

Projekt akustyczny – zalecenia w zakresie akustyki wewnątrz

ZAMAWIAJĄCY:	Centrum Kultury i Czytelnictwa w Serocku Ul. Pułtуска 35, 05-140 Serock
OBIEKT:	Pomieszczenie prób muzycznych w CKiCz w Serocku Dotyczy wnętrza pomieszczenia prób muzycznych znajdującego się na I piętrze w budynku CKiCz
BRANŻA:	AKUSTYKA
PRZEDMIOT ZAMÓWIENIA:	Opracowanie akustyczne dla pomieszczenia prób muzycznych
JEDNOSTKA PROJEKTOWA:	PROTONE Adaptacje akustyczne Robert Kramarz Ul. Kasztanowa 20, 32-566 Alwernia
SPORZĄDZIŁ:	mgr inż. Robert Kramarz
DATA OPRACOWANIA:	grudzień 2019

Spis treści

1. Cel i zakres opracowania	3
2. Podstawa opracowania akustycznego.....	3
2.1. Formalna.....	3
2.2. Merytoryczna	3
3. Wymagania i założenia w zakresie akustyki	4
3.1. Wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród.....	4
3.2. Wymagania w zakresie dopuszczalnych poziomów dźwięku.....	5
3.3. Parametry akustyczne wewnątrz	7
3.4. Pomiary akustyczne	7
3.4.1. Czas pogłosu RT60(T20) [s].....	8
3.4.2. Wskaźnik zrozumiałości mowy STI	8
3.4.3. Analiza częstotliwościowa FFT.....	8
3.4.4. Tło akustyczne, różnica poziomów dźwięku D [dB].....	10
4. Izolacyjność akustyczna przegród i elementów budowlanych.....	10
4.1. Propozycja wykonania izolatora dźwięku.....	11
4.1.1. Ściany wewnętrzne pomieszczenia prób.....	13
4.1.2. Strop między kondygnacyjny.....	15
4.1.3. Stolarka drzwiowa i okienna.....	15
5. Akustyka wewnątrz	15
5.1. Adaptacja akustyczna – pomieszczenie prób muzycznych.....	16
5.1.1. Obliczenia matematyczne	17
5.1.2. Propozycja adaptacji akustycznej.....	18
5.1.3. Projektowany czas pogłosu	19
5.2. Montaż materiałów na okładziny akustyczne	19
5.2.1. Płyty perforowane NIDA Sonic	19
5.2.2. Panele akustyczne Ecophon Wall Panel	21
5.2.3. Dyfuzor Schroedera 1D.....	22
6. Zalecenia i wytyczne branżowe do pomieszczenia prób muzycznych	22
6.1. Zalecenia i wytyczne dodatkowe.....	24
7. Podsumowanie i wnioski	25
8. Wizualizacja 3D wnętrza.....	26

1. Cel i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie ma na celu sformułowanie wytycznych akustycznych w zakresie akustyki wewnątrz dla pomieszczenia prób muzycznych w budynku Centrum Kultury i Czytelnictwa w Serocku.

Propozycja adaptacji akustycznej pomieszczenia prób zaprojektowana została na podstawie pomiarów akustycznych wykonanych we wnętrzu, obliczeń statystycznych i ustaleń z Zamawiającym.

Zakres opracowania obejmuje wytyczne branżowe, dobór materiałów wykończeniowych, ustrojów akustycznych i rozwiązań mających na celu wygłuszenie pomieszczenia w możliwie jak największym stopniu względem istniejących warunków. Adaptacja akustyczna wnętrza ma zapewnić dobre warunki do ćwiczeń na instrumentach muzycznych.

Projekt adaptacji akustycznej ma być dostosowany do budżetu Zamawiającego nie zmieniając elementów konstrukcyjnych budynku, których zmiana generowałaby duże koszty. Zakłada się poprawę izolacyjności akustycznej względem występujących ograniczeń technicznych pomieszczenia. W wytycznych dodatkowych uwzględniono prace, które powinny być zrealizowane w celu osiągnięcia wyższego parametru izolacyjności akustycznej.

2. Podstawa opracowania akustycznego

2.1. Formalna

Zlecenie pracy przez Centrum Kultury i Czytelnictwa w Serocku Ul. Pułtuska 35, 05-140 Serock

2.2. Merytoryczna

1. Rzuty i przekroje z projektu architektonicznego dostarczone przez Zamawiającego.
2. Pomiary akustyczne w trakcie wizji lokalnej.
3. Ustalenia z Zamawiającym.
4. Polska Norma PN-87/B-02151/02 – Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
5. Polska Norma PN-B-02151.03:1999 – Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach.
6. Polska Norma PN-EN-ISO 11654 Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźnik pochłaniania dźwięku.
7. Akustyka Architektoniczna – Jerzy Sadowski.
8. Podręcznik akustyki – F. Alton Everest.
9. Dane katalogowe producentów materiałów i paneli akustycznych.

10. Zalecenia i literatura fachowa dotyczące akustyki wnętrz.

3. Wymagania i założenia w zakresie akustyki

Narażenie wnętrza pomieszczenia prób na hałas zewnętrzny, wyznaczanie izolacyjności akustycznej przegród budowlanych nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

W zakresie izolacyjności akustycznej wybranych przegród budowlanych od dźwięków powietrznych oszacowano parametr w warunkach terenowych i sporządzono wytyczne w celu zwiększenia izolacyjności akustycznej wybranych przegród przy pomocy rozwiązań systemowych.

W zakresie dopuszczalnych poziomów dźwięku przenikających do pomieszczeń podano informacyjnie wymagania normatywne w zależności od funkcji pomieszczeń.

W celu poprawy warunków akustycznych wewnątrz pomieszczenia do ćwiczeń na instrumentach muzycznych zaprojektowano adaptację akustyczną.

3.1. Wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród

Zaleca się, aby Izolacyjność akustyczna przegród budowlanych w pomieszczeniu prób muzycznych wynosiła $R_{A1R} \geq 55\text{dB}$, ale w zależności od ilości i rodzaju instrumentów muzycznych (np. perkusja) w trakcie próby, wartość zalecana może być większa.

Należy zwrócić uwagę, iż sufit na I piętrze budynku jest wspólny dla wszystkich pomieszczeń wraz z pomieszczeniem prób i ciągiem komunikacyjnym. Ponadto strop właściwy między parterem a I piętrzem jest stropem Teriva, który charakteryzuje niezbyt wysoka izolacyjność akustyczna.

Wyizolowanie pomieszczenia prób w istniejących warunkach technicznych budynku może wiązać się z większymi przeróbkami i częściową przebudową konstrukcji budynku, dlatego zaproponowane rozwiązanie będzie kompromisem uwzględniającym budżet i występujące ograniczenia. Osiągnięcie założonej wartości minimalnej może nie być możliwe bez ingerencji w konstrukcję budynku.

W celu zwiększenia izolacyjności akustycznej należy zastosować izolator akustyczny ścienny i sufitowy na wybrane przegrody budowlane. Należy zadbać o dylatacje obwodową podłogi pomieszczenia (wylewki) względem ścian.

Niniejsze opracowanie akustyczne nie stanowi projektu architektonicznego ani budowlanego dlatego w celu realizacji zaproponowanej adaptacji akustycznej należy uwzględnić i skonsultować możliwości konstrukcyjne budynku m.in. o dopuszczalną obciążalność stropu, przegród budowlanych.

3.2. Wymagania w zakresie dopuszczalnych poziomów dźwięku

Dla pomieszczenia prób założono dopuszczalny poziom dźwięku A pochodzący od wszystkich źródeł hałasu w budynku i poza nim LA(dop) = 40dB nie przekraczający krzywej NR35.

Tab. 1. Dopuszczalny poziom dźwięku A w pomieszczeniach wg PN-87/B-02151/02

Lp.	Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie LAeq, dB		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
				średni poziom dźwięku A, (LAm) (przy hałasie ustalonym1) lub równoważny poziom dźwięku A, (LAeq) (przy hałasie nieustalonym2), dB		maksymalny poziom dźwięku A, (LAm _{ax}), przy hałasie nieustalonym2, dB	
		w dzień	w nocy	w dzień	w nocy	w dzień	w nocy
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pomieszczenia mieszkalne w budynkach mieszkalnych, internatach, domach rencistów, domach dziecka, hotelach kategorii S i 1, hotelach robotniczych	40	30	35	25	40	30
2	Kuchnie i pomieszczenia sanitarne w mieszkaniach	45	40	40	40	45	45
3	Pokoje w hotelach kategorii II i niższych	45	35	40	30	45	35
4	Pokoje w domach wczasowych	40..45 3)	30..35 3)	35..40	25..30	40..45 3)	30..35 3)
5	Pokoje chorych w szpitalach i sanatoriach za wyjątkiem pokoi w oddziałach intensywnej opieki medycznej	35	30	30	25	35	30
6	Pomieszczenia łóżkowe w oddziałach intensywnej opieki medycznej	30	30	25	25	30	30
7	Sale operacyjne, pokoje przygotowania chorych do	35	-	30	-	35	-

	operacji						
8	Gabinety badań lekarskich w przychodniach i szpitalach, pomieszczenia psychoterapii	35	-	30	-	35	-
9	Pokoje lekarskie, pielęgniarskie oraz inne pomieszczenia szpitalne (za wyjątkiem działów technicznych i gospodarczych)	40	30	35	25	40	35
10	Laboratoria medyczne, pokoje recepturowe w aptekach	40	-	35	-	40	-
11	Pokoje dla dzieci w żłobkach, klasy w przedszkolach	35	-	30	-	35	-
12	Klasy i pracownie szkolne (za wyjątkiem pracowni zajęć technicznych), sale wykładowe, audytoria	40	-	35	-	40	-
13	Sal konferencyjne	40	-	35	-	40	-
14	Pomieszczenia do pracy umysłowej wymagającej silnej koncentracji i uwagi	35	-	30	-	35	-
15	Pomieszczenia administracyjne bez wewnętrznych źródeł hałasu	40	-	35	-	40	-
16	Pomieszczenia administracyjne z wewnętrznymi źródłami hałasu, pomieszczenia administracyjne w obiektach tymczasowych	45	-	40	-	45	-
17	Sale zajęć w domach kultury	35..45 4)	-	30..40	-	40..50 4)	-
18	Sale kawiarniane i restauracyjne	50	-	45	-	- 5)	-
19	Sale sklepowe	50	-	45	-	- 5)	-
<p>1) Np. pochodzącymi od centralnego ogrzewania, wentylacji, stacji transformatorowych. 2) Np. pochodzący od urządzeń dźwigowych, z sypów śmieciowych. 3) Należy przyjmować indywidualnie w podanych granicach w zależności od kategorii obiektu. 4) Należy przyjmować indywidualnie w podanych granicach w zależności od rodzaju zajęć.</p>							

5) Nie normalizuje się wartości maksymalnych.

Powyższa tabela przedstawia dopuszczalne, maksymalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach technicznych, które nie mogą być przekroczone z uwagi na pełnione funkcje zgodnie z obowiązującą normą.

3.3. Parametry akustyczne wnętrz

Złożona geometria (skosy na suficie, zmienna wysokość wnętrza) mogą sprzyjać równomiernemu rozkładowi częstotliwości drgań własnych. Występujące jednak wnęki okienne i ograniczona wymiarami kubatura m.in. przez skosy powodują, iż w zakresie średnio-niskich częstotliwości mogą pojawiać się wzmocnienia dźwięku (m. in. we wnękach lukarn okiennych).

Z uwagi na przeznaczenie wnętrza należy zastosować okładzinę akustyczną dźwiękochłonno-rozpraszającą kształtującą warunki pogłosowe wnętrza.

Założenia:

1. Kubatura pomieszczenia – ok. 94,5 m³
2. Ilość osób – 2-4os
3. Czas pogłosu kompromisowy dla założonych funkcji **T=0,4s ±20%** z płaską charakterystyką
4. Charakterystyka częstotliwości w zakresie 125-4000 Hz powinna być wyrównana, z tolerancją ±25% od charakterystyki prostoliniowej
5. Wskaźnik zrozumiałości mowy STI powinien kształtować się na poziomie $\geq 0,75$ (co odpowiada bardzo dobrej zrozumiałości) równomiernie rozłożony w pomieszczeniu.

3.4. Pomiary akustyczne

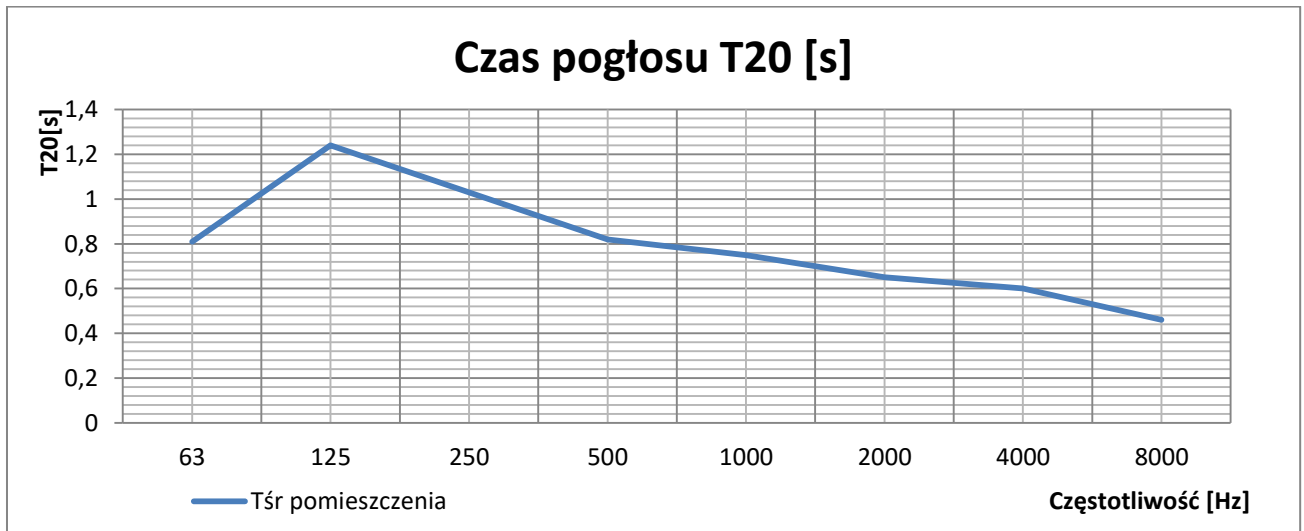
W pomieszczeniu wykonano szereg pomiarów akustycznych:

- czas pogłosu RT60 (T20)[s],
- wskaźnik zrozumiałości mowy STI,
- analiza częstotliwościowa FFT,
- wyznaczono tła akustyczne i oszacowano izolacyjność akustyczną wybranych przegród budowlanych na podstawie różnicy poziomów dźwięku.

3.4.1. Czas pogłosu RT60(T20) [s]

Tab.2. Uśrednione wartości czasu pogłosu w pomieszczeniu z kilku punktów pomiarowych

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T20 [s]	0,81	1,24	1,03	0,82	0,75	0,65	0,6	0,46



Rys.1. Wykres średniej wartości czasu pogłosu pomieszczenia T20 [s]

Średnia wartość czasu pogłosu w pomieszczeniu przed adaptacją akustyczną wynosi 0,78 [s].

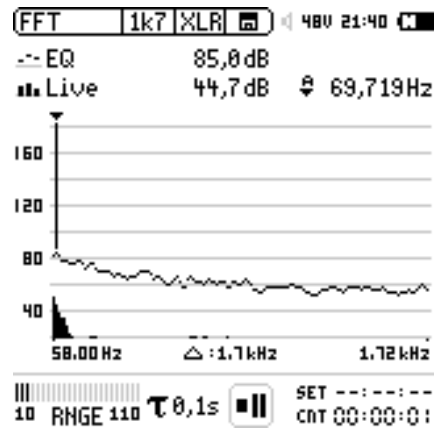
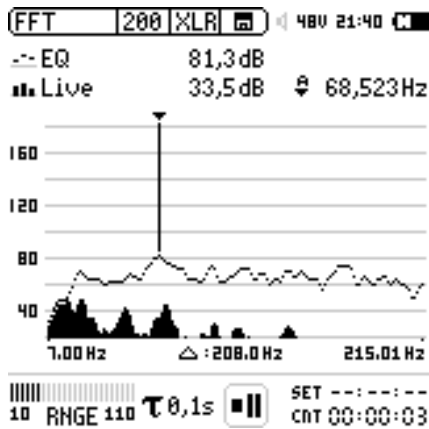
3.4.2. Wskaźnik zrozumiałości mowy STI

W pomieszczeniu wykonano pomiary wskaźnika zrozumiałości mowy STI. Zmierzona wartość wskaźnika STI wynosi 0,64 co daje dobrą zrozumiałość mowy.

3.4.3. Analiza częstotliwościowa FFT

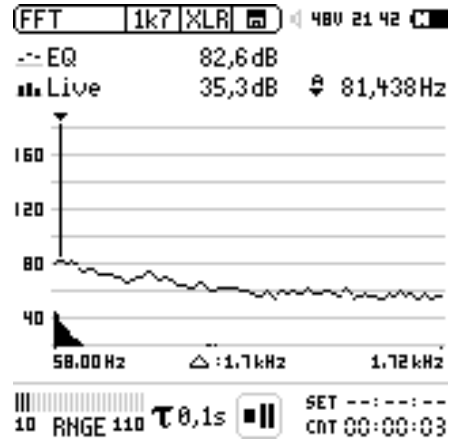
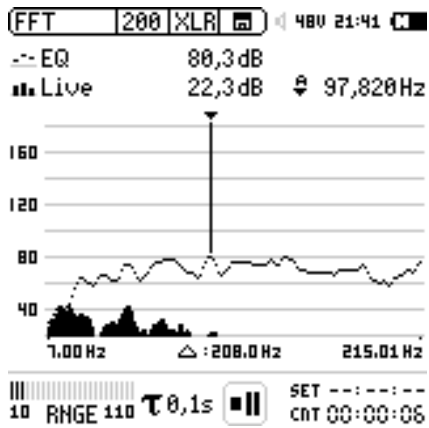
W przypadku pomiarów analizy FFT wykonano pomiary w pobliżu ścian gdzie przewidziane są panele i ustroje akustyczne. W zakresie analizy częstotliwościowej FFT przedstawiono screeny (poglądowo) z miernika i analizatora dźwięku w zakresie 7-215Hz oraz 58-1720Hz dla każdego punktu pomiarowego. Pomiary FFT wykonano przy trzech ścianach pomieszczeniach.

a) Ściana 3 z kaloryferem:



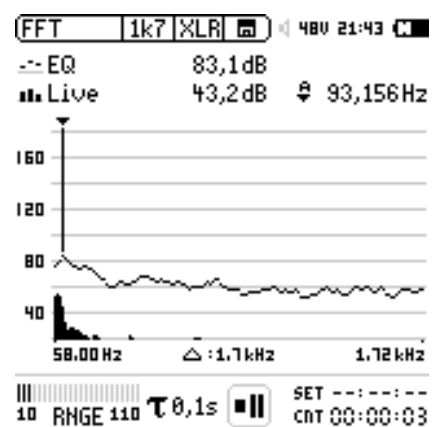
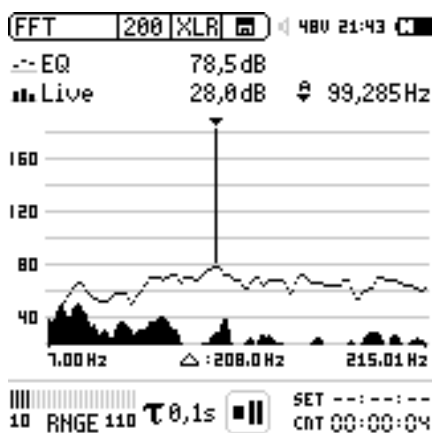
Rys.2. Analiza FFT przy ścianie 1

b) Ściana 1 z lustrem:



Rys.3. Analiza FFT przy ścianie 2

c) Ściana 2 z kaloryferem do usunięcia:



Rys.4. Analiza FFT przy ścianie 3

3.4.4. Tło akustyczne, różnica poziomów dźwięku D [dB]

Wykonano pomiary tła akustycznego w poszczególnych pomieszczeniach jak również zarejestrowano odpowiednio poziomy dźwięku LAeq [dB] i ich różnice pomiędzy wybranymi przegrodami budowlanymi. Zarejestrowane poziomy dźwięku pochodziły od wymuszenia hałasu drogą powietrzną.

Jako sygnał akustyczny do wymuszenia wykorzystano szum różowy, którego poziom LAeq wynosił 86,3 [dB] przy drzwiach wewnątrz pomieszczenia prób.

Tab.3. Wyniki zmierzonych poziomów dźwięku LAeq [dB] wraz z różnicą poziomów D [dB] wybranych przegród i elementów budowlanych.

L.P.	Pomiar poziomu dźwięku LAeq [dB]	LAeq [dB]	Różnica poziomów dźwięku D [dB]
1	Salka prób - wewnątrz przy drzwiach (I piętro)	86,3	
2	Ciąg komunikacyjny - przy drzwiach (I piętro)	63,9	Drzwi - 22,4
3	Ciąg komunikacyjny - przy ścianie (I piętro)	60	Ściana 1 - 26,3
4	Pomieszczenie socjalne (I piętro)	60	Ściana 2 - 26,3
5	Salka plastyczna (parter)	44,5	Strop 0/1 - 41,8
6	Strych	48	Strop 1/strych - 38,3
	Tło akustyczne		
1	Salka prób muzycznych (I piętro)	33,5	
2	Ciąg komunikacyjny (I piętro)	44,1	
3	Pomieszczenie socjalne (I piętro)	36,3	
4	Salka plastyczna (parter)	35	
5	Strych	30,5	

4. Izolacyjność akustyczna przegród i elementów budowlanych

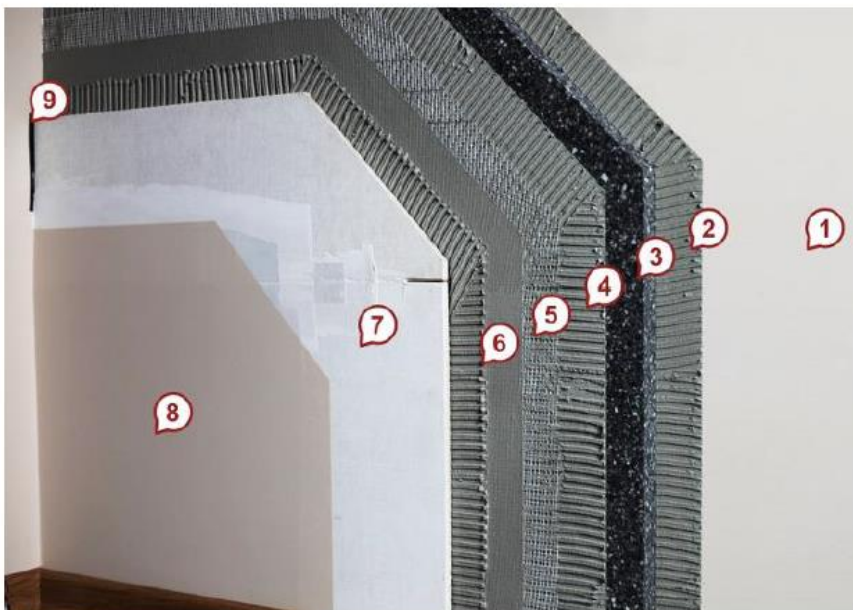
W opracowaniu podano ogólne wymagania i zasady stosowanych rozwiązań redukujących hałas, ograniczających przedostawanie się dźwięków drogą materiałową i powietrzną.

Zaproponowane rozwiązania mają na celu zwiększenie izolacyjności akustycznej pomieszczenia prób w miarę możliwości w istniejących warunkach technicznych.

4.1. Propozycja wykonania izolatora dźwięku

Jako izolator dźwięku na wybrane powierzchnie ścian, skosów i sufitu przyjęto materiał wibroizolacyjny matę AKU-PR 140 firmy APAMA. W zależności od wybranej powierzchni, grubość warstwy izolacyjnej AKU-PR 140 będzie zmienna (od 30 do 100mm). Przykładowy sposób montażu materiału wibroizolującego przedstawia rysunek poniżej – wg instrukcji producenta.

1. Ściana bazowa
2. Warstwa kleju MAPEI P9 (lub innej zaprawie klejącej o podobnych właściwościach)
3. Warstwa Izolacji AKU-PR 140
4. Warstwa kleju MAPEI P9
5. Siatka podtynkowa
6. Warstwa kleju MAPEI P9
7. Płyta GK lub MgO
8. Farba
9. Widoczny odcinek taśmy LSPE – taśma powinna znajdować się na styku wszystkich krawędzi płyty GK z prostopadłymi do niej powierzchniami: ścianami, sufitem i posadzką. Po montażu płyt GK, naddatek taśmy wystający zza płyty należy obciąć.

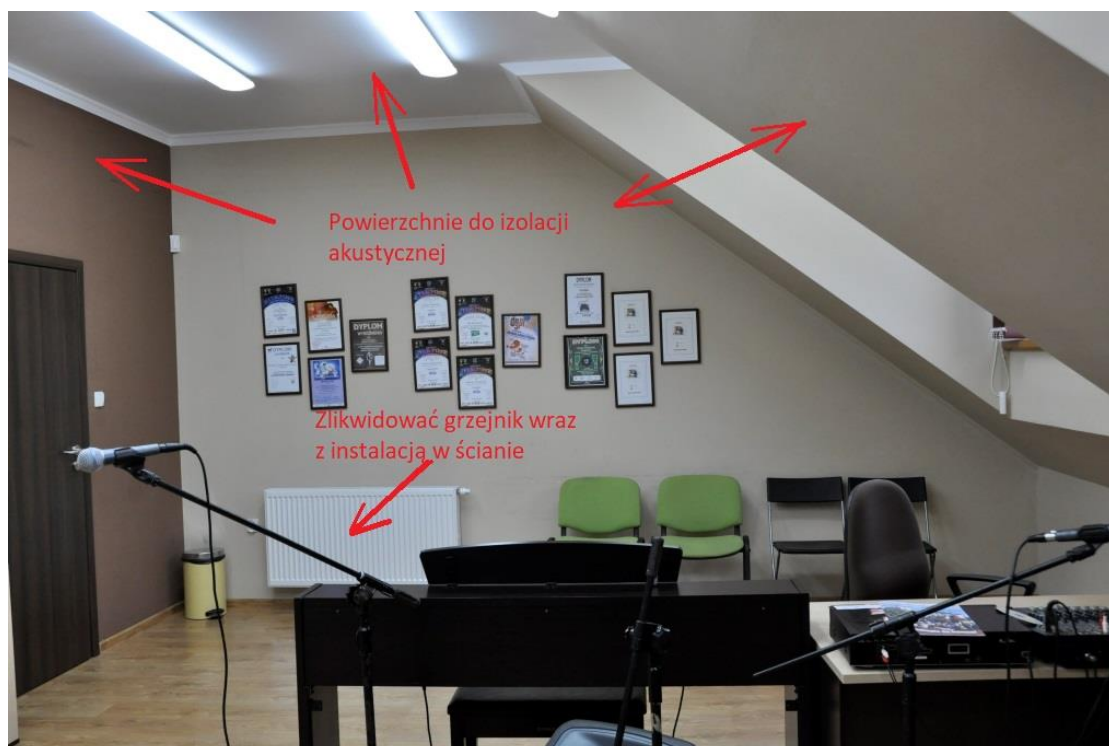


Rys.5. Przykładowy montaż AKU-PR 140 na ścianie przy pomocy kleju MAPEI P9

W celu wykonania izolacji akustycznej na wybranych powierzchniach ścian należy w pierwszej kolejności usunąć grzejnik z jednej ze ścian (wraz z instalacją doprowadzającą czynnik). Drugi grzejnik należy przesunąć w stronę ściany z oknami o ok. 35cm.



Rys.6. Ściana 3 z grzejnikiem do przesunięcia



Rys.7. Ściana 2 z grzejnikiem do usunięcia

4.1.1. Ściany wewnętrzne pomieszczenia prób

Warstwy ścian pomiędzy ciągiem komunikacyjnym i pomieszczeniem prób (Ściana 1):

1. Dylatacja obwiedniowa wylewki ok. 20 mm np. z wełny sprasowanej ISOVER TDPT.
2. Ściana gr. 25cm z cegły kratówki na zaprawie cementowo-wapiennej obustronnie tynkowana.
3. Dylatacja obwiedniowa wylewki ok. 20 mm np. z wełny sprasowanej ISOVER TDPT.
4. Izolacja akustyczna AKU-PR 140 gr. 80mm zamontowana do ściany zgodnie z instrukcją producenta APAMA.
5. Podkonstrukcja drewnopodobna na listwach 22x50mm, wypełnienie przestrzeni powstałej konstrukcji wełną mineralną gr. 20mm i gęstości ok. 80kg/m³
6. Płyta G-K 12,5 mm
7. Płyta OSB 18 mm (lub inna drewnopodobna spełniająca warunki p.poż.)
8. Adaptacja akustyczna – okładzina z płyt akustycznych perforowanych Nida Sonic R15 n8 na podkonstrukcji o głębokości 45mm wypełnionej wełną mineralną gr. 20mm.
Płyty perforowane NIDA Sonic w połączeniu z panelami Ecophon Wall Panel o wys. 2,7m.
Moduły instalowane na wysokość pomieszczenia na przemian: pas szerokości 120cm z płyty NIDA Sonic z pasem szerokości 60cm z Wall Panel Ecophon.

Należy zadbać aby okładzina akustyczna ścienna nie dotykała podłogi.

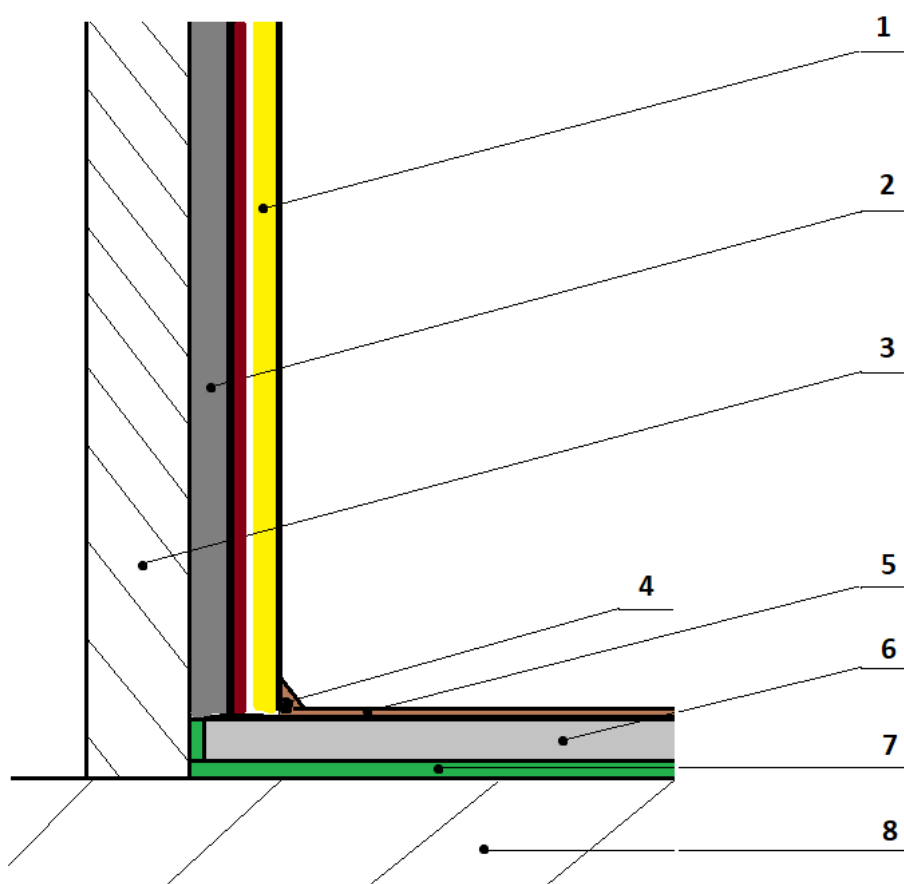
Warstwy ścian pomiędzy pomieszczeniem prób i pomieszczeniem socjalnym (Ściana 2):

1. Płyta G-K 12,5mm
2. Płyta OSB 18 mm (lub inna drewnopodobna spełniająca warunki p.poż.)
3. Płyta G-K 12,5 mm
4. Podkonstrukcja drewnopodobna na listwach 22x50mm, wypełnienie przestrzeni powstałej konstrukcji wełną mineralną gr. 20mm i gęstości ok. 80kg/m³
5. Izolacja akustyczna AKU PR-140 gr. 100mm zamontowana do ściany zgodnie z instrukcją producenta APAMA.
6. Dylatacja obwiedniowa wylewki ok. 20 mm np. z wełny sprasowanej ISOVER TDPT.
7. Ściana działowa gr, 12cm z pustaka gazobetonowego na zaprawie cementowo-wapiennej obustronnie tynkowana.
8. Dylatacja obwiedniowa wylewki ok. 20 mm np. z wełny sprasowanej ISOVER TDPT.

Należy zadbać aby okładzina akustyczna ścienna nie dotykała podłogi. Od strony pomieszczenia zainstalowana przesuwna kotara dźwiękochłonna.

Schemat wykonania izolacji akustycznej wraz z okładziną akustyczną ścienną w pomieszczeniu prób:

- 1 – warstwy okładziny akustycznej ściennej (NIDA Sonic lub panele Ecophon Akusto Wall)
- 2 – warstwa izolacji akustycznej AKU-PR 140 wraz z dodatkową warstwą (wełna mineralna twarda + płyta g-k + OSB18)
- 3 – Ściana strukturalna
- 4 – Listwa przypodłogowa z dodatkowym uszczelnieniem
- 5 – Podłoga pływająca z matą wibroizolacyjną
- 6 – Warstwa wylewki
- 7 – Warstwa wełny mineralnej twardej sprasowanej np. ISOVER TDPT dedykowanej pod wylewkę
- 8 – Strop strukturalny



Rys.8. Schemat przedstawiający wykonanie dodatkowej izolacji akustycznej wraz z warstwą okładziny akustycznej ściennej (poglądowo).

4.1.2. Strop między kondygnacyjny

Warstwy stropu między kondygnacyjnego wewnętrznego pod pomieszczeniem prób:

1. Podłoga pływająca z paneli podłogowych na podkładzie wibroizolacyjnym (jako warstwa wykończeniowa zalecana jest wykładzina dywanowa na panelach).
Pod wylewkę zaleca się stosowanie sprasowanej wełny mineralnej gr. 20mm np. ISOVER TDPT dedykowanej do wygłuszania stropów.
2. Strop konstrukcyjny zgodnie z projektem architektonicznym (gęsto-żebrowy strop Teriva II).
3. Izolacja akustyczna w postaci maty wibroizolacyjnej kołkowanej od spodu stropu. Mata wibroizolacyjna powinna być wywinęta częściowo na ściany.
4. Sufit podwieszany dźwiękochłonny na podkonstrukcji systemowej. Wypełnienie przestrzeni w suficie podwieszonym dodatkową warstwą wełny mineralnej o gęstości ok. 30kg/m^3 i gr. 100mm.

4.1.3. Stolarka drzwiowa i okienna

Do pomieszczenia prób zaleca się zastosować drzwi wewnętrzne o podwyższonej izolacyjności akustycznej wyposażone w próg z systemem opadającej uszczelki. Zalecane drzwi w klasie akustycznej minimum $R_w=42\text{dB}$. Drzwi osadzić zgodnie z zaleceniami producenta zapewniając właściwy parametr izolacyjności akustycznej stolarki drzwiowej.

Wymiana stolarki okiennej nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania.

5. Akustyka wewnątrz

Z uwagi na wykorzystanie pomieszczenia z przeznaczeniem do prób muzycznych należy zadbać o właściwe warunki akustyczne panujące wewnątrz. Głównym parametrem opisującym warunki akustyczne wnętrza jest czas pogłosu. Dla rozpatrywanego pomieszczenia prób zalecana wartość czasu pogłosu powinna wynosić ok. 0,3 - 0,5s. Średnią wartość projektowaną czasu pogłosu przyjmuje się na poziomie 0,4s.

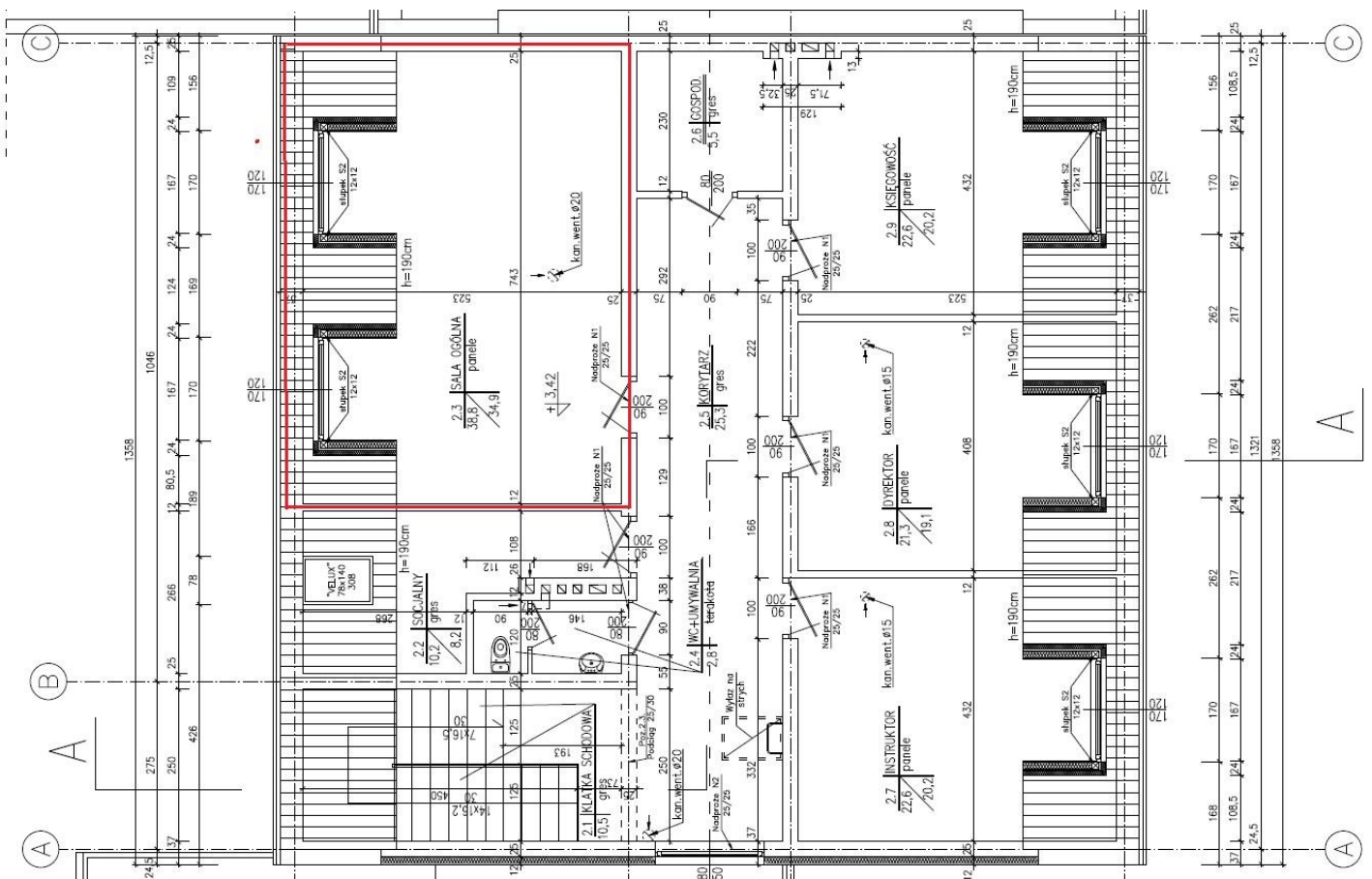
5.1. Adaptacja akustyczna – pomieszczenie prób muzycznych

Projektowana adaptacja akustyczna zmniejszy kubaturę wnętrza o ok. 8m^3 .

Wnętrze pomieszczenia prób ma służyć do przeprowadzania prób muzycznych instrumentów takich jak: pianino, gitara, skrzypce, wokal, jak również w przyszłości w planach jest prowadzenie zajęć z ćwiczeń gry na perkusji.

We wnętrzu należy zapewnić odpowiednie warunki dla prowadzenia prób na instrumentach muzycznych oraz dla propagacji mowy poprzez właściwą adaptację akustyczną wnętrza.

Okładzina akustyczna ścienna powinna charakteryzować się właściwościami dźwiękochłonno-rozpraszającymi zapewniającą równomierny rozkład dźwięku w pomieszczeniu. Ponadto okładzina akustyczna powinna charakteryzować się zwiększonym pochłanianiem dźwięków w paśmie 125Hz.



Rys.9. Rzut piętra wraz z zaznaczonym na rzucie pomieszczeniem prób – pom. 2.3.

5.1.1. Obliczenia matematyczne

Do obliczeń przyjęto średnie współczynniki pochłaniania dźwięku dla pasma częstotliwości 500Hz w zależności od rodzaju materiałów wykończeniowych. Na podstawie przyjętych współczynników α_w wykonano obliczenia statystyczne pomieszczenia.

Przyjęto zmienne współczynniki α_w w zależności od rodzaju materiału użytego do adaptacji akustycznej wybranych powierzchni.

Przy obliczeniach po adaptacji akustycznej uwzględniono zmniejszenie kubatury wnętrza poprzez projektowane zabudowy.

Czas pogłosu pomieszczenia prób przed adaptacją akustyczną

Szacowany średni czasu pogłosu we wnętrzu można wyznaczyć wg wzoru:

$$T = 0,161 \frac{V}{A} = 0,161 \frac{V}{\alpha_{sr} * S} \quad [s]$$

T – czas pogłosu [s]

V – objętość pomieszczenia [m³]

A - chłonność akustyczna wyrażana w [m²]

α_{sr} – średni współczynnik pochłaniania dźwięku

S – całkowite pole powierzchni [m²]

Uwzględniając kubaturę wnętrza, wymiary oraz średni współczynnik pochłaniania dźwięku dla poszczególnych materiałów otrzymujemy:

Dane:

$$V = 94,5 \text{ m}^3$$

$$S = 130 \text{ m}^2$$

Dla pomieszczenia pustego przed adaptacją akustyczną przyjęto $\alpha_{sr} = 0,15$

$$T = 0,161 \frac{V}{\alpha_{sr} * S} = 0,161 \frac{94,5}{0,15 * 130} = 0,78 \quad [s]$$

5.1.2. Propozycja adaptacji akustycznej

Do adaptacji akustycznej pomieszczenia przyjęto następujące materiały wraz z ilościami:

Tab. 4. Materiały akustyczne oraz ich właściwości pochłaniania dźwięku.

L.P.	Nazwa	Rodzaj materiału	Powierzchnia S [m ²]	średni współczynnik pochłaniania dźwięku α (dla 500Hz)
1.	Sufit	Izolacja akustyczna AKU-PR 140 gr. 3cm wykończona płytą g-k od środka pomieszczenia.	23	0,1
2.	Skosy	Izolacja akustyczna AKU-PR 140 gr. 3cm wykończona płytą g-k od środka pomieszczenia.	25	0,1
3.	Ściana frontowa z drzwiami (ściana 1)	Płyta perforowana NIDA Sonic R15 n8 gr. 12,5mm z wypełnieniem wełną mineralną gr. 20mm, gęstości ok. 80kg/m ³ i pustką powietrzną 22mm od strony ściany konstrukcyjnej (z wykonaną izolacją akustyczną z AKU-PR 140 gr 80mm). Perforacja płyt Nida Sonic okrągła \varnothing 15mm w rozstawie co 30mm w układzie prostym. Na przemian z płytami NIDA Sonic szerokości 120cm instalowane panele Akusto Wall Panel szer. 60cm na konstrukcji systemowej Ecophon.	20	0,75
4.	Ściana boczna 2	Kotara przesuwna o gramaturze ok.360 g/m ² (zamontowana na szynie w odległości 5cm od wykonanej izolacji z AKU-PR 140 gr. 100mm). Kotarę będzie można zsuwać i rozsuwać regulując w ten sposób akustykę w pomieszczeniu prób. Pod kotarą wykończenie okładziny z płyty g-k. 12,5mm.	12	0,15 - 0,7
5.	Ściana boczna 3 (z grzejnikiem)	Zabudowa powierzchni ściany na przemian: dyfuzor Schroedera 1D wykonany ze sklejk gr. 10mm (szer. 60cm) z okładziną akustyczną NIDA Sonic (na głębokość dyfuzora ok. 170mm). W miejscu okładziny NIDA Sonic wypełnienie zabudowy wełną mineralną.	12	0,5
6.	Podłoga	Panele podłogowe na całej powierzchni podłogi. Podkład wibroizolujący pod panelami. Wykładzina dywanowa na ok. 50% powierzchni podłogi pływającej.	35	0,2
7.	Okna	Powierzchnie szybowe (odsłonięte lub zasłonięte)	3	0,05 – 0,2

5.1.3. Projektowany czas pogłosu

Dla pomieszczenia po adaptacji akustycznej przyjęto $\alpha_{sr} = 0,36$ (kotara rozsunięta + zasłonięte okna)

$$T = 0,161 \frac{V}{\alpha_{sr} \cdot S} = 0,161 \frac{87}{0,36 \cdot 130} = 0,3 \text{ [s]}$$

Dla pomieszczenia po adaptacji akustycznej przyjęto $\alpha_{sr} = 0,26$ (kotara zsunięta, okna odsłonięte)

$$T = 0,161 \frac{V}{\alpha_{sr} \cdot S} = 0,161 \frac{87}{0,26 \cdot 130} = 0,41 \text{ [s]}$$

Projektowany czas pogłosu w adaptowanym wnętrzu szacuje się na poziomie 0,3 - 0,41s $\pm 20\%$.

5.2. Montaż materiałów na okładziny akustyczne

Montaż materiałów na okładziny akustyczne należy zrealizować na podstawie wytycznych oraz instrukcji podanych przez producentów zaproponowanych rozwiązań systemowych.

Wszystkie elementy zaprojektowanych konstrukcji akustycznych muszą spełniać wymagania ochrony p.poż.

Materiały wykończeniowe

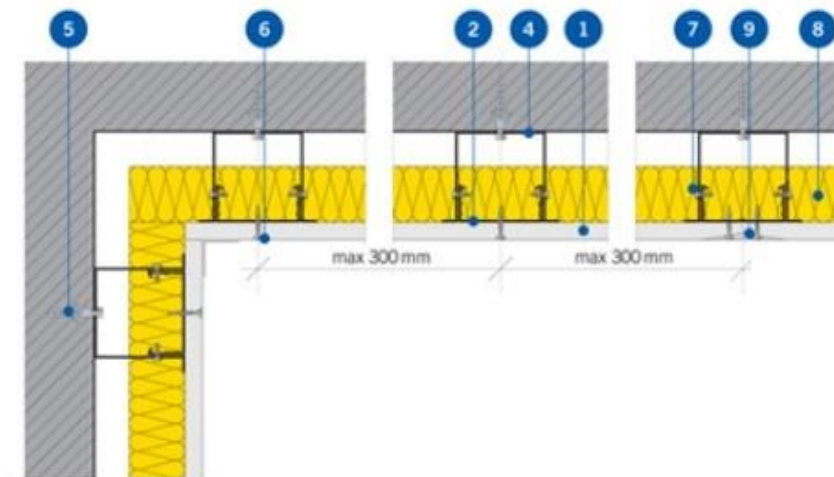
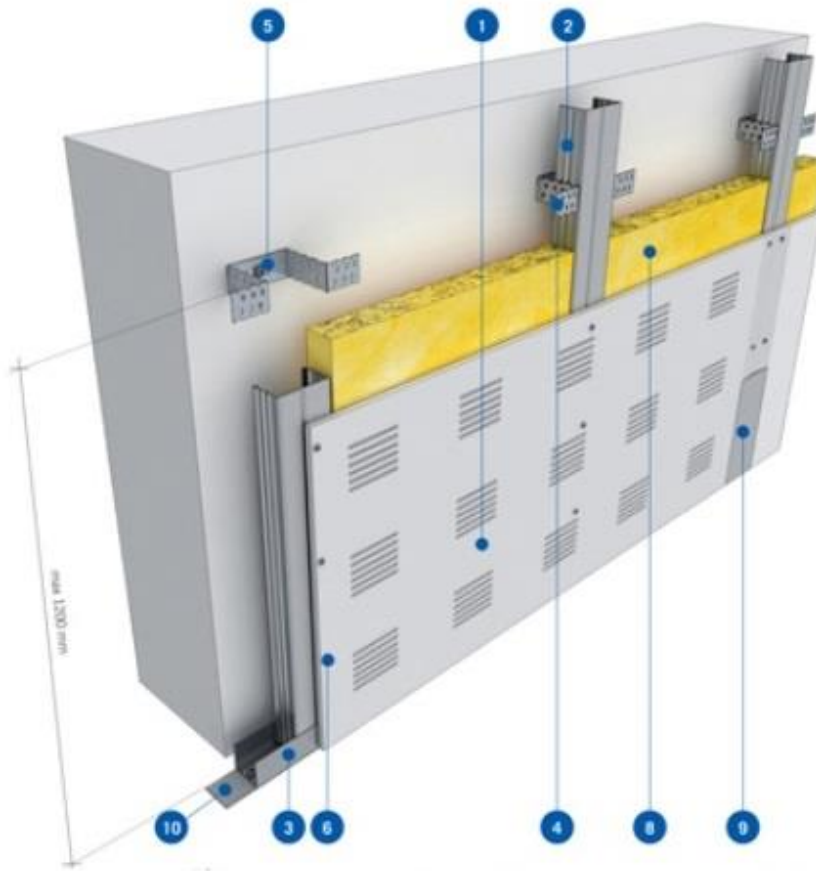
Zgodnie z Tab. 2 (Materiały akustyczne oraz ich właściwości pochłaniania dźwięku) zaproponowano wariant adaptacji akustycznej zakładający średni współczynnik pochłaniania dźwięku o wartości $\alpha_w = 0,26-0,36$ dla pasma częstotliwości 500 Hz (uwzględniając wszystkie powierzchnie). Biorąc pod uwagę ograniczoną kubaturę i dodatkowe zmniejszenie objętości wnętrza poprzez zastosowane izolacje akustyczne, zaproponowano możliwie cienkie warstwy adaptacyjne w okładzinach akustycznych ściennych i sufitowych.

5.2.1. Płyty perforowane NIDA Sonic

Montaż płyt wg schematu i wytycznych producenta:

- 1- Płyta gipsowo-kartonowa NIDA Sonic 12,5mm
- 2- Profil NIDA CD 60
- 3- Profil NIDA UD 27
- 4- Element do mocowania NIDA ES 60/75
- 5- Kołek rozporowy NIDA
- 6- Blachowkręty NIDA 3,5 x 25mm
- 7- Wkręty do blachy NIDA 3,5 x 9,5/11mm
- 8- Materiał izolacyjny wełna mineralna grubości 40mm
- 9- Spoina pomiędzy płytami g-k wykonana z masy gipsowej NIDA Start z Taśmą zbrojącą NIDA + NIDA Finisz
- 10- Taśma uszczelniająca do izolacji akustycznej NIDA

Okładzina ścienna mocowana na konstrukcji metalowej NIDA CD60



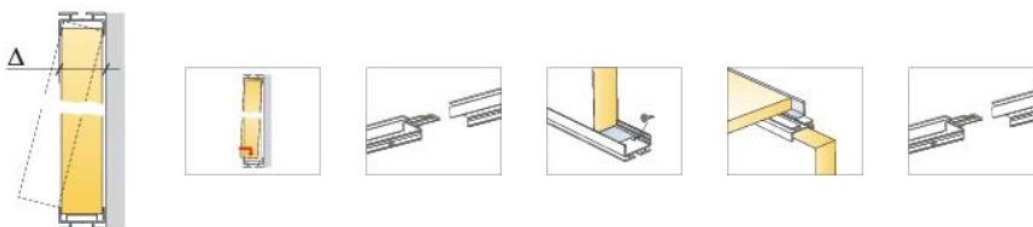
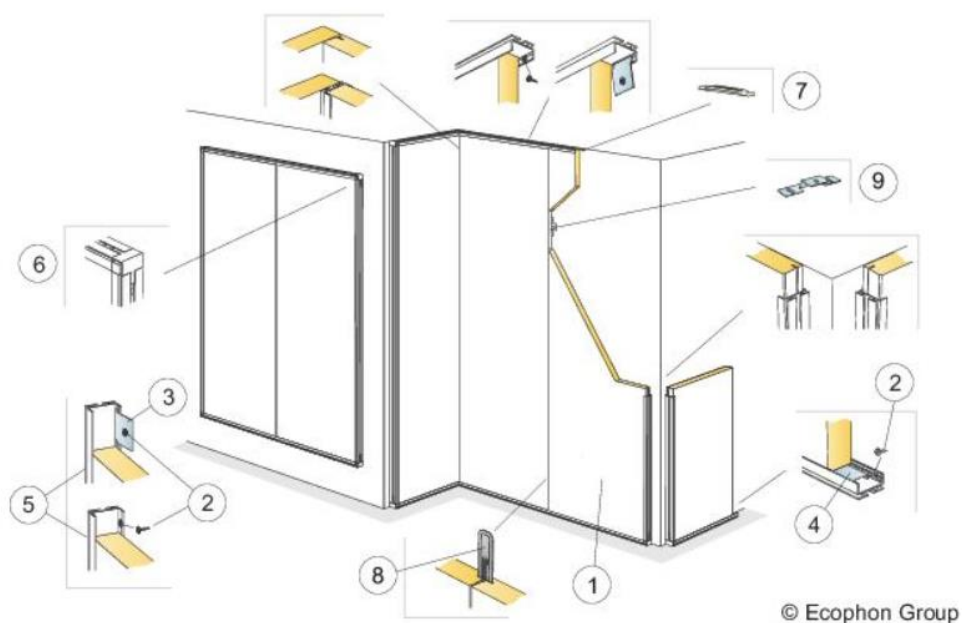
Rys. 10. Schemat ukazujący montaż płyt perforowanych NIDA Sonic wg zaleceń producenta do ściany murowanej.

5.2.2. Panele akustyczne Ecophon Wall Panel

Montaż paneli Ecophon Akusto Wall Panel przedstawia schemat poniżej:

- 1- Akusto Wall C
- 2- Connect Wkręt montażowy MVL (do podłoża drewnianego lub płyt G-K)
- 3- Alt. Connect blaszka do mocowania bezpośredniego, mocowana co 400mm
- 4- Connect profil dystansowy WP, L=2400mm
- 5- Connect Profil WP, L=2687mm, mocowany co 400mm
- 6- Connect Narożnik zewnętrzny WP montowany w Connect Profilach WP
- 7- Connect łącznik wzdłużny profili WP, przeznaczony do przedłużania profili, gdy zachodzi taka potrzeba
- 8- Obce pióro Connect
- 9- Connect Blaszka do mocowania bezpośredniego mocowana co 500mm

Δ Całkowita wysokość konstrukcyjna: 44mm



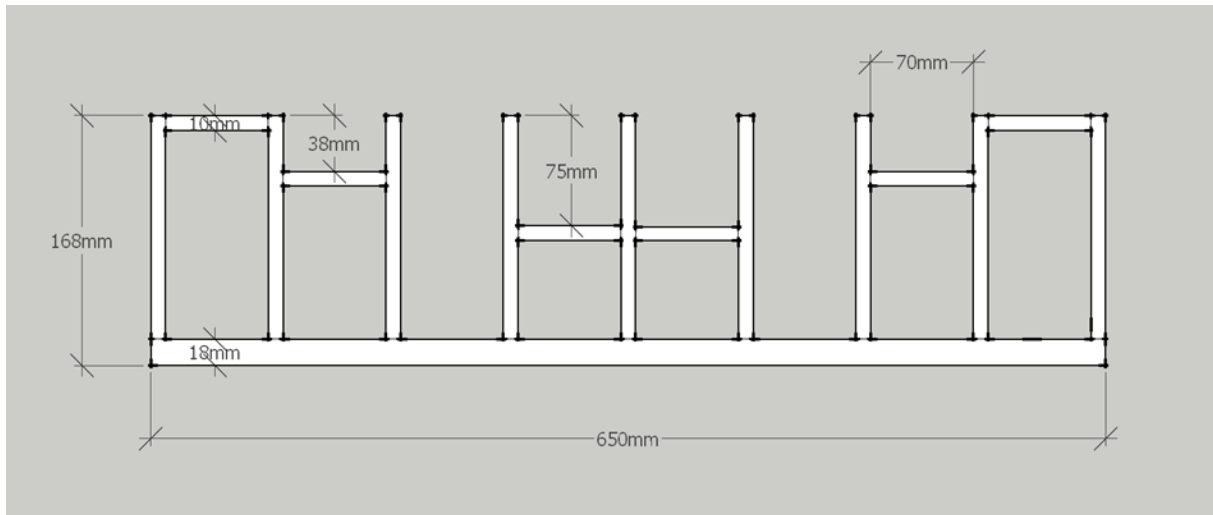
Rys.11. Schemat montażu paneli Ecophon Akusto Wall wg zaleceń producenta.

5.2.3. Dyfuzor Schroedera 1D

Projekt Dyfuzora Schroedera 1D według rysunku. Ustrój akustyczny liczony w oparciu o sekwencję ciągu reszty kwadratowej z liczby pierwszej 7.

Scatter 327 Hz; Diffuse 654 Hz; HF cutoff 2457 Hz

True diffusion frequencies: 654, 1308, 1962 Hz



Rys.12. Dyfuzor Schroedera 1D wykonany ze sklejkki gr. 10mm

6. Zalecenia i wytyczne branżowe do pomieszczenia prób muzycznych

Wykonanie adaptacji akustycznej pomieszczenia prób muzycznych musi być poprzedzone sporządzeniem szczegółowego projektu wykonawczego dot. okładzin akustycznych jak również uwzględniającego m.in. dopuszczalną obciążalność elementów konstrukcyjnych budynku/pomieszczenia, rozmieszczenie wszystkich elementów wraz z wyposażeniem, urządzeniami, instalacjami itp.

W projekcie akustycznym zaproponowano wariant adaptacji akustycznej pomieszczenia, który zapewni dobre warunki akustyczne do przeprowadzania prób dla instrumentów muzycznych. Ponadto zawarto uwagi wykonawcze i zaproponowano wykonanie izolacji akustycznej pomieszczenia, która zwiększy w miarę możliwości izolacyjność akustyczną pomieszczenia bez przerabiania konstrukcji budynku - co mogłoby generować duże koszty i prace rozbiórkowe, których Zamawiający chce uniknąć.

Na etapie wykonywania adaptacji akustycznej pomieszczenia prób zaleca się wykonanie kontrolnych pomiarów akustycznych w celu dostrojenia modelu obliczeniowego z rzeczywistym.

OKŁADZINY AKUSTYCZNE ŚCIENNE

Okładziny akustyczne ściennie zaprojektowano jako połączenie płyt perforowanych NIDA Sonic licujących z panelami akustycznymi Ecophon Akusto Wall. Dodatkowo zaprojektowano dyfuzor Schroedera 1D na ścianie bocznej (ściana 3) w połączeniu z okładziną akustyczną NIDA Sonic. Na ścianie 2 zaprojektowano dodatkowo kotarę przesuwną na szynach, co umożliwi regulację akustyki w pomieszczeniu w zależności od potrzeb.

Montaż wszystkich ustrojów i paneli akustycznych wykonać zgodnie z zaleceniami Producentów.

Bezwzględnie zabezpieczyć wełnę mineralną w konstrukcjach okładzin akustycznych przed pyleniem.

SUFIT I POWIERZCHNIE SKOŚNE

Powierzchnie sufitu i skosy w pomieszczeniu prób muzycznych wymagają dodatkowej izolacji akustycznej. Z racji na występujące ograniczenia (m. in. kubatura wnętrza) zaproponowano wykonanie izolacji akustycznej minimalnej grubości na tych powierzchniach – izolacja akustyczna przy użyciu AKU-PR 140 gr. 30mm (izolator zamontować wg instrukcji producenta i wykończyć płytą g-k).

Od strony strychu zaleca się zamknięcie powierzchni otwartej płytami OSB gr. 18mm zamykając sufit nad pomieszczeniem prób. W razie potrzeby uzupełnić w przestrzeniach konstrukcyjnych więźby wełnę mineralną miękką. Wykonując zabudowę nie wolno ścisnąć wełny, która ma być ułożona luźno w zabudowie. W razie potrzeby wykonać dodatkowe tłumienie na kanał wentylacyjny przechodzący przez sufit pomieszczenia prób na strych.

Zaleca się zastosować materiał dźwiękochłonny na powierzchniach szpalet okiennych. Zalecany materiał do adaptacji akustycznej tych powierzchni to: pianka techniczna firmy APAMA z linii Professional Pro, filc, korek lub inny materiał o zbliżonych właściwościach przy minimalnej grubości (max. 1cm). Adaptację należy wykonać na jednej z dwóch równoległych powierzchni trójkątnych znajdujących się we wnękach przy lukarnach. Adaptację tych powierzchni zaleca się wykonać po zrealizowaniu pomiarów akustycznych na etapie adaptacji akustycznej pomieszczenia.

SZACHTY I PRZEPUSTY TECHNICZNE/INSTALACJE

Wszelkie przepusty i szachty instalacyjne powinny być wibroizolowane a w szczególności instalacja klimatyzacji i wentylacji. Należy stosować otuliny akustyczne na przewody instalacji, które tego wymagają, stosować tłumiki akustyczne wentylacji jeśli wymagane. Nie prowadzić przepustów w linii prostej przez przegrodę oraz żadnej instalacji, która nie jest związana z funkcjonowaniem pomieszczeń, gdyż znacznie obniża to izolacyjność akustyczną.

ZABEZPIECZENIA WIBROIZOLACYJNE

Należy pamiętać o wykonaniu w pomieszczeniu prób dylatacji obwodowej podłogi (chyba, że takie są wykonane – należy potwierdzić odkrywką) względem okładzin ściennych oraz dylatacji obwodowej konstrukcji ścian względem sufitu (izolatora dźwięku na suficie).

Stosować gumowe obejmy na zawieszach i wspornikach, które mają kontakt z konstrukcją budynku. Przy połączeniach należy stosować systemowe przekładki elastyczne. Na połączenia konstrukcyjne okładzin akustycznych z konstrukcją ścian stosować taśmy i przekładki wibroizolacyjne w celu redukcji drgań materiałowych. Należy unikać sztywnych połączeń.

Podkład pod panelami podłogowymi w pomieszczeniu prób muzycznych wymienić na podkład o lepszych parametrach np. AKU-PR 140 (APAMA), Sempafloor Jaune (Sempatap), Sonofloor VH100 (Sempatap) lub inny o zbliżonych właściwościach tłumiących dźwięki uderzeniowe.

POMIARY AKUSTYCZNE

Pomiary akustyczne zaleca się zrealizować po wykonaniu wszelkich izolacji akustycznych przegród budowlanych i częściowej adaptacji akustycznej pomieszczenia (po wykonaniu okładziny akustycznej ściany 1 frontowej z drzwiami).

Wszelkie zmiany należy konsultować z inżynierem akustykiem pełniącym nadzór.

6.1. Zalecenia i wytyczne dodatkowe

Zalecenia i wytyczne dodatkowe mają na celu osiągnięcie skuteczniejszej izolacji akustycznej dla pomieszczenia prób, co może być zrealizowane w przyszłości. Są to prace ingerujące w konstrukcję budynku, dlatego zostały opisane jako dodatkowe zgodnie z ustaleniami z Zamawiającym.

Pomieszczenie prób zlokalizowane jest na I piętrze budynku co skutkuje przenoszeniem się dźwięków na konstrukcję budynku w pionie i w poziomie do innych pomieszczeń. Ponadto przy istniejących warunkach technicznych (wspólny sufit dla całego piętra, przegrody o niskiej izolacyjności akustycznej) pomieszczenie prób ma uciążliwy wpływ na otoczenie zewnętrzne.

Pomieszczenie prób sąsiaduje w pionie poniżej z salą plastyczną na parterze. Zaleca się w sali plastycznej zastosowanie na suficie dodatkowej izolacji akustycznej. Ponadto zaleca się zastosowanie sufitu podwieszanego dźwiękochłonnego z dodatkową warstwą wełny mineralnej w przestrzeni sufitu podwieszanego (zalecane warstwy izolujące stropu od strony salki plastycznej opisane zostały w punkcie 4.1.2. Strop między kondygnacyjny).

Ponadto dla lepszej izolacji akustycznej od dźwięków uderzeniowych zaleca się zastosowanie pod wylewki twardej sprasowanej wełny mineralnej np. ISOVER TDPT gr. 20mm wymieniając pod

wylewką istniejącą izolację z płyt styropianowych PS-E FS20 gr. 20mm. Należy zadbać o wykonanie dylatacji obwodowych podłogi – gr. dylatacji 20mm z wełny sprasowanej. Wymiana styropianu na wełnę mineralną jest zalecana w szczególności jeśli w pomieszczeniu prób ma być używana perkusja.

Jeżeli w przyszłości były by wykonywane prace dodatkowe związane z wymianą materiału tłumiącego drgania pod wylewką należy izolacje akustyczne ścian poprowadzić do stropu konstrukcyjnego (poniżej wylewki).

Pod perkusję należy dodatkowo zastosować matę wibroizolacyjną w postaci maty gumowej lub korkowo-gumowej w celu lepszej izolacji akustycznej od dźwięków uderzeniowych tego instrumentu.

Pomieszczenie prób w poziomie sąsiaduje z pomieszczeniami biurowymi co ma uciążliwy wpływ na pracowników. Dodatkowym zaleceniem jest adaptacja ciągów komunikacyjnych stosując sufity dźwiękochłonne w klasie A. Ponadto nadbudowa ścian konstrukcyjnych ponad pomieszczenie prób |w górę separując w ten sposób wspólną przestrzeń sufitową dla całego piętra dodatkowo zwiększy izolacyjność akustyczną pomieszczenia i ograniczy jego uciążliwy wpływ na otoczenie zewnętrzne. W tym celu należy zdemontować istniejące zabudowy sufitu oraz skosów w pomieszczeniu prób i wykonać zabudowy na nowo zgodnie ze sztuką budowlaną i wytycznymi akustycznymi w tym zakresie.

7. Podsumowanie i wnioski

Adaptacja akustyczna została zaprojektowana w oparciu o budżet Zamawiającego oraz ograniczenia wynikające z warunków technicznych budynku jak również kubatury pomieszczenia przeznaczonego do prób na instrumentach muzycznych. Zalecenia i wytyczne dodatkowe stanowią zakres prac, które mogą okazać się konieczne dla uzyskania o wiele skuteczniejszej izolacji akustycznej pomieszczenia. Zaproponowana adaptacja akustyczna stanowi rozwiązanie kompromisowe w istniejących warunkach.

Zaproponowana izolacja i adaptacja akustyczna pomieszczenia w niniejszym opracowaniu ma za zadanie w miarę możliwości poprawić i zwiększyć komfort akustyczny pozostałym użytkownikom w budynku jak również zapewnić optymalne warunki do prowadzenia prób na instrumentach muzycznych.

Powierzchnie podlegające zwiększeniu izolacyjności akustycznej to ściana 1, ściana 2, zabudowa sufitu i zabudowa skosów. Ściana 3 sąsiadująca z budynkiem handlowym ma wystarczającą izolacyjność akustyczną. Jest to ściana nośna oddylatowana od ściany konstrukcyjnej sąsiedniego budynku, więc nie wymaga dodatkowej izolacji akustycznej. Na ścianie 3 zaprojektowano dyfuzor Schroedera 1D w połączeniu z okładziną akustyczną z płyt perforowanych NIDA Sonic.

Przy realizacji prac istotny jest reżim wykonawczy z uwagi na kwestię dokładności przy montażu wszystkich elementów i połączeń okładzin akustycznych względem siebie i konstrukcji budynku.

Na podstawie zaproponowanej adaptacji akustycznej wykonano obliczenia czasu pogłosu. Zaleca się przeprowadzenie we wnętrzu kontrolnych pomiarów akustycznych na etapie realizacji w celu dostrojenia modelu obliczeniowego z rzeczywistym.

Wszelkie zmiany ustrojów i materiałów akustycznych należy uzgadniać z autorem opracowania pod rygorem nieważności prezentowanych wyników i wniosków. Autor niniejszego opracowania nie ponosi odpowiedzialności za błędy wykonawcze i błędy wynikające z projektu architektonicznego.

Prace przy wykonywaniu okładzin akustycznych lub dodatkowej izolacji akustycznej należy pełnić pod nadzorem inżyniera akustyka lub osoby doświadczonej w tego rodzaju przedsięwzięciach.

Po wykonaniu okładzin akustycznych ściennych w przypadku gdy zajdzie taka potrzeba, akustykę wnętrza można dostroić na powierzchniach gładkich wykończonych płytą g-k dodatkowymi piankami technicznymi APAMA z linii Professional Pro o wysokich właściwościach p.poż. do zastosowań w instytucjach użyteczności publicznej. Zasadność użycia materiału dodatkowego należy potwierdzić pomiarami akustycznymi po wykonaniu zalecanej adaptacji akustycznej w pomieszczeniu prób.

8. Wizualizacja 3D wnętrza

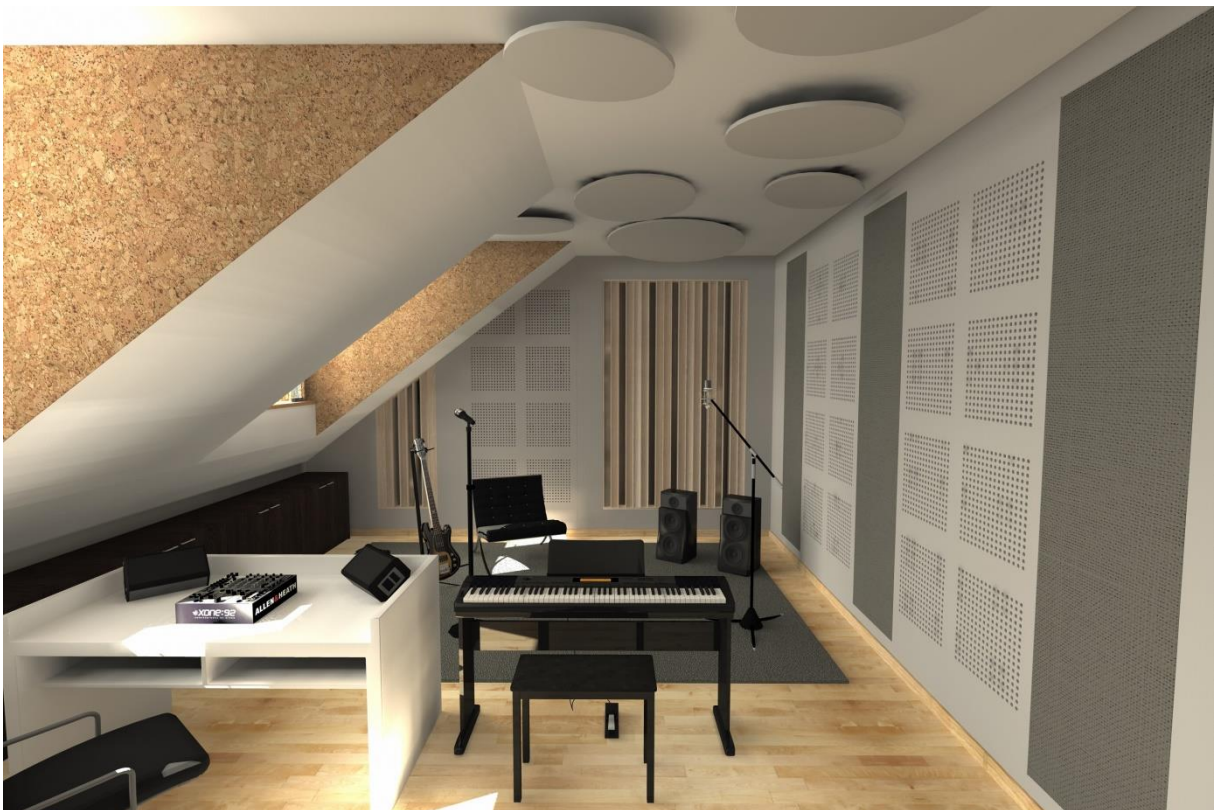
Wizualizacja pomieszczenia prób przedstawia adaptację akustyczną podstawową wnętrza i ewentualne dostrojenie pomieszczenia panelami sufitowymi refleksyjno-rozpraszającymi dźwięk (jako OPCJA) firmy PROTONE lub inne o zbliżonych właściwościach akustycznych.



Rys.13. Wizualizacja pomieszczenia prób (adaptacja akustyczna podstawowa)



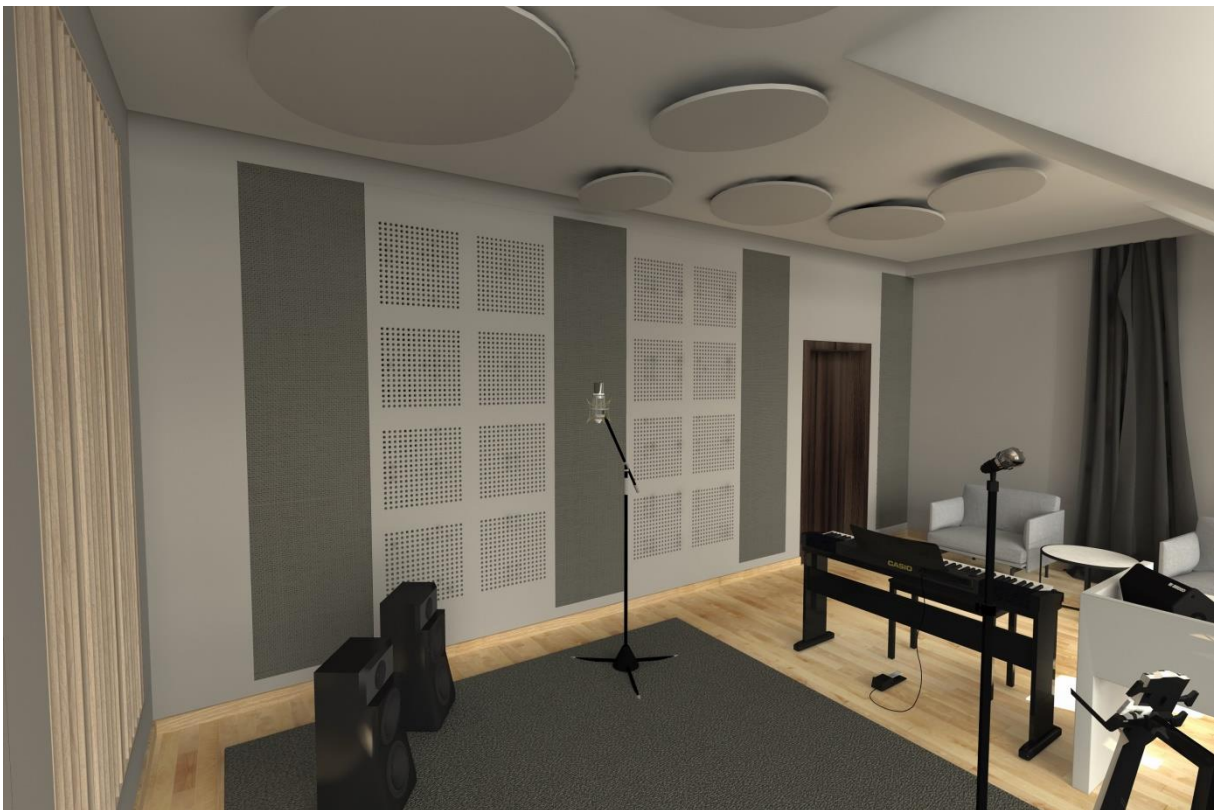
Rys.14. Wizualizacja pomieszczenia prób (adaptacja akustyczna podstawowa)



Rys.15. Wizualizacja pomieszczenia (panele sufitowe rozpraszające dźwięk - OPCJA).



Rys.16. Wizualizacja pomieszczenia (panele sufitowe rozpraszające dźwięk - OPCJA).



Rys.17. Wizualizacja pomieszczenia (panele sufitowe rozpraszające dźwięk - OPCJA).