v = (344 / 2) * Math.sqrt(Math.pow((m.getX() / height), 2) + Math.pow((m.getY() /
width), 2) + Math.pow((m.getZ() / length), 2));
            mods.add(v);
        }
        Collections.sort(mods);
        return mods.stream().skip(1).limit(25).collect(Collectors.toList());
    }
}

```

```

package org.kuba.mods.services;

```

```

import org.springframework.stereotype.Service;

```

```

import java.util.ArrayList;

```

```

import java.util.Collections;

```

```

import java.util.List;

```

```

import java.util.stream.Collectors;

```

```

@Service

```

```

public class ModCalculator {

```

```

    private final ModsProvider modsProvider;

```

```

    public ModCalculator(ModsProvider modsProvider) {

```

```

        this.modsProvider = modsProvider;

```

```

    }

```

```

    public List<Double> calculate(double height, double width, double length) {

```

```

        List<Double> mods = new ArrayList<>();

```

```

        for(Mod m : modsProvider.getMods()) {

```

```

            double v = (344 / 2) * Math.sqrt(Math.pow((m.getX() / height), 2) + Math.pow((m.getY() /
width), 2) + Math.pow((m.getZ() / length), 2));

```

```

            mods.add(v);

```

```

        }

```

```

        Collections.sort(mods);

```

```

        return mods.stream().skip(1).limit(25).collect(Collectors.toList());

```

```

    }

```

```

}

```

```

package org.kuba.mods.services;

```

```

import org.apache.poi.ss.usermodel.*;
import org.apache.poi.xssf.streaming.SXSSFWorkbook;
import org.springframework.stereotype.Service;

import java.io.*;
import java.util.List;

@Service
public class ResultWriter {

    private final ModCalculator calculator;
    private final StylesProvider stylesProvider;
    private final static double LENGTH_INIT = 2.0D;
    private final static double LENGTH_INCREMENT = 0.1D;
    private final static double LENGTH_END = 10.04D;

    private final static double WIDTH_INIT = 2.0D;
    private final static double WIDTH_INCREMENT = 0.1D;
    private final static double WIDTH_END = 10.04D;

    private final static double HIGH_INIT = 2.7D;
    private final static double HIGH_INCREMENT = 0.1D;
    private final static double HIGH_END = 5.05D;

    public ResultWriter(ModCalculator calculator, StylesProvider stylesProvider) {
        this.calculator = calculator;
        this.stylesProvider = stylesProvider;
    }

    public void calculate() {
        SXSSFWorkbook workbook = new SXSSFWorkbook(); // Creates new Workbook, logical excel
document representation
        stylesProvider.initForWorkbook(workbook);
        for(double high = HIGH_INIT; high < HIGH_END; high += HIGH_INCREMENT) { // First loop, starts
from value assigned as High Init, ends for high greater or equal High End, incremented in loop by
defined value
            Sheet sheet = workbook.createSheet(String.format("High %.2f m", high)); // Creates new Excel
Sheet for every new high, sets name equals e.g. 'High 3.00 m'
            addDescriptionToSheet(sheet); // Create First two rows with description
            int rowNum = 2;
            for (double width = WIDTH_INIT; width < WIDTH_END; width += WIDTH_INCREMENT) {
                int cellNum = 1;
                Row row = sheet.createRow(rowNum);
                rowNum++;
                row.createCell(0).setCellValue(String.format("%.2f", width));
                for (double length = LENGTH_INIT; length < LENGTH_END; length += LENGTH_INCREMENT) {
                    Cell cell = row.createCell(cellNum);
                    cellNum++;
                    if(length >= width) {
                        List<Double> sortedMods = calculator.calculate(high, width, length);
                        Double sum = 0D;

```

```

        for (int i = 1; i < sortedMods.size(); i++) {
            sum += Math.pow(sortedMods.get(i) - sortedMods.get(i - 1), 2);
        }
        Double fsi = (24D / Math.pow(sortedMods.get(sortedMods.size() - 1) -
sortedMods.get(0), 2)) * sum;
        //System.out.println("First " + sortedMods.size() + " mods sum: " + sum);
        //System.out.println("FSI factor: " + fsi);
        cell.setCellValue(fsi);
        cell.setStyle(stylesProvider.getCellStyle());
    }
}
}
}
try(FileOutputStream out = new FileOutputStream(new File("Mods.xlsx"))) {
    workbook.write(out);
} catch (FileNotFoundException e) {
    e.printStackTrace();
} catch (IOException e) {
    e.printStackTrace();
}
}
}

private void addDescriptionToSheet(Sheet sheet) {
    int cellOffset = 1;
    Row headerOneRow = sheet.createRow(0);
    Cell headerOneCell = headerOneRow.createCell(1);
    headerOneCell.setCellValue("Length [m]");
    Row headerTwoRow = sheet.createRow(1);
    for (double length = LENGTH_INIT; length < LENGTH_END; length += LENGTH_INCREMENT) {
        Cell cell = headerTwoRow.createCell(cellOffset++);
        cell.setCellValue(String.format("%.2f", length));
    }
    Cell widthLabelCell = headerTwoRow.createCell(0);
    widthLabelCell.setCellValue("Width [m]");
}
}
}

```

```
package org.kuba.mods.services;
```

```
import org.apache.poi.ss.usermodel.CellStyle;
import org.apache.poi.ss.usermodel.FillPatternType;
import org.apache.poi.ss.usermodel.IndexedColors;
import org.apache.poi.xssf.streaming.SXSSFWorkbookCreationHelper;
```

```

import org.apache.poi.xssf.streaming.SXSSFWorkbook;
import org.springframework.stereotype.Service;

@Service
public class StylesProvider {

    private CellStyle cellStyle;

    public CellStyle getCellStyle() {
        return cellStyle;
    }

    public void initForWorkbook(SXSSFWorkbook workbook) {
        cellStyle = getCellStyleWithColor(IndexedColors.LIGHT_GREEN, workbook);
    }

    private CellStyle getCellStyleWithColor(IndexedColors color, SXSSFWorkbook workbook) {
        short format = new SXSSFWorkbookCreationHelper(workbook).createDataFormat().getFormat("0.00");
        CellStyle cellStyle = workbook.createCellStyle();
        cellStyle.setDataFormat(format);
        cellStyle.setFillPattern(FillPatternType.SOLID_FOREGROUND);
        return cellStyle;
    }
}

```

```

package org.kuba.mods;

```

```

import org.kuba.mods.services.ResultWriter;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.boot.CommandLineRunner;
import org.springframework.boot.SpringApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.SpringBootApplication;

```

```

@SpringBootApplication
public class ModsApplication implements CommandLineRunner {

    @Autowired
    private ResultWriter resultWriter;

    public static void main(String[] args) {
        SpringApplication.run(ModsApplication.class, args);
    }

    @Override
    public void run(String... args) throws Exception {
        resultWriter.calculate();
    }
}

```

**Wydruk na A3**



## **Tył wydruku A3**

## Załącznik 6

### Wyznaczenie kubatury i wymiarów sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym.

Analizę wpływu kubatury oraz sposobu wykończenia wnętrza sal prób muzycznych na ich komfort akustyczny rozpoczęto od wyboru wielkości sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym. W tym celu wykorzystano kryteria jakości architektonicznej (oparte na ergonomii tradycyjnej) oraz kryteria jakości akustycznej sal prób muzycznych (oparte na ergonomii audytywnej) wraz z przypisanymi im skalami ocen, ustalonymi w Rozdziale III niniejszej pracy. Minimalne kubatury pomieszczeń poddanych analizie komputerowej ustalono na podstawie kryteriów ergonomii tradycyjnej, ponieważ pozwalają one na zastosowanie znacznie mniejszych kubatur niż ergonomia audytywna. W ten sposób autorka chciała przedstawić jak najszersze spektrum wielkości sal prób muzycznych. Wykorzystując minimalną powierzchnię oraz wysokość sal prób muzycznych, obliczono minimalną kubaturę pomieszczeń służących próbom indywidualnym oraz próbom małych zespołów muzycznych. Otrzymane wielkości sal prób zaokrąglono do  $5 \text{ m}^3$ .

Dokładne dane przedstawiono w Tabeli 116.

	minimalna powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	minimalna wysokość [m]	minimalna kubatura [m <sup>3</sup> ]	minimalna kubatura przyjęta do symulacji [m <sup>3</sup> ]
sala prób indywidualnych	5,1	2,7	13,77	15,00
sala prób małych zespołów	7,0	2,7	18,90	20,00

Tabela 116. Wyznaczenie minimalnych kubatur sal prób przyjętych do symulacji komputerowych.

Kolejne wielkości analizowanych pomieszczeń uzyskano zwiększając kubaturę sal prób indywidualnych o  $5 \text{ m}^3$  oraz zwiększając kubaturę sal prób małych zespołów muzycznych o  $10 \text{ m}^3$ . Symulacjom komputerowym poddano 18 sal prób indywidualnych o kubaturze od  $15 \text{ m}^3$  do  $100 \text{ m}^3$ , analizując w ten sposób pełen zakres zalecanych kubatur tego rodzaju pomieszczeń według ergonomii tradycyjnej i ergonomii audytywnej.<sup>147</sup> Analizę sal prób małych zespołów muzycznych ograniczono do 18 sal najmniejszych kubaturowo (od  $20 \text{ m}^3$  do  $190 \text{ m}^3$ ). Nie przeprowadzono analizy pełnego spektrum wielkości sal prób małych zespołów muzycznych (do  $320 \text{ m}^3$  według ergonomii audytywnej), ponieważ ograniczono równocześnie ilość muzyków wykorzystanych w symulacjach – maksymalnie pięciu muzyków w pomieszczeniu (kwintet).<sup>148</sup> Mając ustalone kubatury analizowanych sal prób muzycznych, ich poszczególne wymiary obliczono przy założeniu najlepszych proporcji według Meissner'a

<sup>147</sup> Według ergonomii audytywnej maksymalna zalecana kubatura sal prób indywidualnych wynosi  $100 \text{ m}^3$ .

<sup>148</sup> Według definicji sali prób małych zespołów muzycznych, pomieszczenie to może służyć próbom muzycznym od 3 do 12 muzyków.

(2018) oraz Rindel'a (2020) tj. 1:1,2:1,45.<sup>149</sup> Otrzymane wymiary pomieszczeń przypisano do wysokości, szerokości i długości pomieszczeń, przy założeniu, że wysokość sali prób jest wielkością najmniejszą, która jednocześnie spełnia założenie  $H \geq 2,7$  m oraz przy założeniu, że szerokość jest mniejsza niż długość pomieszczenia. W Tabelach 117 - 118 przedstawiono wymiary pomieszczeń otrzymanych przy założeniu najlepszych proporcji oraz przypisanie ich do wysokości, szerokości i długości pomieszczeń.

Pomieszczenia przyjęte do dalszych analiz zamodelowano w programie SketchUp Pro 2022. Wszystkie pomieszczenia zamodelowano tak aby środek posadzki pokrywał się z początkiem układu współrzędnych. Symulacje komputerowe i obliczenia akustyczne przeprowadzono w programie Odeon wersja 17.

Lp.	kubatura [m <sup>3</sup> ]	wymiary przy najlepszych proporcjach 1:1.2:1.45			przypisane wymiary pomieszczenia		
		1	1,2	1,45	wysokość H [m]	szerokość W [m]	długość L [m]
		min.	mid.	max.			
1	15,0	2,05	2,46	2,97	2,97	2,05	2,46
2	20,0	2,26	2,71	3,27	2,71	2,26	3,27
3	25,0	2,43	2,92	3,53	2,92	2,43	3,53
4	30,0	2,58	3,10	3,75	3,10	2,58	3,75
5	35,0	2,72	3,26	3,94	2,72	3,26	3,94
6	40,0	2,84	3,41	4,12	2,84	3,41	4,12
7	45,0	2,96	3,55	4,29	2,96	3,55	4,29
8	50,0	3,06	3,68	4,44	3,06	3,68	4,44
9	55,0	3,16	3,79	4,58	3,16	3,79	4,58
10	60,0	3,25	3,91	4,72	3,25	3,91	4,72
11	65,0	3,34	4,01	4,85	3,34	4,01	4,85
12	70,0	3,43	4,11	4,97	3,43	4,11	4,97
13	75,0	3,51	4,21	5,08	3,51	4,21	5,08
14	80,0	3,58	4,30	5,19	3,58	4,30	5,19
15	85,0	3,66	4,39	5,30	3,66	4,39	5,30
16	90,0	3,73	4,47	5,40	3,73	4,47	5,40
17	95,0	3,79	4,55	5,50	3,79	4,55	5,50
18	100,0	3,86	4,63	5,60	3,86	4,63	5,60

Tabela 117. Lista zamodelowanych sal prób indywidualnych przyjętych do obliczeń.

<sup>149</sup> Założenie to ma na celu ujednoczenie proporcji analizowanych pomieszczeń i nie wpływa na wyniki przeprowadzonych symulacji komputerowych.

Lp.	kubatura [m <sup>3</sup> ]	wymiary przy najlepszych proporcjach 1:1.2:1.45			przypisane wymiary pomieszczenia		
		1	1,2	1,45	wysokość H [m]	szerokość W [m]	długość L [m]
		min.	mid.	max.			
1	20,0	2,26	2,71	3,27	2,71	2,26	3,27
2	30,0	2,58	3,10	3,75	3,10	2,58	3,75
3	40,0	2,84	3,41	4,12	2,84	3,41	4,12
4	50,0	3,06	3,68	4,44	3,06	3,68	4,44
5	60,0	3,25	3,91	4,72	3,25	3,91	4,72
6	70,0	3,43	4,11	4,97	3,43	4,11	4,97
7	80,0	3,58	4,30	5,19	3,58	4,30	5,19
8	90,0	3,73	4,47	5,40	3,73	4,47	5,40
9	100,0	3,86	4,63	5,60	3,86	4,63	5,60
10	110,0	3,98	4,78	5,78	3,98	4,78	5,78
11	120,0	4,10	4,92	5,95	4,10	4,92	5,95
12	130,0	4,21	5,05	6,11	4,21	5,05	6,11
13	140,0	4,32	5,18	6,26	4,32	5,18	6,26
14	150,0	4,42	5,30	6,41	4,42	5,30	6,41
15	160,0	4,51	5,42	6,54	4,51	5,42	6,54
16	170,0	4,61	5,53	6,68	4,61	5,53	6,68
17	180,0	4,69	5,63	6,81	4,69	5,63	6,81
18	190,0	4,78	5,74	6,93	4,78	5,74	6,93

Tabela 118. Lista zamodelowanych sal prób małych zespołów muzycznych przyjętych do obliczeń.

## Załącznik 7

### **Autorska metoda doboru materiałów wykończeniowych wewnątrz sal prób muzycznych poddanych symulacjom komputerowym.**

Ustalenie materiałów wykończeniowych dla wariantu W2 oraz W3 dokonano poprzez szereg symulacji komputerowych przeprowadzonych w programie Odeon wersja 17, z wykorzystaniem wszech-kierunkowego źródła dźwięku. Symulacjom poddano cztery pomieszczenia o różnych kubaturach: 40 m<sup>3</sup>, 90 m<sup>3</sup>, 140 m<sup>3</sup>, 190 m<sup>3</sup>.<sup>150</sup> Otrzymane wartości czasu pogłosu naniesiono na wykres zależności czasu pogłosu od kubatury pomieszczenia oraz porównywano z rekomendowanymi przedziałami według normy NS 8178:2014 [N5] (Wykres 51). Rekomendowane przedziały czasu pogłosu przedstawione na Wykresie 51 zgodnie z normą NS 8178:2014 [N5], odnoszą się do średniej wartości czasu pogłosu w częstotliwości 500 Hz i 1000 Hz, mierzonego w pomieszczeniu bez użytkowników oraz bez wyposażenia.

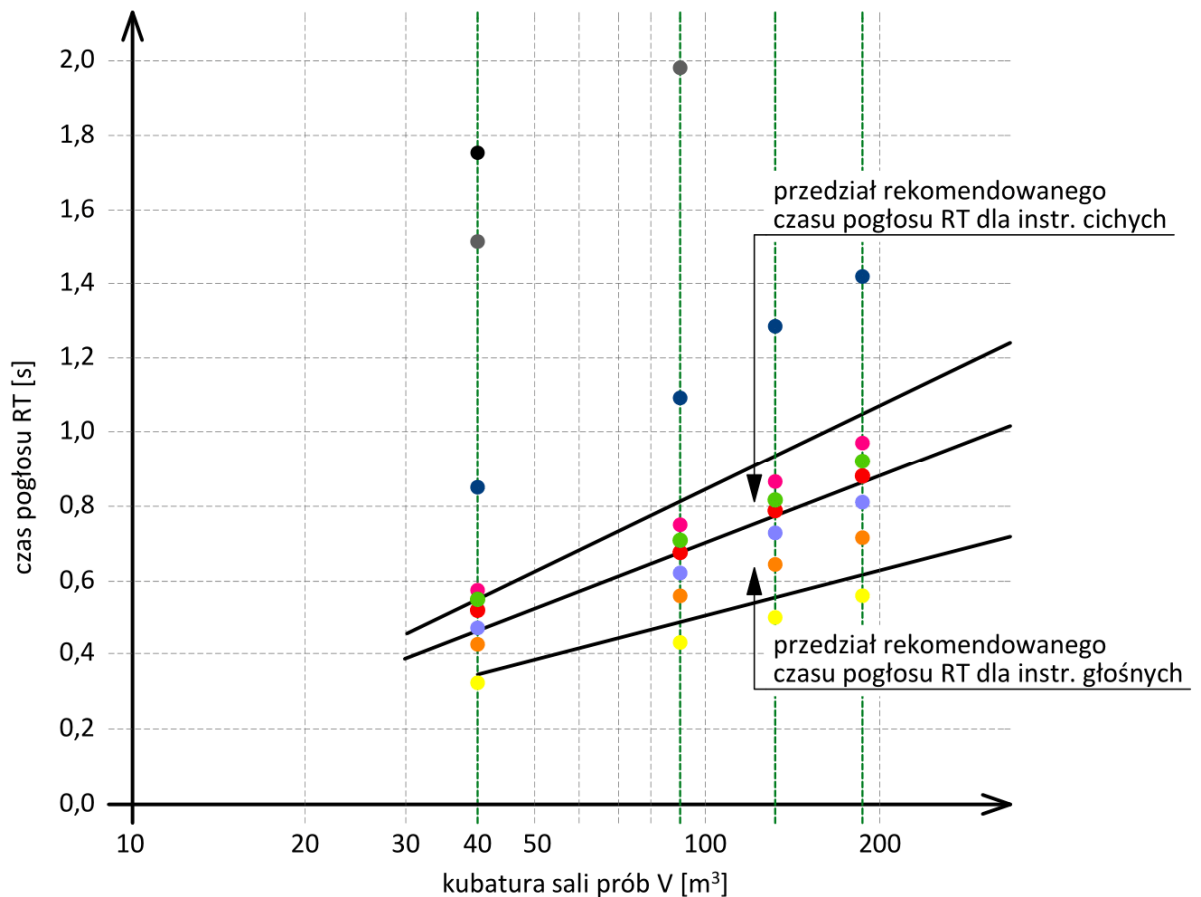
Symulacje rozpoczęto od wariantu wyjściowego W1, który zakłada najprostszy sposób wykończenia wnętrza: podłoga wykończona panelami, ściany oraz sufit wykończone tynkiem cementowo – wapiennym. W Tabeli 119 przedstawiono pełną listę materiałów wykończeniowych zastosowanych w modelach komputerowych sal prób muzycznych. Dodatkowo we wszystkich pomieszczeniach założono przeszklenie na mniejszej ścianie, stanowiące 30% powierzchni tej ściany.<sup>151</sup>

W celu zwiększenia czytelności metody opracowanej przez autorkę, każdemu wariantowi wykończenia przegród zamodelowanych sal prób muzycznych przypisano inną barwę. Kolory te użyto na Wykresie 51 oraz w Tabelach 120 – 124.

---

<sup>150</sup> Nie sprawdzano czasu pogłosu dla pomieszczeń mniejszych niż 40 m<sup>3</sup>, ponieważ jest to minimalna kubatura sal prób dla instrumentów głośniejszych według normy NS 8178:2014 [N5]. Norma nie podaje rekomendowanego czasu pogłosu dla mniejszych pomieszczeń. Kolejne kubatury uzyskano zwiększając wielkość pomieszczenia o 50 m<sup>3</sup> do osiągnięcia maksymalnej kubatury przyjętej do symulacji równej 190 m<sup>3</sup>.

<sup>151</sup> Założenie to pozwala spełnić z zapasem minimalną wielkość powierzchni okien, liczoną w świetle ościeżnic, w stosunku do powierzchni podłogi określoną w Rozporządzeniu [A4].



- wszystkie ściany oraz sufit - tynk cementowo-wapienny
- dwie ściany oraz sufit - podwójna płyta G-K pełna z wypełnieniem wełną mineralną 50 mm
- dwie ściany oraz sufit - 10% płyty G-K perforowane + 90% płyty G-K pełne
- dwie ściany oraz sufit - 20% płyty G-K perforowane + 80% płyty G-K pełne
- dwie ściany oraz sufit - 30% płyty G-K perforowane + 70% płyty G-K pełne
- dwie ściany oraz sufit - 40% płyty G-K perforowane + 60% płyty G-K pełne
- dwie ściany - 20% płyty G-K perforowane + 80% płyty G-K pełne  
sufit - 30% płyty G-K perforowane + 70% płyty G-K pełne
- dwie ściany - 30% płyty G-K perforowane + 70% płyty G-K pełne  
sufit - 20% płyty G-K perforowane + 80% płyty G-K pełne
- dwie ściany - 20% płyty G-K perforowane + 80% płyty G-K pełne  
sufit - 25% płyty G-K perforowane + 75% płyty G-K pełne

Wykres 51. Średni czas pogłosu RT [s] w częstotliwościach 500 Hz i 1000 Hz, w zamodelowanych salach prób w różnych wariantach wykończenia wnętrza.

	opis materiału	nr materiału w bibliotece Odeon	źródło współczynnika pochłaniania dźwięku	współczynnik pochłaniania dźwięku w poszczególnych częstotliwościach							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	panele podłogowe	3002	Harris (1991)	0,04	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
2	tynek cementowo-wapienny	4000	Bobran (1973)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05
3	przeszklenie	10006	Harris (1991)	0,35	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,04
4	podwójne płyty G-K na ruszcie 50 mm, wypełnienie wełną mineralną (50 mm) - ściana i sufit	4044	Petersen (1983)	0,15	0,15	0,1	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05
5	płyty perforowane RIGITON 12/25Q na ruszcie 50 mm, wypełnienie wełną mineralną (50 mm) - ściana	utworzony przez autorkę	www.rigips.pl [dostęp: sierpień 2022]	-	0,35	0,75	0,9	0,9	0,8	0,8	-
6	płyty perforowane RIGITON 12/25Q na ruszcie 200 mm, wypełnienie wełną mineralną (50 mm) - sufit	utworzony przez autorkę	www.rigips.pl [dostęp: sierpień 2022]	-	0,55	0,9	0,95	0,85	0,85	0,65	-

Tabela 119. Lista materiałów wykończeniowych zastosowanych w modelach komputerowych sal prób muzycznych [opracowanie: autorka]

W Tabelach 120 - 123 przedstawiono czas pogłosu w pełnym paśmie częstotliwości, przy różnych sposobach wykończenia przegród dla sal prób o kubaturze 40 m<sup>3</sup>, 90 m<sup>3</sup>, 140 m<sup>3</sup> oraz 190 m<sup>3</sup>. Przy wariancie wyjściowym W1 wykończenia wnętrza, czas pogłosu jest zdecydowanie za długi w całym paśmie częstotliwości. W celu skrócenia czasu pogłosu dodano materiały pochłaniające dźwięk. Założono, że zmianie będzie ulegało wykończenie dwóch sąsiednich ścian (obie ściany bez okna) oraz sufit, natomiast pozostałe ściany (w tym ściana z oknem i sąsiednia) oraz podłoga będą miały stałe wykończenie w postaci tynku cementowo-wapiennego oraz paneli podłogowych. Pierwszą zmianą było dodanie na dwóch ścianach oraz suficie podwójnych pełnych płyt gipsowo-kartonowych na ruszcie stalowym z wypełnieniem z wełny mineralnej grubości 50 mm. Znacząco obniżyło to czas pogłosu w niskich częstotliwościach (63 Hz, 125 Hz, 250 Hz), ale czas pogłosu w średnich oraz wysokich częstotliwościach nie uległ zmianie. Kolejne zmiany polegały na dodawaniu do pełnych płyt G-K płyt perforowanych. Wybrano płyty perforowane Rigiton 12/25Q, które charakteryzują się największą perforacją sięgającą 23% powierzchni płyty. W kolejnych symulacjach

zwiększono procentową ilość płyt perforowanych z 10% do 40% powierzchni dwóch ścian oraz sufitu, co doprowadziło do skrócenia czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwości. Przeprowadzono również symulacje, w których udział procentowy płyt perforowanych na dwóch ścianach był inny niż zastosowany na suficie np. 30% perforacji na ścianach oraz 20% na suficie.

wykończenie	czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach [Hz]								średni czas pogłosu dla 500 Hz i 1 kHz
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
tynk	2,30	2,29	2,50	1,83	1,67	1,43	1,21	0,78	<b>1,75</b>
pełne G-K - 2 ściany i sufit	0,81	0,81	1,13	1,38	1,67	1,56	1,21	0,78	<b>1,53</b>
pełne G-K + 10% perforacji	0,71	0,71	0,75	0,80	0,90	0,90	0,80	0,59	<b>0,85</b>
pełne G-K + 20% perforacji	0,63	0,63	0,55	0,55	0,61	0,62	0,59	0,47	<b>0,58</b>
pełne G-K + 30% perforacji	0,56	0,56	0,43	0,41	0,45	0,47	0,46	0,38	<b>0,43</b>
pełne G-K + 40% perforacji	0,51	0,51	0,35	0,32	0,34	0,37	0,37	0,32	<b>0,33</b>
20% perf. ściany + 30% perf. sufit	0,59	0,59	0,50	0,50	0,55	0,56	0,55	0,44	<b>0,53</b>
30% perf. ściany+ 20% perf. sufit	0,59	0,59	0,48	0,46	0,50	0,52	0,50	0,41	<b>0,48</b>
20% perf. ściany + 25% perf. sufit	0,61	0,61	0,53	0,52	0,57	0,59	0,57	0,45	<b>0,55</b>

Tabela 120. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 40 m<sup>3</sup>.

wykończenie	czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach [Hz]								średni czas pogłosu dla 500 Hz i 1 kHz
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
tynk	3,06	3,05	3,29	2,39	2,17	1,83	1,48	0,89	<b>2,28</b>
pełne G-K - 2 ściany i sufit	1,06	1,06	1,48	1,80	2,17	2,00	1,48	0,89	<b>1,99</b>
pełne G-K + 10% perforacji	0,92	0,92	0,98	1,04	1,17	1,16	1,01	0,69	<b>1,11</b>
pełne G-K + 20% perforacji	0,82	0,82	0,72	0,72	0,79	0,81	0,75	0,56	<b>0,76</b>
pełne G-K + 30% perforacji	0,73	0,73	0,57	0,54	0,58	0,61	0,59	0,47	<b>0,56</b>
pełne G-K + 40% perforacji	0,67	0,67	0,46	0,42	0,45	0,48	0,48	0,39	<b>0,44</b>
20% perf. ściany + 30% perf. sufit	0,77	0,77	0,66	0,65	0,71	0,73	0,69	0,53	<b>0,68</b>
30% perf. ściany+ 20% perf. sufit	0,78	0,77	0,62	0,60	0,65	0,67	0,64	0,50	<b>0,63</b>
20% perf. ściany + 25% perf. sufit	0,79	0,79	0,69	0,68	0,74	0,76	0,72	0,54	<b>0,71</b>

Tabela 121. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 90 m<sup>3</sup>.



wykończenie	czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach [Hz]								średni czas pogłosu dla 500 Hz i 1 kHz
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
tynk	3,57	3,54	3,81	2,75	2,49	2,09	1,65	0,95	2,62
pełne G-K - 2 ściany i sufit	1,23	1,23	1,71	2,08	2,49	2,28	1,65	0,95	2,29
pełne G-K + 10% perforacji	1,08	1,07	1,14	1,21	1,36	1,33	1,14	0,75	1,29
pełne G-K + 20% perforacji	0,95	0,95	0,84	0,83	0,91	0,93	0,86	0,62	0,87
pełne G-K + 30% perforacji	0,85	0,85	0,66	0,62	0,68	0,70	0,68	0,52	0,65
pełne G-K + 40% perforacji	0,77	0,77	0,54	0,49	0,52	0,55	0,55	0,44	0,51
20% perf. ściany + 30% perf. sufit	0,90	0,90	0,76	0,76	0,82	0,84	0,79	0,58	0,79
30% perf. ściany+ 20% perf. sufit	0,91	0,90	0,73	0,70	0,76	0,78	0,73	0,55	0,73
20% perf. ściany + 25% perf. sufit	0,92	0,92	0,80	0,79	0,86	0,88	0,82	0,60	0,83

Tabela 122. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 140 m<sup>3</sup>.

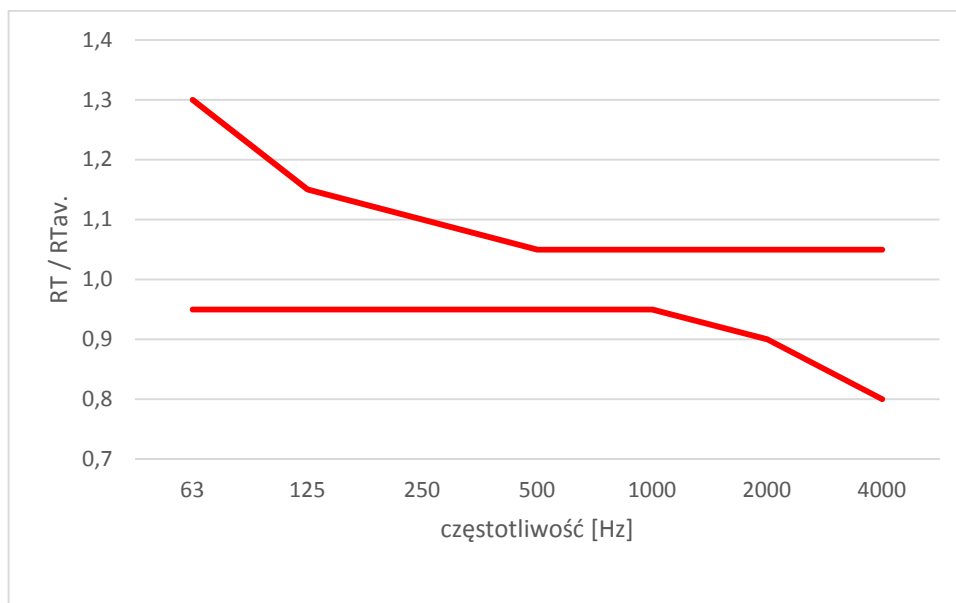
wykończenie	czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach [Hz]								średni czas pogłosu dla 500 Hz i 1 kHz
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
tynk	3,99	3,96	4,25	3,06	2,76	2,30	1,78	0,99	2,91
pełne G-K - 2 ściany i sufit	1,37	1,37	1,91	2,31	2,76	2,50	1,78	0,99	2,54
pełne G-K + 10% perforacji	1,19	1,19	1,26	1,34	1,50	1,47	1,24	0,79	1,42
pełne G-K + 20% perforacji	1,06	1,06	0,93	0,93	1,01	1,03	0,94	0,66	0,97
pełne G-K + 30% perforacji	0,95	0,95	0,73	0,69	0,75	0,78	0,74	0,55	0,72
pełne G-K + 40% perforacji	0,86	0,86	0,60	0,54	0,58	0,61	0,60	0,47	0,56
20% perf. ściany + 30% perf. sufit	1,00	1,00	0,85	0,84	0,91	0,93	0,87	0,62	0,88
30% perf. ściany+ 20% perf. sufit	1,01	1,00	0,80	0,77	0,84	0,86	0,80	0,59	0,81
20% perf. ściany + 25% perf. sufit	1,03	1,03	0,89	0,88	0,96	0,97	0,90	0,64	0,92

Tabela 123. Czas pogłosu RT [s] w poszczególnych częstotliwościach, przy różnych sposobach wykończenia przegród, dla sali prób o kubaturze 190 m<sup>3</sup>.

Na podstawie wyżej opisanych symulacji komputerowych wybrano sposoby wykończenia przegród, które pozwalają osiągnąć w pomieszczeniach czas pogłosu w rekomendowanych przedziałach dla instrumentów cichych (wariant W2) oraz dla instrumentów głośniejszych (wariant W3).

Jako wariant W2 (instrumenty ciche) przyjęto wykończenie dwóch ścian płytami pełnymi G-K oraz płytami perforowanymi stanowiącymi 20% powierzchni tych ścian. Sufit wykończono w analogiczny sposób zwiększając procentowy udział płyt perforowanych do 25% powierzchni sufitu (sposób wykończenia przegród oznaczony na Wykresie 51 i w Tabelach 120 - 124 kolorem zielonym). Jako wariant W3 (instrumenty głośnie, które wymagają krótszego czasu pogłosu) wstępnie przyjęto dwa sposoby wykończenia przegród - oznaczone na Wykresie 51 i w Tabelach 120 - 124 kolorem jasno-niebieskim oraz pomarańczowym. Wybrane modele wykończenia wnętrz poddano dalszej analizie.

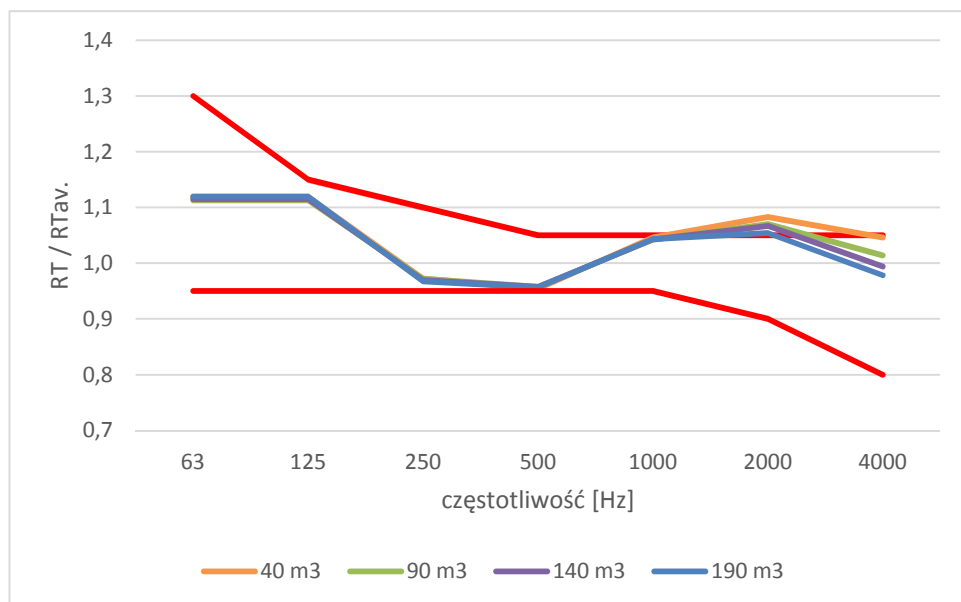
Wybrane sposoby wykończenia wnętrza sal prób muzycznych spełniają pierwsze kryterium dotyczące czasu pogłosu obliczonego jako średni czas pogłosu w częstotliwości 500 Hz i 1000 Hz (Wykres 51). Poza tym kryterium norma NS 8178:2014 [N5] sugeruje aby dążyć do osiągnięcia czasu pogłosu na tym samym poziomie w całym paśmie częstotliwości. Dopuszcza nieco dłuższy czas pogłosu w niskich częstotliwościach oraz krótszy czas pogłosu w wysokich częstotliwościach w granicach wyrażonych na Wykresie 52 jako stosunek czasu pogłosu w danej częstotliwości (RT) do czasu pogłosu obliczonego jako średnia w 500 Hz i 1000 Hz (RT<sub>av</sub>.)



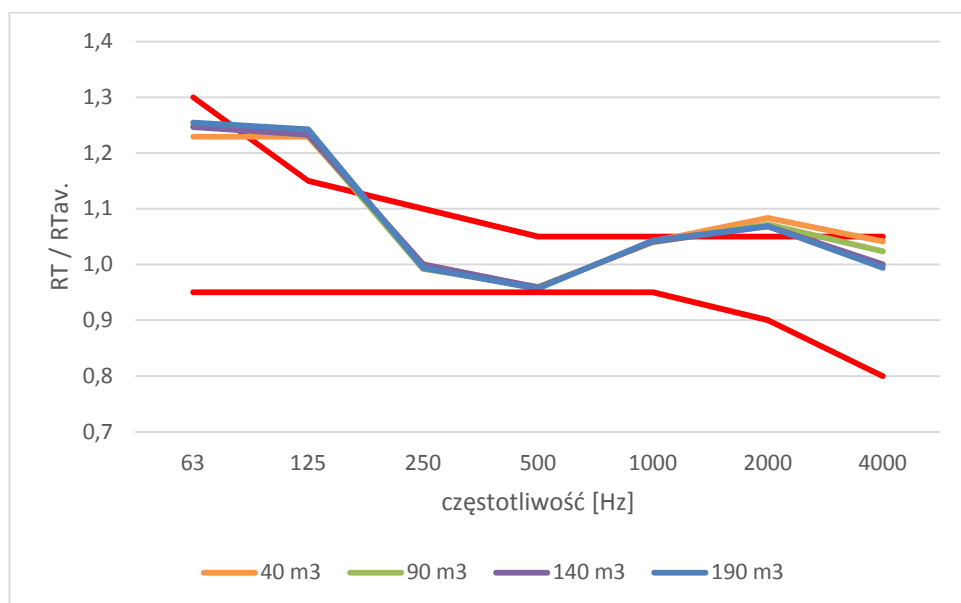
Wykres 52. Zakres dopuszczalnych zmian czasu pogłosu w niskich i wysokich częstotliwościach względem czasu pogłosu w średnich częstotliwościach (NS 8178:2014 [N5]).

Wybrane sposoby wykończenia wnętrza poddano analizie ze względu na czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwości. Wyniki przedstawiono na Wykresach 53 - 55. We wszystkich przypadkach widoczne jest niewielkie przekroczenie stosunku czasu pogłosu w 2000 Hz do czasu pogłosu w częstotliwościach średnich. Oznacza to, że w częstotliwości 2000 Hz czas pogłosu jest za długi. Jednak skrócenie go wiązałoby się ze skróceniem czasu pogłosu również w średnich częstotliwościach, co nie jest pożądane. Autorka zdecydowała dopuścić nieco dłuższy czas pogłosu w częstotliwości 2000 Hz. W pozostałych częstotliwościach przy wariacie W2 wykończenia wnętrza (kolor zielony) czas pogłosu mieści się w granicach dopuszczalnych zmian, co oznacza, że materiały wykończeniowe dla wariantu W2 zostały poprawie przyjęte. Oba sposoby wykończenia wnętrza przyjęte wstępnie dla wariantu W3 (kolor jasno-niebieski oraz pomarańczowy) wykazują zbyt długi czas pogłosu w niskich częstotliwościach (Wykres 54 - 55). W celu skrócenia czasu pogłosu w częstotliwościach 63-125 Hz, przy jednoczesnym zachowaniu czasu pogłosu w średnich i wysokich częstotliwościach, pokryto kolejną dłuższą ścianę sali prób okładziną w pełnych płyt G-K na systemowym ruszcie (materiał nr 4, Tabela 119). Wyniki przedstawiono na Wykresach 56 - 57, gdzie zauważalny jest zdecydowany spadek czasu pogłosu w niskich częstotliwościach. Po

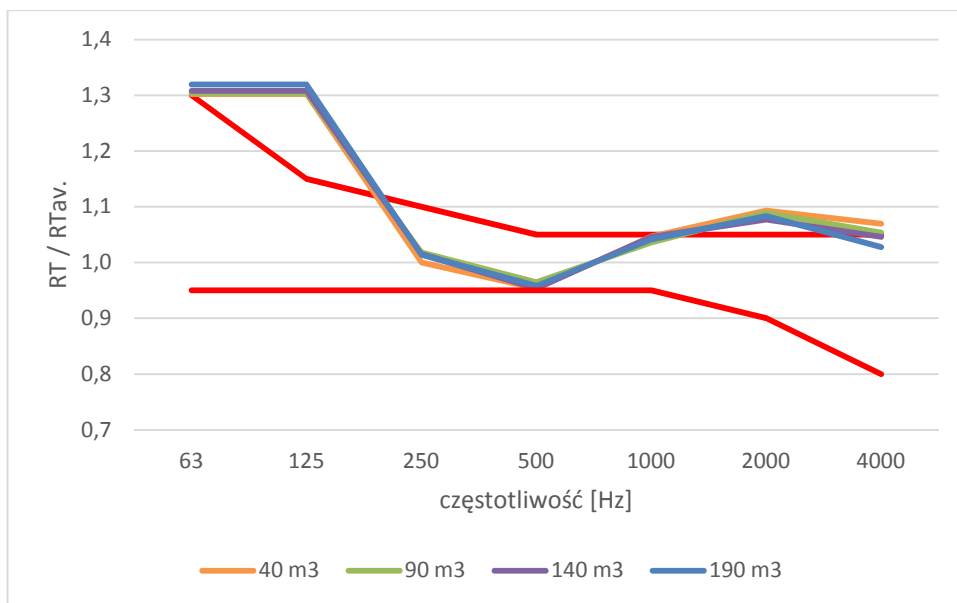
dodaniu pełnych płyt G-K na trzecią ścianę w sali prób, stosunek czasu pogłosu w niskich częstotliwościach do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach jest korzystniejszy w przypadku wariantu wyrażonego kolorem jasno-niebieskim (Wykres 56). Do dalszych symulacji wybrano ten sposób wykończenia wnętrz jako wariant W3.



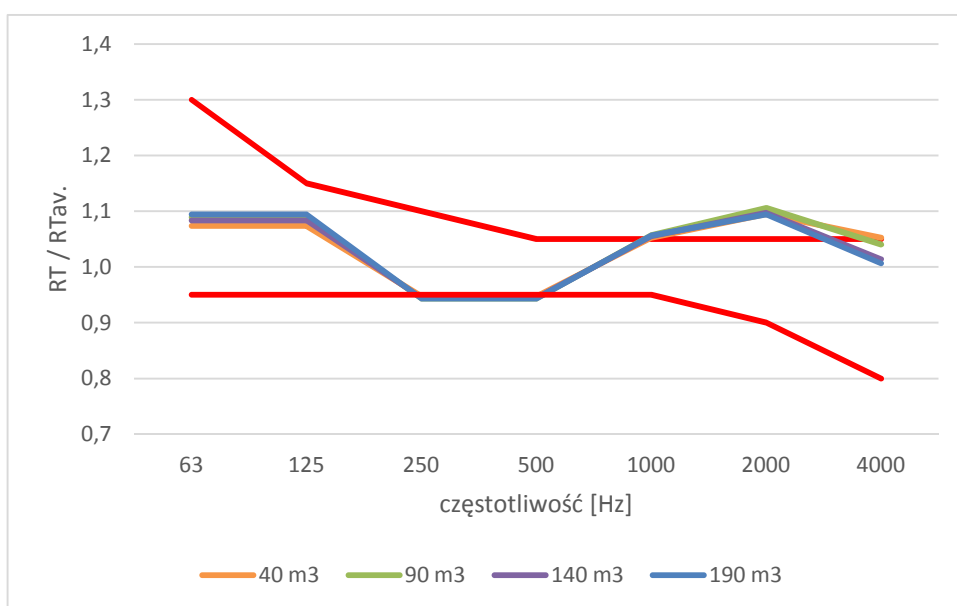
Wykres 53. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W2 (kolor zielony).



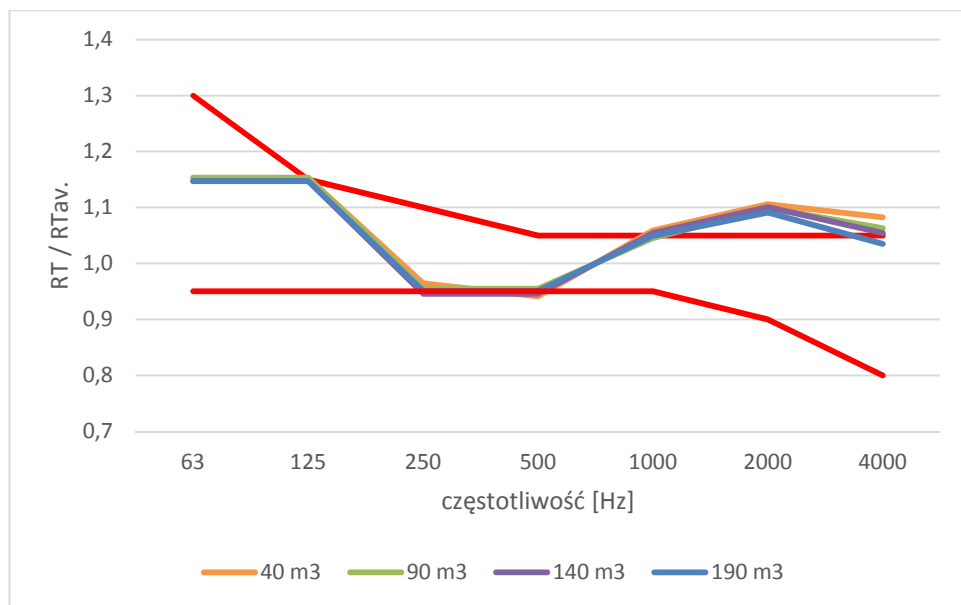
Wykres 54. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor jasno-niebieski).



Wykres 55. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor pomarańczowy).



Wykres 56. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor jasno-niebieski) po dodaniu płyt G-K.



Wykres 57. Stosunek czasu pogłosu w pełnym paśmie częstotliwościowym do czasu pogłosu w średnich częstotliwościach dla sposobu wykończenia W3 (kolor pomarańczowy) po dodaniu płyt G-K.

W Tabeli 124 zestawiono wszystkie warianty wykończenia wnętrz wybrane do dalszych symulacji komputerowych.

	W1	W2	W3
	przed adaptacją akustyczną	adaptacja akustyczna dla instrumentów cichych	adaptacja akustyczna dla instrumentów głośnych
<b>podłoga</b>	panele	panele	panele
<b>ściana 1 (z oknem)</b>	tynk + 30% przeszklenia	tynk + 30% przeszklenia	tynk + 30% przeszklenia
<b>ściana 2</b>	tynk cem.-wap.	tynk cem.-wap.	płyta pełna G-K
<b>ściana 3 (akustyczna)</b>	tynk cem.-wap.	płyty G-K + 20% płyt perf.	płyty G-K + 30% płyt perf.
<b>ściana 4 (akustyczna)</b>	tynk cem.-wap.	płyty G-K + 20% płyt perf.	płyty G-K + 30% płyt perf.
<b>sufit</b>	tynk cem.-wap.	płyty G-K + 25% płyt perf.	płyty G-K + 20% płyt perf.

Tabela 124. Zestawienie wariantów wykończenia wnętrz poddanych symulacjom komputerowym.

## Załącznik 8

### **Autorska metoda modelowania sylwetek użytkowników sal prób muzycznych wraz z instrumentami muzycznymi; ustawienia użytkowników w sali prób muzycznych.**

W każdej sali prób przyjętej do symulacji i obliczeń akustycznych, zamodelowano sylwetki użytkowników pomieszczenia. Według danych statystycznych przedstawionych przez Kusy (2013) średnia wzrostu człowieka w Polsce wynosi 170,5 cm; natomiast średnia waga wynosi 74 kg.<sup>152</sup> Na podstawie tych danych, korzystając ze wzoru Haycocka<sup>153</sup> oszacowano powierzchnię ciała przeciętnego człowieka – wynosi ona 1,88 m<sup>2</sup>. Sylwetki użytkowników sal prób muzycznych uproszczono do prostopadłościanów o wymiarach 0,15 m x 0,45 m x 1,50 m; co dało przeciętną powierzchnię ciała człowieka. Zamodelowanym sylwetkom nadano chłonność akustyczną charakterystyczną dla dorosłego człowieka w pozycji stojącej. Współczynnik pochłaniania dźwięku dla człowieka w pozycji stojącej obliczono na podstawie danych dostarczonych przez Beranek (1954). W Tabeli 125 przedstawiono sposób przeliczenia tych danych: chłonność akustyczną wyrażoną w jednostkach Sabines (ft<sup>2</sup>) [Beranek (1954)] przeliczono na chłonność akustyczną w jednostkach Sabines (m<sup>2</sup>), otrzymane wartości podzielono przez powierzchnię dorosłego człowieka obliczoną powyżej (1,88 m<sup>2</sup>) otrzymując w ten sposób współczynnik pochłaniania dźwięku dla człowieka w pozycji stojącej. Te wartości użyto w programie Odeon i przypisano zamodelowanym sylwetkom użytkowników sali prób.

częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
chłonność akustyczna [Sabines (ft <sup>2</sup> )]	2,00	3,50	4,70	4,50	5,00	4,00
chłonność akustyczna [Sabines (m <sup>2</sup> )]	0,19	0,33	0,44	0,42	0,46	0,37
współczynnik pochłaniania dźwięku [-]	0,10	0,18	0,23	0,22	0,24	0,20

Tabela 125. Obliczenie współczynnika pochłaniania dźwięku dla osoby dorosłej w pozycji stojącej na podstawie danych przedstawionych przez Beranek (1954).

Wszystkim powierzchniom ograniczającym zamodelowane wnętrza oraz sylwetkom użytkowników sal prób przypisano współczynniki rozpraszania dźwięku (*scatter*)<sup>154</sup> o

<sup>152</sup> Średni wzrost mężczyzn w Polsce wynosi 177 cm, kobiet – 164 cm. Średnia waga ciała mężczyzn w Polsce wynosi 83 kg, kobiet – 65 kg [Kusy (2013)]

<sup>153</sup> <https://hematoonkologia.pl/kalkulator-hematologa/powierzchnia-ciala> [dostęp: maj 2022]

<sup>154</sup> Współczynnik rozpraszania (*scatter*) odnosi się do nierówności danej powierzchni i opisuje jak energia dźwięku jest odbijana od danej powierzchni. Wartości współczynnika rozpraszania zdefiniowane w programie Odeon odnoszą się do wartości współczynnika w częstotliwości 707 Hz – jest to średnia częstotliwość liczona w skali logarytmicznej w paśmie 500 Hz – 1000 Hz. Wartość współczynnika rozpraszania zmienia się logarytmicznie, czyli jest znacznie niższa w niskich częstotliwościach i nieco wyższa w częstotliwościach powyżej 707 Hz.

wartościach zgodnych z zaleceniami zawartymi w Odeon – User’s Manual [D7]: powierzchniom ograniczającym wewnątrz przypisano współczynnik rozpraszania o wartości 0,05; natomiast zamodelowanym użytkownikom wewnątrz współczynnik rozpraszania o wartości 0,60.<sup>155</sup>

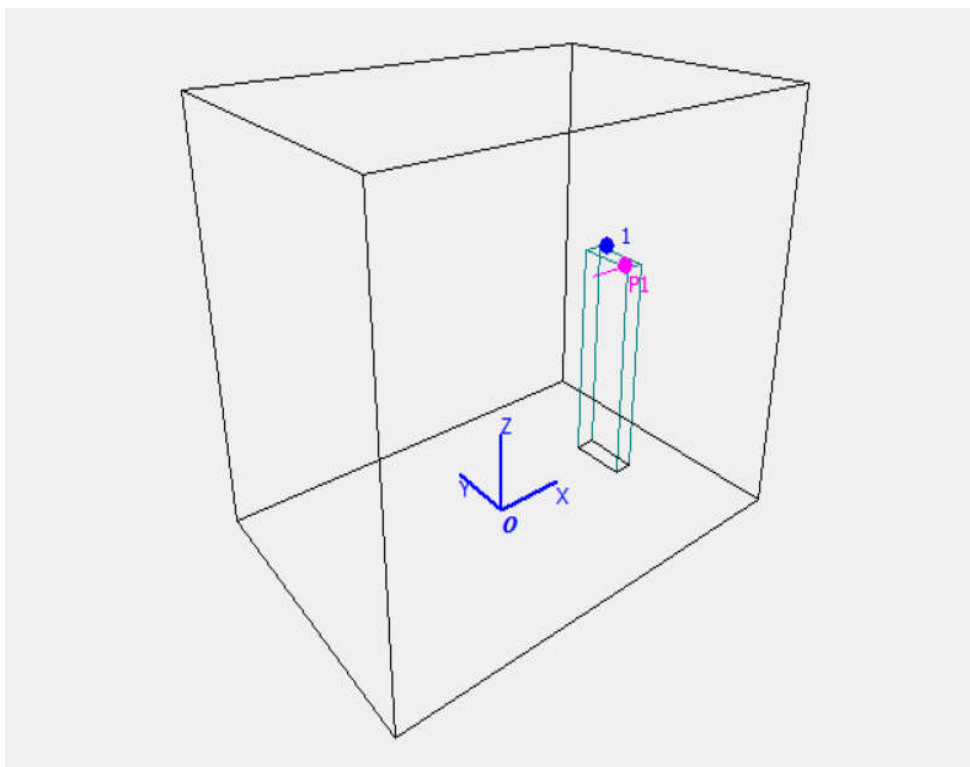
Nad każdą zamodelowaną sylwetką użytkownika sali prób muzycznych zlokalizowano odbiornik dźwięku imitujący środek głowy danego użytkownika<sup>156</sup> (muzyka lub nauczyciela). Przyjęto jednakową wysokość wszystkich odbiorników równą 1,60 m nad posadzką pomieszczenia. Przy muzykach zamodelowano źródła dźwięku imitujące instrumenty muzyczne. Wzajemne położenie muzyka i jego instrumentu wyznaczono na podstawie literatury [Wenmaekers (2015 a)] i autorskich wyliczeń, jako odległość między środkiem głowy muzyka a częścią instrumentu muzycznego, z której rozchodzi się dźwięk. Założono, że wszyscy muzycy są praworęczni (Ilustracja 87 - 88).

instrument muzyczny	moc akustyczna [dB(lin)]	źródło
skrzypce	89	Meyer (2009)
altówka	87	
wiolonczela	90	
kontrabas	92	
flet	91	
obój	93	
klarnet	93	
fagot	93	
trąbka	101	
róg	102	
puzon	104	Burghauser (1971)
tuba	104	Meyer (2009)
pianino	93	Burghauser (1971)
gitara	86	Olson (1967)
saksofon	98	Olson (1967)

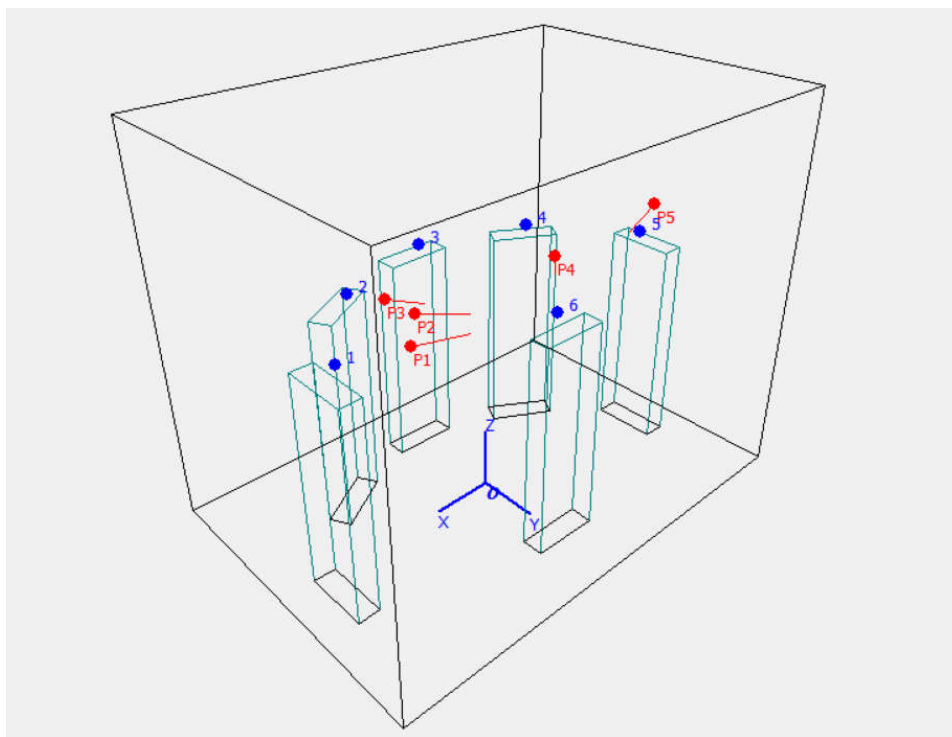
Tabela 126. Moc akustyczna instrumentów muzycznych użytych w symulacjach komputerowych według norm ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5].

<sup>155</sup> Według zaleceń Odeon – User’s Manual [D7] (punkt 4.6) współczynnik rozpraszania dźwięku dla powierzchni płaskich wynosi od 0,02 do 0,05. Autorka wybrała najwyższą wartość ze względu na zastosowanie płyt perforowanych. Zalecana wartość współczynnika rozpraszania dźwięku dla widowni (ludzie w pozycji siedzącej) wynosi od 0,6 do 0,7. Autorka wybrała najniższą wartość (0,6) ponieważ w modelu użyto sylwetek ludzi w pozycji stojącej co wiąże się z mniejszymi głębokościami modulacji powierzchni.

<sup>156</sup> W modelu obliczeniowym nie analizowano różnic w poziomie dźwięku przy każdym z uszu użytkownika sali prób. Model obliczeniowy jest jedynie przybliżeniem rzeczywistości – jego celem jest pokazanie poziomu dźwięku tuż przy muzyku bez rozróżnienia na stronę prawą i lewą.



Ilustracja 87. Zamodelowana w programie Odeon sylwetka skrzypki wraz z odbiornikiem dźwięku (niebieski punkt) i skrzypcami – źródłem dźwięku (różowy punkt) w sali prób indywidualnych o kubaturze  $20 \text{ m}^3$ . [Odeon, wersja 17]



Ilustracja 88. Zamodelowany w programie Odeon kwintet dęty blaszany z nauczycielem w sali prób małych zespołów muzycznych o kubaturze  $20 \text{ m}^3$ . Niebieskie punkty – odbiorniki dźwięku; czerwone punkty – źródła dźwięku (instrumenty muzyczne). [Odeon, wersja 17]

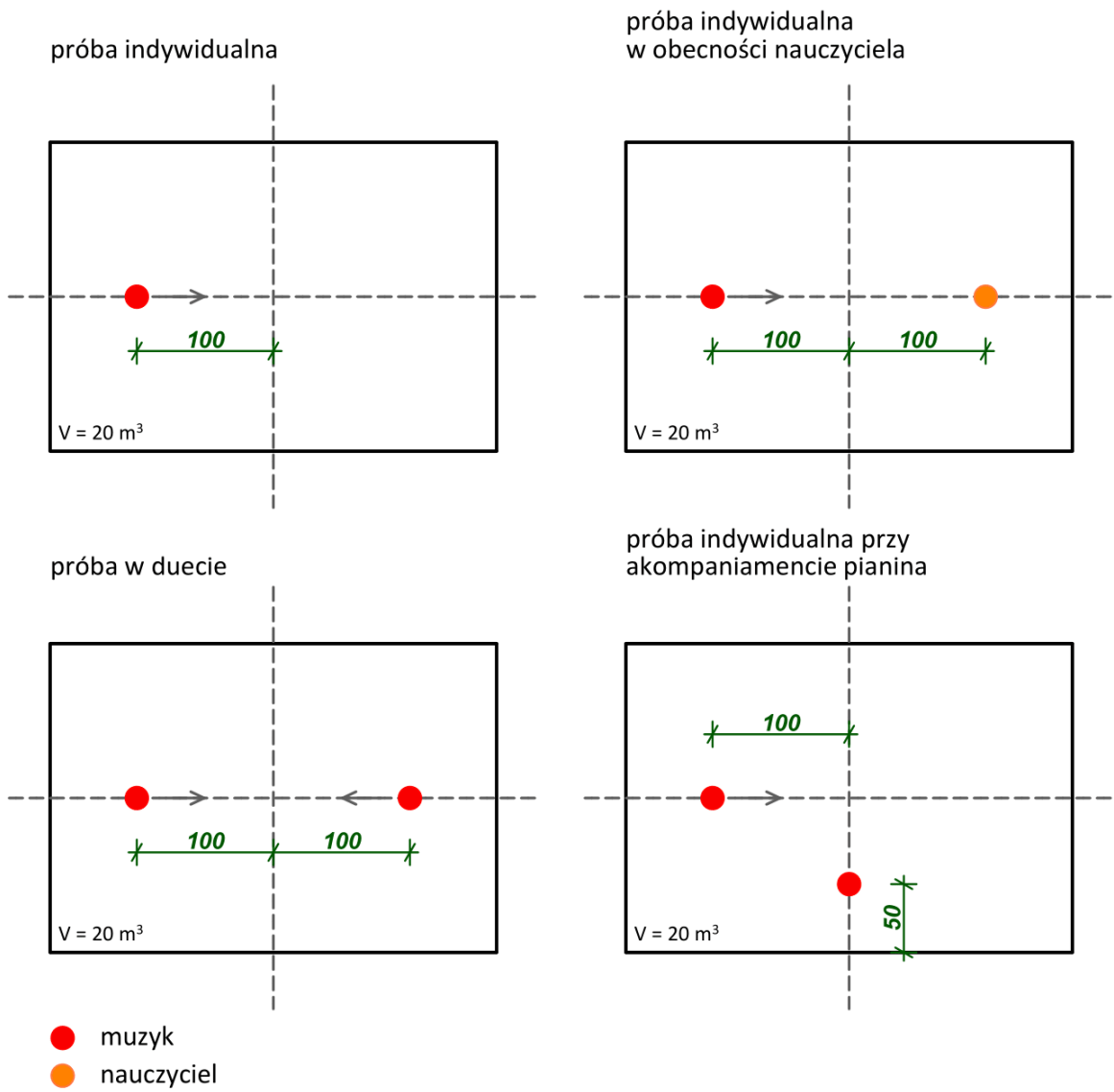


Jako moc akustyczną instrumentów przyjęto wartości wskazane w normie ISO 23591:2021 [N4] oraz NS 8178:2014 [N5], które są wartościami mocy akustycznej bez stosowania ważenia krzywą (tzw. wartości liniowe), przy dynamice gry *forte* (Tabela 126). Przyjęto równy rozkład funkcji częstotliwości mocy akustycznej instrumentów muzycznych, ponieważ normy [N4, N5] definiują moc akustyczną instrumentu jako wartość jedno-liczbową, bez zróżnicowania w paśmie częstotliwości. Wykorzystano zdefiniowaną w programie Odeon kierunkowość instrumentów muzycznych.

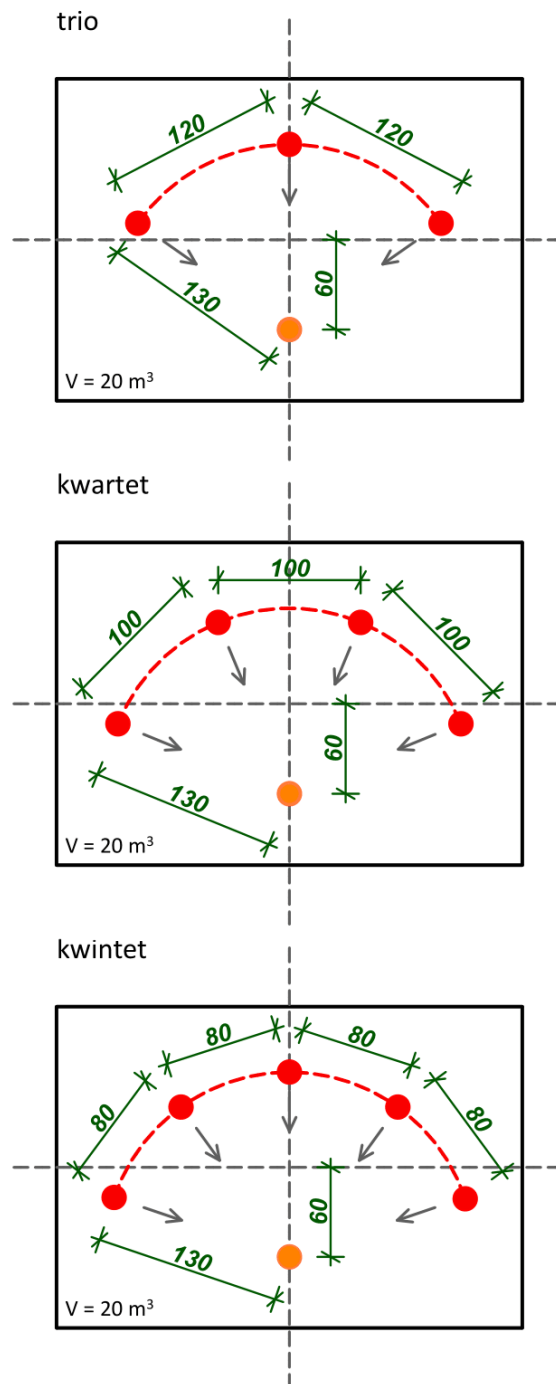
Ustawienie użytkowników w sali prób zależy od ilości muzyków oraz rodzaju instrumentów muzycznych. W przypadku prób indywidualnych zamodelowanego muzyka wraz z instrumentem ustawiano jeden metr od środka sali prób, pokrywając się z początkiem układu współrzędnych (Ilustracja 89). Dzięki temu jego lokalizacja nie zmienia się niezależnie od obecności nauczyciela, czy drugiego muzyka (próba w duecie lub przy akompaniamencie pianina). Jeśli zakładano obecność nauczyciela lub drugiego muzyka, modelowano jego sylwetkę w odległości jeden metr od środka sali prób, czyli dwa metry od muzyka pierwszego. W przypadku dodatkowego akompaniamentu pianina, sylwetkę pianisty modelowano na osi sali prób, w odległości 50 cm od ściany, pozostawiając miejsce na instrument (Ilustracja 89).

Zamodelowanych muzyków stanowiących mały zespół muzyczny (trio, kwartet, kwintet) ustawiano po łuku o średnicy 130 cm (odległość między muzykiem a nauczycielem). Na wprost zespołu muzycznego zamodelowano sylwetkę nauczyciela gry oddalonego od środka układu współrzędnych o 60 cm (Ilustracja 90). W zależności od liczebności zespołu muzycznego, odległości między poszczególnymi muzykami wynosiły 120 cm (trio), 100 cm (kwartet) lub 80 cm (kwintet). Ustawienie zespołów muzycznych zostało podyktowane wymiarami najmniejszego pomieszczenia o kubaturze 20 m<sup>3</sup>, poddanego symulacjom komputerowym.

Położenie muzyków i nauczyciela względem środka sali prób (początek układu współrzędnych) nie zmienia się niezależnie od wymiarów zamodelowanego pomieszczenia. Wyjątek stanowi sylwetka pianisty, którego odległość od ściany wynosi 50 cm, natomiast odległość od środka układu współrzędnych jest zmienna, w zależności od wymiarów sali prób.



Ilustracja 89. Ustawienie muzyków i nauczyciela w sali prób indywidualnych. [opracowanie: autorka]



Ilustracja 90. Ustawienie zespołu muzycznego i nauczyciela w sali prób małych zespołów muzycznych.  
[opracowanie: autorka]

## Załącznik 9

### **Wpływ kierunkowości instrumentu muzycznego oraz obecności nauczyciela gry na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu.**

Przed przystąpieniem do symulacji mających na celu zbadanie wpływu kubatury sal prób muzycznych na komfort akustyczny w ich wnętrzu, autorka uznała za konieczne sprawdzenie następujących kwestii:

- wpływ kierunkowości instrumentu muzycznego na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu;
- wpływ obecności nauczyciela na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu.

Symulacje i obliczenia akustyczne przeprowadzono przy założeniu wariantu W2 wykończenia wnętrz, jeśli źródłem dźwięku był instrument cichy, oraz przy założeniu wariantu W3 wykończenia wnętrz, jeśli źródłem dźwięku był instrument głośny.

Wpływ kierunkowości instrumentu muzycznego na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu sprawdzono dla wszystkich zamodelowanych sal prób indywidualnych o różnych kubaturach (od 15 m<sup>3</sup> do 100 m<sup>3</sup>), przy założeniu dwóch różnych rodzajów instrumentów muzycznych: skrzypiec i trąbki. Sprawdzono i porównano dwa ustawienia muzyków z instrumentami:

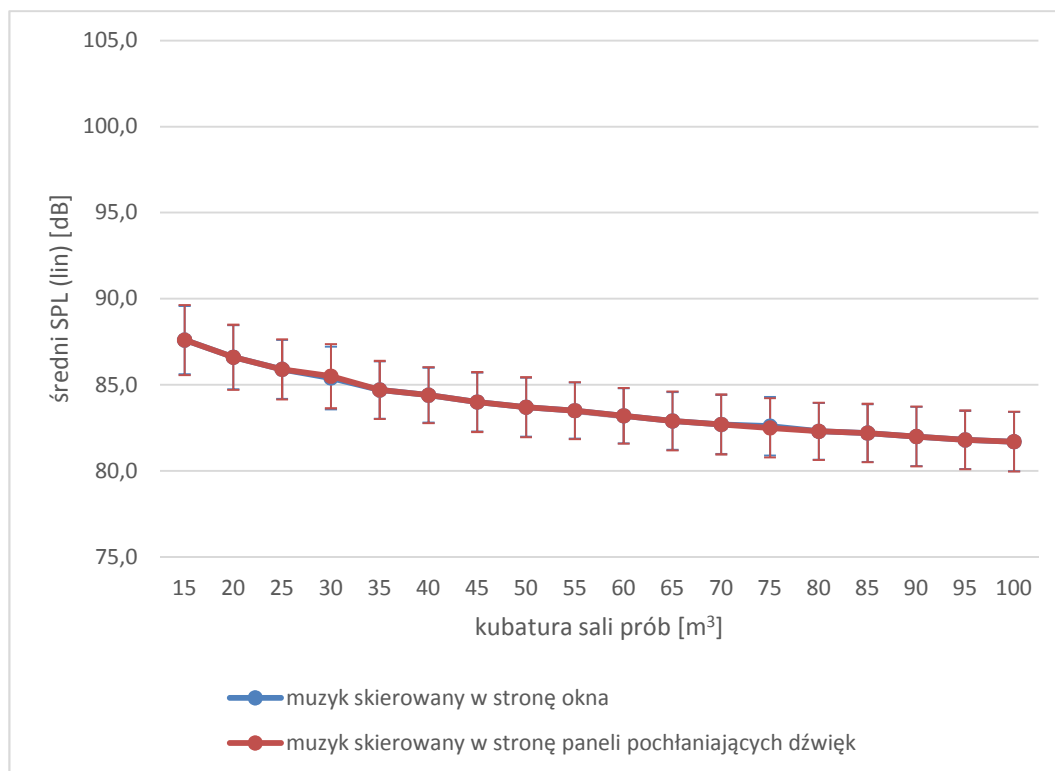
- muzyk skierowany w stronę ściany wykończonej tynkiem cementowo-wapiennym, z oknem stanowiącym 30% powierzchni ściany;
- muzyk skierowany w stronę ściany wykończonej pełnymi oraz perforowanymi płytami gipsowo-kartonowymi, które stanowią panele pochłaniające dźwięk (udział procentowy płyt perforowanych zgodny z wariantem W2 dla skrzypiec oraz z wariantem W3 dla trąbki).

Wyniki przedstawiono na Wykresach 58 – 59 oraz w Tabelach 127 - 128. Różnica wysokości średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, w zależności od ukierunkowania muzyka z instrumentem muzycznym w modelu sali prób wynosi od 0,0 dB do 0,1 dB w przypadku skrzypiec oraz od 0,2 dB do 0,3 dB dla trąbki. Są to różnice poniżej minimalnej odczuwalnej różnicy poziomu dźwięku.<sup>157</sup> Na tej podstawie można stwierdzić, że

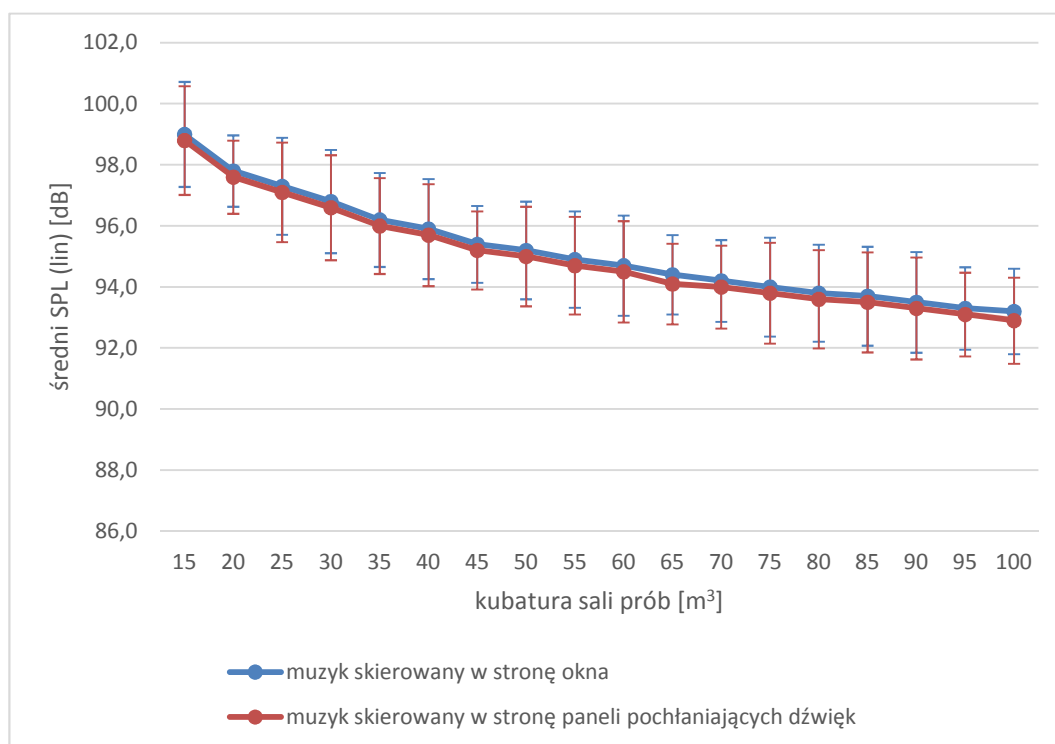
---

<sup>157</sup> Minimalna odczuwalna różnica (z ang. JND – *just noticeable difference*), inaczej “próg różnicy” – to minimalna różnica, którą jest w stanie wykryć człowiek w 50% przypadków. Minimalna odczuwalna różnica poziomu dźwięku SPL jest zależna od częstotliwości oraz wysokości poziomu dźwięku. Według Errede (2017) dla poziomu dźwięku równego 80 dB jest to ok. 0,45 dB (dla 200 Hz) oraz ok. 0,35 dB (dla 1000 Hz). Minimalna odczuwalna różnica maleje wraz ze wzrostem poziomu dźwięku, którego dotyczy. W przypadku omawianych wyników SPL(lin), które oscylują w przedziale 80 – 100 dB, minimalna odczuwalna różnica poziomu dźwięku mieści się w przedziale 0,45-0,3 dB. Minimalna odczuwalna różnica 0,3 dB odnosi się do poziomu dźwięku 100 dB i częstotliwości 1000 Hz. Różnica ta występuje w przypadku badania wpływu kierunkowości gry na trąbce gdy poziom dźwięku w pomieszczeniu SPL (lin) wynosi 93-94 dB. Dla tych wartości poziomu dźwięku minimalna odczuwalna różnica jest wyższa niż 0,3 dB.

ustawienie w modelu muzyka z instrumentem nie wpływa na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od wielkości sali prób i rodzaju instrumentu muzycznego.



Wykres 58. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od kierunku instrumentu muzycznego (na przykładzie skrzypiec).



Wykres 59. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od kierunku instrumentu muzycznego (na przykładzie trąbki).

Wpływ obecności nauczyciela na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu sprawdzono dla wszystkich zamodelowanych sal prób indywidualnych o różnych kubaturach (od 15 m<sup>3</sup> do 100 m<sup>3</sup>), przy założeniu dwóch różnych rodzajów instrumentów muzycznych: skrzypiec i trąbki. Sprawdzono i porównano dwie sytuacje:

- próba indywidualna odbywa się bez obecności nauczyciela gry;
- próba indywidualna odbywa się w obecności nauczyciela gry.<sup>158</sup>

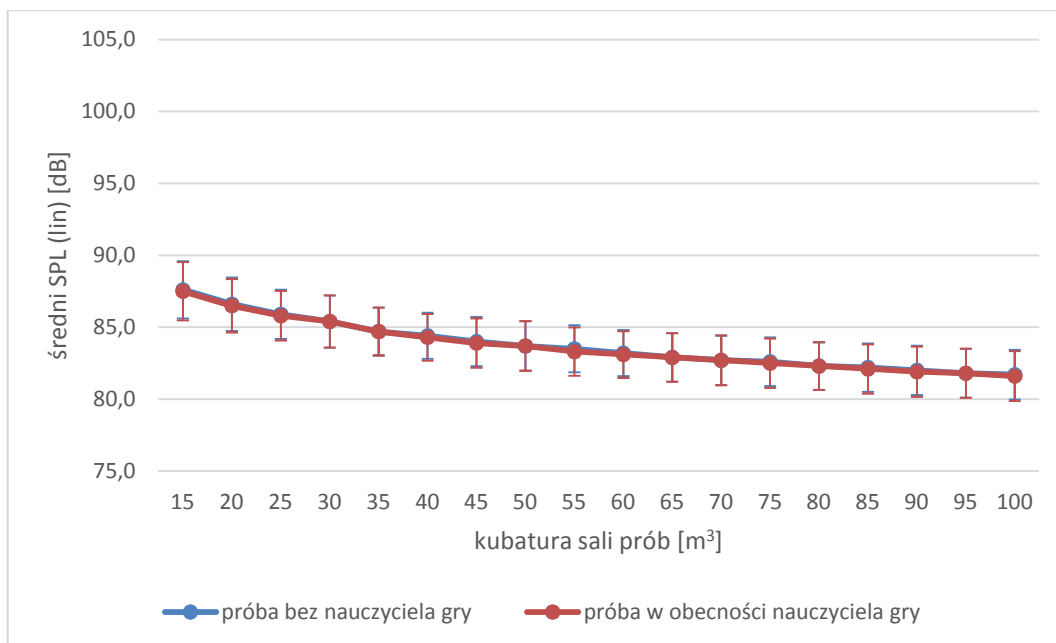
Wyniki przedstawiono na Wykresach 60 – 61 oraz w Tabelach 129 – 130. Różnica wysokości średniego poziomu dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, w zależności od obecności nauczyciela gry, wynosi od 0,0 dB do 0,2 dB w przypadku obu instrumentów muzycznych. Są to różnice poniżej minimalnej odczuwalnej różnicy poziomu dźwięku.<sup>159</sup> Na tej podstawie można stwierdzić, że obecność nauczyciela gry nie wpływa na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu, niezależnie od wielkości sali prób i rodzaju instrumentu muzycznego.

Przedstawione powyżej wyniki symulacji dowodzą, że kierunkowość instrumentu muzycznego oraz obecność nauczyciela gry w sali prób indywidualnych nie mają wpływu na średni poziom dźwięku SPL (lin) w pomieszczeniu. Dalsze symulacje w salach prób indywidualnych przeprowadzono przy założeniu ustawienia muzyka z instrumentem muzycznym w stronę ściany z oknem oraz przy założeniu braku obecności nauczyciela gry.

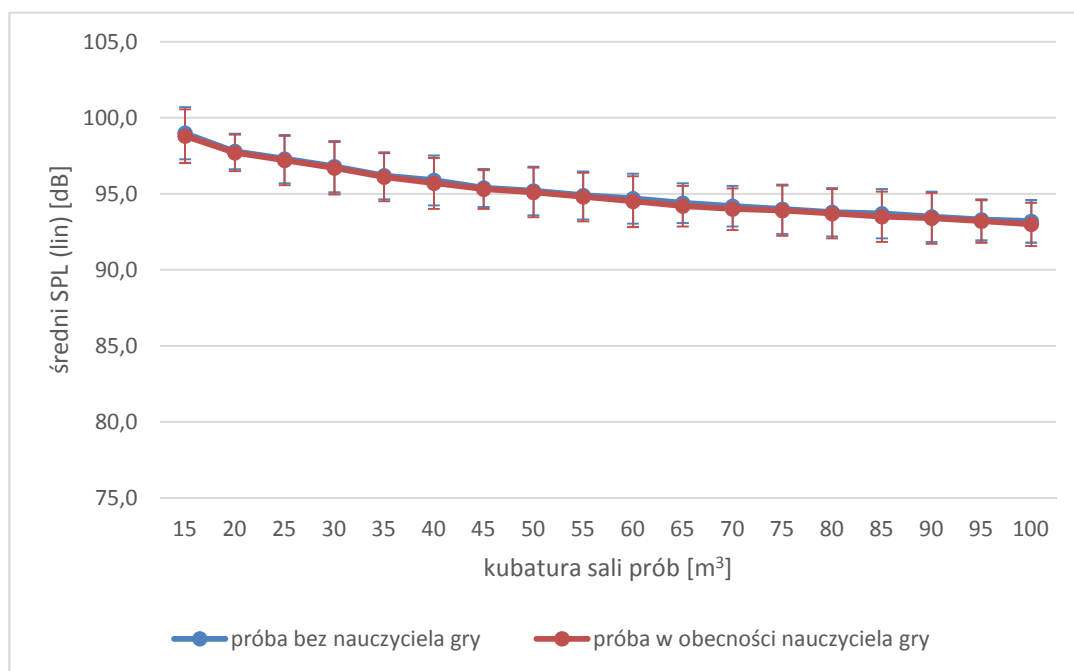
---

<sup>158</sup> Wzajemne ustawienie muzyka i nauczyciela w sali prób indywidualnych przedstawiono na Ilustracji 70.

<sup>159</sup> Patrz przypis 157.



Wykres 60. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od obecności nauczyciela gry (na przykładzie skrzypiec).



Wykres 61. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] w sali prób indywidualnych w zależności od obecności nauczyciela gry (na przykładzie trąbki).

nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	muzyk skierowany w stronę okna		muzyk skierowany w stronę paneli pochłaniających		różnica między ustawieniami [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	15	87,6	1,99	87,6	2,04	0,0
2	20	86,6	1,86	86,6	1,89	0,0
3	25	85,9	1,71	85,9	1,75	0,0
4	30	85,4	1,82	85,5	1,86	- 0,1
5	35	84,7	1,66	84,7	1,69	0,0
6	40	84,4	1,60	84,4	1,63	0,0
7	45	84,0	1,71	84,0	1,74	0,0
8	50	83,7	1,71	83,7	1,74	0,0
9	55	83,5	1,63	83,5	1,66	0,0
10	60	83,2	1,60	83,2	1,62	0,0
11	65	82,9	1,68	82,9	1,71	0,0
12	70	82,7	1,72	82,7	1,74	0,0
13	75	82,6	1,70	82,5	1,72	- 0,1
14	80	82,3	1,65	82,3	1,67	0,0
15	85	82,2	1,68	82,2	1,70	0,0
16	90	82,0	1,72	82,0	1,74	0,0
17	95	81,8	1,69	81,8	1,71	0,0
18	100	81,7	1,72	81,7	1,74	0,0

Tabela 127. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przy różnych ustawieniach muzyka (na przykładzie skrzypiec).



nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	muzyk skierowany w stronę okna		muzyk skierowany w stronę paneli pochłaniających		różnica między ustawieniami [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	15	99,0	1,72	98,8	1,78	-0,2
2	20	97,8	1,17	97,6	1,20	-0,2
3	25	97,3	1,59	97,1	1,63	-0,2
4	30	96,8	1,69	96,6	1,72	-0,2
5	35	96,2	1,54	96,0	1,57	-0,2
6	40	95,9	1,64	95,7	1,67	-0,2
7	45	95,4	1,26	95,2	1,28	-0,2
8	50	95,2	1,60	95,0	1,63	-0,2
9	55	94,9	1,58	94,7	1,60	-0,2
10	60	94,7	1,64	94,5	1,66	-0,2
11	65	94,4	1,30	94,1	1,32	-0,3
12	70	94,2	1,34	94,0	1,36	-0,2
13	75	94,0	1,62	93,8	1,65	-0,2
14	80	93,8	1,59	93,6	1,61	-0,2
15	85	93,7	1,62	93,5	1,64	-0,2
16	90	93,5	1,65	93,3	1,67	-0,2
17	95	93,3	1,35	93,1	1,37	-0,2
18	100	93,2	1,40	92,9	1,41	-0,3

Tabela 128. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe przy różnych ustawieniach muzyka (na przykładzie trąbki).

nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	próba bez nauczyciela		próba w obecności nauczyciela		różnica między ustawieniami [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	15	87,6	1,99	87,5	2,03	- 0,1
2	20	86,6	1,86	86,5	1,86	- 0,1
3	25	85,9	1,71	85,8	1,73	- 0,1
4	30	85,4	1,82	85,4	1,82	0,0
5	35	84,7	1,66	84,7	1,66	0,0
6	40	84,4	1,60	84,3	1,63	- 0,1
7	45	84,0	1,71	83,9	1,72	- 0,1
8	50	83,7	1,71	83,7	1,73	0,0
9	55	83,5	1,63	83,3	1,68	- 0,2
10	60	83,2	1,60	83,1	1,62	- 0,1
11	65	82,9	1,68	82,9	1,69	0,0
12	70	82,7	1,72	82,7	1,73	0,0
13	75	82,6	1,70	82,5	1,72	- 0,1
14	80	82,3	1,65	82,3	1,66	0,0
15	85	82,2	1,68	82,1	1,71	- 0,1
16	90	82,0	1,72	81,9	1,75	- 0,1
17	95	81,8	1,69	81,8	1,71	0,0
18	100	81,7	1,72	81,6	1,74	- 0,1

Tabela 129. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe podczas próby bez nauczyciela gry oraz w obecności nauczyciela gry (na przykładzie skrzypiec).

nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	próba bez nauczyciela		próba w obecności nauczyciela		różnica między ustawieniami [dB]
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	
1	15	99,0	1,72	98,8	1,76	- 0,2
2	20	97,8	1,17	97,7	1,20	- 0,1
3	25	97,3	1,59	97,2	1,62	- 0,1
4	30	96,8	1,69	96,7	1,72	- 0,1
5	35	96,2	1,54	96,1	1,58	- 0,1
6	40	95,9	1,64	95,7	1,68	- 0,2
7	45	95,4	1,26	95,3	1,28	- 0,1
8	50	95,2	1,60	95,1	1,63	- 0,1
9	55	94,9	1,58	94,8	1,60	- 0,1
10	60	94,7	1,64	94,5	1,67	- 0,2
11	65	94,4	1,30	94,2	1,33	- 0,2
12	70	94,2	1,34	94,0	1,37	- 0,2
13	75	94,0	1,62	93,9	1,65	- 0,1
14	80	93,8	1,59	93,7	1,62	- 0,1
15	85	93,7	1,62	93,5	1,65	- 0,2
16	90	93,5	1,65	93,4	1,67	- 0,1
17	95	93,3	1,35	93,2	1,40	- 0,1
18	100	93,2	1,40	93,0	1,42	- 0,2

Tabela 130. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe podczas próby bez nauczyciela gry oraz w obecności nauczyciela gry (na przykładzie trąbki).

## Załącznik 10

Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób indywidualnych przed i po adaptacji akustycznej.

KONTRABAS					
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W2)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	94,1	0,21	90,0	0,46
2	20	93,5	0,22	89,0	0,54
3	25	92,9	0,25	88,4	0,59
4	30	92,4	0,27	87,9	0,64
5	35	91,9	0,24	87,3	0,66
6	40	91,5	0,26	87,0	0,67
7	45	91,2	0,27	86,6	0,71
8	50	90,9	0,29	86,3	0,70
9	55	90,6	0,31	86,0	0,79
10	60	90,4	0,34	85,8	0,79
11	65	90,2	0,31	85,6	0,77
12	70	90,0	0,32	85,4	0,80
13	75	89,8	0,35	85,2	0,82
14	80	89,6	0,34	85,0	0,83
15	85	89,4	0,35	84,8	0,88
16	90	89,3	0,35	84,7	0,88
17	95	89,1	0,37	84,5	0,87
18	100	89,0	0,36	84,4	0,89

Tabela 131. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na kontrabasie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

GITARA					
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W2)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	88,2	0,19	84,0	0,38
2	20	87,5	0,23	83,1	0,55
3	25	87,0	0,26	82,6	0,63
4	30	86,4	0,27	82,0	0,68
5	35	85,9	0,25	81,4	0,70
6	40	85,5	0,30	81,0	0,77
7	45	85,2	0,28	80,7	0,78
8	50	84,9	0,30	80,4	0,77
9	55	84,7	0,32	80,2	0,84
10	60	84,4	0,36	79,9	0,86
11	65	84,2	0,33	79,6	0,84
12	70	84,0	0,32	79,5	0,87
13	75	83,7	0,36	79,2	0,90
14	80	83,6	0,37	79,1	0,95
15	85	83,4	0,39	78,9	0,99
16	90	83,2	0,38	78,7	0,99
17	95	83,1	0,39	78,6	0,95
18	100	83,0	0,40	78,5	0,99

Tabela 132. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na gitarze, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

FLET					
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	93,5	0,85	88,6	1,79
2	20	92,8	0,94	87,8	1,85
3	25	92,2	0,78	87,1	1,70
4	30	91,7	0,77	86,6	1,72
5	35	91,2	0,78	86,1	1,63
6	40	90,8	0,98	85,7	1,80
7	45	90,4	0,89	85,4	1,73
8	50	90,2	0,76	85,1	1,63
9	55	89,9	0,79	84,8	1,65
10	60	89,7	0,96	84,6	1,78
11	65	89,5	0,87	84,3	1,70
12	70	89,2	0,90	84,1	1,76
13	75	89,0	0,79	83,9	1,66
14	80	88,8	0,82	83,7	1,68
15	85	88,7	0,84	83,6	1,70
16	90	88,5	0,82	83,4	1,68
17	95	88,4	0,89	83,2	1,72
18	100	88,2	0,90	83,1	1,75

Tabela 133. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na flecie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

KLARNET					
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	95,2	0,21	90,4	0,49
2	20	94,6	0,19	89,5	0,59
3	25	94,1	0,24	88,9	0,68
4	30	93,5	0,22	88,4	0,72
5	35	93,0	0,23	87,9	0,74
6	40	92,6	0,26	87,6	0,78
7	45	92,2	0,26	87,2	0,83
8	50	92,0	0,28	86,9	0,83
9	55	91,7	0,29	86,7	0,87
10	60	91,5	0,31	86,4	0,88
11	65	91,3	0,32	86,2	0,91
12	70	91,0	0,31	86,0	0,93
13	75	90,9	0,33	85,8	0,94
14	80	90,7	0,34	85,6	0,95
15	85	90,5	0,34	85,4	1,00
16	90	90,3	0,35	85,3	1,01
17	95	90,3	0,38	85,2	1,02
18	100	90,1	0,36	85,0	1,04

Tabela 134. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na klarncie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

SAKSOFON					
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	100,3	0,40	95,6	0,99
2	20	99,6	0,43	94,7	1,10
3	25	99,1	0,41	94,1	1,08
4	30	98,6	0,43	93,5	1,15
5	35	98,0	0,42	93,0	1,11
6	40	97,7	0,47	92,7	1,16
7	45	97,3	0,48	92,3	1,19
8	50	97,1	0,47	92,0	1,17
9	55	96,8	0,47	91,7	1,21
10	60	96,6	0,52	91,5	1,22
11	65	96,3	0,51	91,3	1,22
12	70	96,1	0,53	91,1	1,26
13	75	95,9	0,53	90,9	1,26
14	80	95,8	0,53	90,7	1,28
15	85	95,5	0,54	90,5	1,30
16	90	95,4	0,54	90,3	1,30
17	95	95,3	0,56	90,2	1,30
18	100	95,1	0,58	90,0	1,33

Tabela 135. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na saksofonie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.



PUZON					
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	15	106,8	0,91	102,5	1,81
2	20	106,1	1,33	101,5	2,20
3	25	105,4	0,84	100,7	1,74
4	30	104,9	0,92	100,2	1,85
5	35	104,3	0,85	99,6	1,72
6	40	103,9	0,73	99,1	1,53
7	45	103,6	1,19	98,8	2,02
8	50	103,3	0,91	98,5	1,79
9	55	103,1	0,89	98,2	1,76
10	60	102,8	0,77	97,9	1,58
11	65	102,6	1,15	97,8	1,97
12	70	102,4	1,17	97,5	2,02
13	75	102,2	0,94	97,3	1,81
14	80	102,0	0,91	97,1	1,79
15	85	101,8	0,94	97,0	1,82
16	90	101,7	0,96	96,8	1,83
17	95	101,5	1,14	96,6	1,97
18	100	101,4	1,16	96,5	2,01

Tabela 136. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób indywidualnych podczas próby solowej na puzonie, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

## Załącznik 11

Średni poziom dźwięku SPL (lin) w salach prób małych zespołów muzycznych przed i po adaptacji akustycznej.

TRIO SMYCZKOWE					
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W2)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	20	94,2	0,62	90,8	1,07
2	30	93,4	0,70	89,8	1,30
3	40	92,5	0,63	88,7	1,23
4	50	92,0	0,72	88,1	1,37
5	60	91,5	0,67	87,5	1,31
6	70	91,1	0,67	87,1	1,32
7	80	90,8	0,67	86,7	1,35
8	90	90,5	0,78	86,4	1,50
9	100	90,2	0,71	86,1	1,39
10	110	90,0	0,71	85,8	1,41
11	120	89,8	0,73	85,5	1,46
12	130	89,6	0,82	85,3	1,57
13	140	89,3	0,75	85,1	1,47
14	150	89,1	0,76	84,9	1,49
15	160	89,0	0,84	84,7	1,60
16	170	88,8	0,77	84,5	1,52
17	180	88,7	0,79	84,4	1,57
18	190	88,5	0,79	84,2	1,54

Tabela 137. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób małych zespołów muzycznych podczas próby trio smyczkowego, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

KWINTET SMYCKOWY					
nr sali prób	kubatura [m <sup>3</sup> ]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W2)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	20	95,6	0,77	92,8	1,24
2	30	94,8	0,61	91,7	1,13
3	40	94,0	0,75	90,6	1,32
4	50	93,5	0,67	90,0	1,30
5	60	93,2	0,77	89,5	1,38
6	70	92,8	0,81	89,1	1,50
7	80	92,5	0,76	88,7	1,45
8	90	92,2	0,74	88,4	1,46
9	100	91,9	0,84	88,0	1,58
10	110	91,7	0,79	87,8	1,51
11	120	91,5	0,83	87,5	1,57
12	130	91,3	0,80	87,3	1,56
13	140	91,1	0,88	87,1	1,64
14	150	90,9	0,89	86,9	1,66
15	160	90,7	0,82	86,7	1,59
16	170	90,6	0,87	86,5	1,64
17	180	90,4	0,88	86,4	1,68
18	190	90,3	0,88	86,2	1,62

Tabela 138. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób małych zespołów muzycznych podczas próby kwintetu smyczkowego, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

KWINTET DĘTY BLASZANY					
nr sali prób	kubatura [m3]	PRZED ADAPTACJĄ (W1)		PO ADAPTACJI (W3)	
		średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe	średnie SPL (lin) [dB]	odchylenie standardowe
1	20	109,6	0,52	106,2	1,15
2	30	108,9	0,60	105,1	1,32
3	40	108,1	0,56	104,2	1,24
4	50	107,6	0,64	103,5	1,39
5	60	107,2	0,60	103,0	1,33
6	70	106,8	0,66	102,6	1,44
7	80	106,5	0,62	102,2	1,39
8	90	106,2	0,71	101,9	1,52
9	100	106,0	0,70	101,6	1,51
10	110	105,8	0,66	101,3	1,45
11	120	105,5	0,68	101,1	1,51
12	130	105,3	0,76	100,9	1,60
13	140	105,1	0,74	100,6	1,57
14	150	105,0	0,75	100,4	1,60
15	160	104,8	0,79	100,3	1,63
16	170	104,6	0,73	100,1	1,58
17	180	104,5	0,75	99,9	1,61
18	190	104,4	0,75	99,7	1,58

Tabela 139. Średni poziom dźwięku SPL (lin) [dB] oraz odchylenie standardowe w sali prób małych zespołów muzycznych podczas próby kwintetu dętego blaszanego, przed i po adaptacji akustycznej wnętrza.

