

**PROJEKT WYKONAWCZY AKUSTYKI WNĘTRZ**

**Przebudowa BUDYNKU Centrum Edukacji i Inicjatyw Kulturalnych w Olsztynie**

**AKUSTYKA**

<b>OBIEKT :</b>	<b>Centrum Edukacji i Inicjatyw Kulturalnych w Olsztynie</b>
<b>ADRES INWESTYCJI:</b>	10-233 Olsztyn, ul. Kościńskiego 11, dz. nr ewidencyjny 15/1; obręb 101.
<b>INWESTOR :</b>	Centrum Edukacji i Inicjatyw Kulturalnych w Olsztynie
<b>ADRES INWESTORA:</b>	10-233 Olsztyn , ul. Parkowa 1
<b>JEDNOSTKA PROJEKTOWA:</b>	 <b>MANUFATURA TECHNOLOGICZNA</b>  Manufaktura Technologiczna Sp. z o.o. ul. Puławska 38 05-500 Piaseczno
<b>AUTORZY PROJEKTU:</b>	mgr inż. Artur Kozak Wojciech Kostrzewa mgr inż. Urszula Rysiewicz mgr inż. Angelika Siedlarz mgr inż. Małgorzata Srebrzyńska mgr inż. arch. Aleksander Bobynko
<b>SPRAWDZAJĄCY:</b>	mgr inż. Andrzej Pawluś

**STYCZEŃ 2017**

## Spis treści

1.	PODSTAWA FORMALNA I MERYTORYCZNA OPRACOWANIA .....	3
2.	PRZEDMIOT OPRACOWANIA .....	4
3.	ZAKRES OPRACOWANIA .....	4
4.	AKUSTYKA WNĘTRZ .....	5
5.1.	Sala Widowiskowa .....	5
5.1.1.	Założenia projektowe .....	5
5.1.2.	Obliczenia .....	5
5.1.3.	Zastosowane rozwiązania w Sali Widowiskowej .....	7
5.2.	Pomieszczenie Realizatora Dźwięku (PRD) .....	9
5.2.1.	Założenia projektowe .....	9
5.2.2.	Obliczenia .....	9
5.2.3.	Zastosowane rozwiązania w PRD .....	11
5.	WYTYCZNE DLA BRANŻY WENTYLACYJNEJ .....	11
6.	UWAGI DO PROJEKTU WYKONAWCZEGO .....	12
7.	SPECYFIKACJA TECHNICZNA MATERIAŁÓW .....	13
8.	ZAŁĄCZNIKI .....	15

## **1. PODSTAWA FORMALNA I MERYTORYCZNA OPRACOWANIA**

- [1] Zlecenie wykonania opracowania
- [2] Uzgodnienia z Inwestorem
- [3] PN-B-02151-02:1987. Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach
- [4] M. Barron, Auditorium Acoustics and Architectural Design, Second Edition, Spon Press 2010
- [5] J. Sadowski, Akustyka architektoniczna, PWN, 1976
- [6] A. Kulowski, Akustyka Sal, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej 2011
- [7] F. Alton Everest, Ken C. Pohlmann, Master Handbook of Acoustics Fifth edition The McGraw-Hill Companies 2009
- [8] Cox, D'Antonio, Acoustic Absorbers and Diffusers, Taylor & Francis, 2009
- [9] H. Kuttruff, Room Acoustic, Fifth Edition, Spon Press, 2009
- [10] EBU Tech. 3276 – 2nd edition, Listening conditions for the assessment of sound programme

## **2. PRZEDMIOT OPRACOWANIA**

Obiekt: Centrum Edukacji i Inicjatyw Kulturalnych w Olsztynie, ul. Parkowa 1, 10-233 Olsztyn

Lokalizacja: ul. Kościńskiego 11, 10-233 Olsztyn

Inwestor: Centrum Edukacji i Inicjatyw Kulturalnych w Olsztynie, ul. Parkowa 1, 10-233 Olsztyn

Przedmiotem opracowania jest projekt wykonawczy akustyki wewnątrz Centrum Edukacji i Inicjatyw Kulturalnych w Olsztynie. Budynek zlokalizowany jest przy ul. Kościńskiego 11. Projekt wykonawczy obejmuje Salę Widowiskową (Koncertową) oraz pomieszczenie realizatora dźwięku. Sala Widowiskowa to pomieszczenie o powierzchni 365m<sup>2</sup> przeznaczone dla 391 widzów. Kubatura wnętrza, mierzona do sufitu akustycznego, będzie wynosiła ok. 2 800 m<sup>3</sup>. Powierzchnia sceny wynosi 94m<sup>2</sup>. Widownia będzie częściowo umieszczona na płaskiej podłodze, a część na stałej przewyżce. Zakłada się, że widownia będzie składana, w zależności od potrzeb i funkcji jaką Sala Widowiskowa będzie pełniła.

W Sali będą odbywały się przede wszystkim wydarzenia artystyczne w postaci koncertów muzycznych z wykorzystaniem aparatury nagłośnieniowej, głównie muzyki rozrywkowej. Oprócz tego na Sali będą organizowane kabarety, seminaria, konferencje i podobne wydarzenia np. posiedzenie rady miasta. Sporadycznie Sala będzie wykorzystana do przedstawień teatralnych oraz projekcji seansów filmowych. We wszystkich wypadkach będzie konieczność zastosowania systemu nagłośnieniowego.

## **3. ZAKRES OPRACOWANIA**

Opracowanie obejmuje projekt akustyki wewnątrz Sali Widowiskowej oraz Pomieszczenia Realizacji Dźwięku. W opracowaniu ujęto wytyczne dla innych branż.

## 4. AKUSTYKA WNĘTRZ

### 5.1. Sala Widowiskowa

W Sali Widowiskowej planowana jest adaptacja akustyczna, umożliwiająca dopasowanie parametrów akustycznych do wymagań dla tego typu sal. Wraz z adaptacją akustyczną przeprowadzona zostanie instalacja systemu nagłośnieniowego. W Sali odbywać się będą wydarzenia artystyczne dla co najmniej 391 widzów z miejscami siedzącymi. Będą w niej realizowane wydarzenia artystyczne związane z działalnością instytucji. Są to głównie koncerty z wykorzystaniem aparatury nagłośnieniowej, kabarety, przedstawienia teatralne, posiedzenia i konferencje. Sporadycznie przewiduje się projekcję firmową. W celu realizacji koncertów muzyki rozrywkowej projektowany jest profesjonalny, riderowy system nagłośnieniowy. Oprócz tego na Sali będą realizowane inne wydarzenia jak obsługa spotkań, szkoleń, czy seminariów.

Podsumowując należy podkreślić, że zdecydowana większość wydarzeń organizowanych w Sali Widowiskowej będzie realizowana w oparciu o system nagłośnieniowy Sali.

#### 5.1.1. Założenia projektowe

Obiektywnym parametrem opisującym jakość akustyczną wewnątrz jest czas pogłosu. Optymalny czas pogłosu dla Sali Widowiskowej, uwzględniając jej funkcjonalność oraz kubaturę określono w tabeli 1.

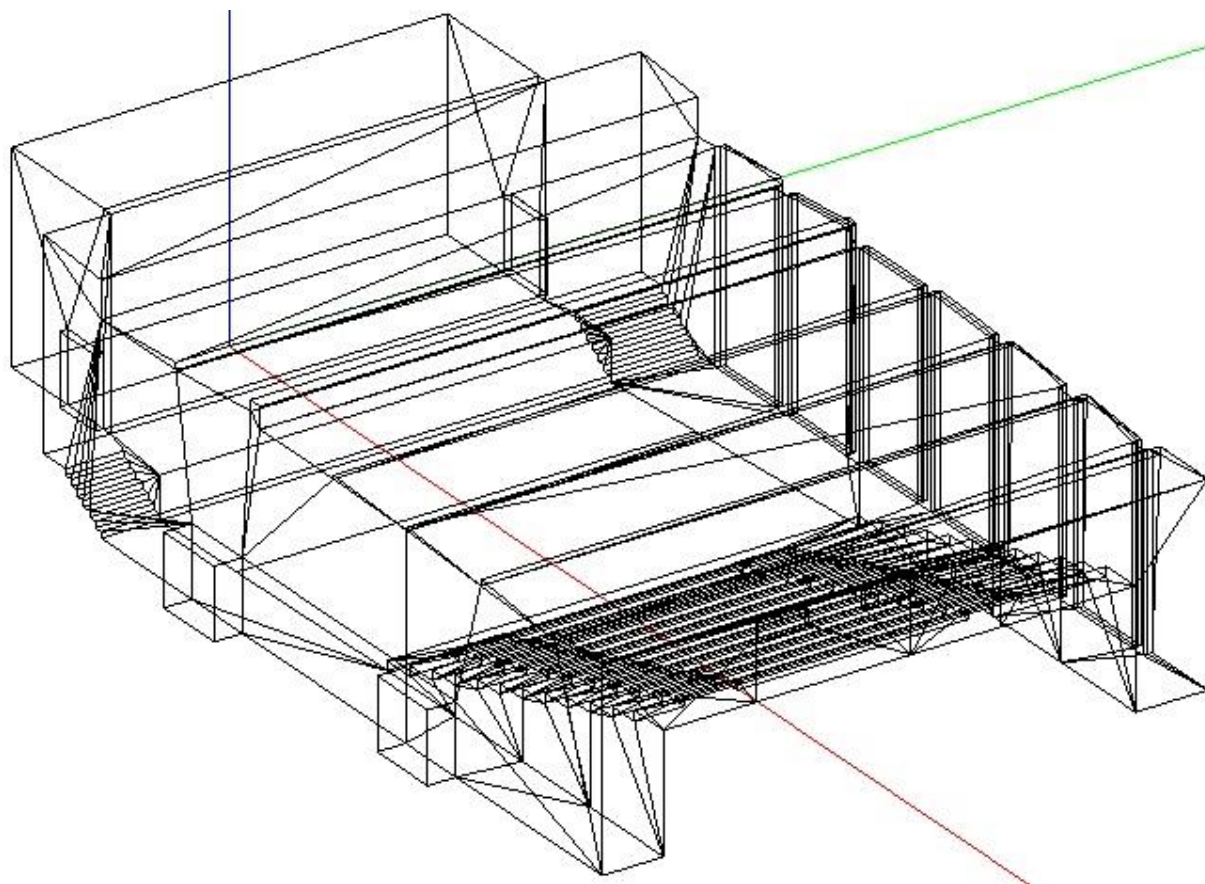
Tabela 1. Zalecany czas pogłosu dla Sali Widowiskowej

Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT60, dla częstotliwości 500 Hz, Sala pusta z fotelami	1,0 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu	
63 Hz ÷ 125 Hz	+70 %/-20 %
250 Hz ÷ 500 Hz	+40 %/-20 %
1 kHz ÷ 2 kHz	+20 %/-20 %
4 kHz ÷ 8 kHz	+20 %/-60 %

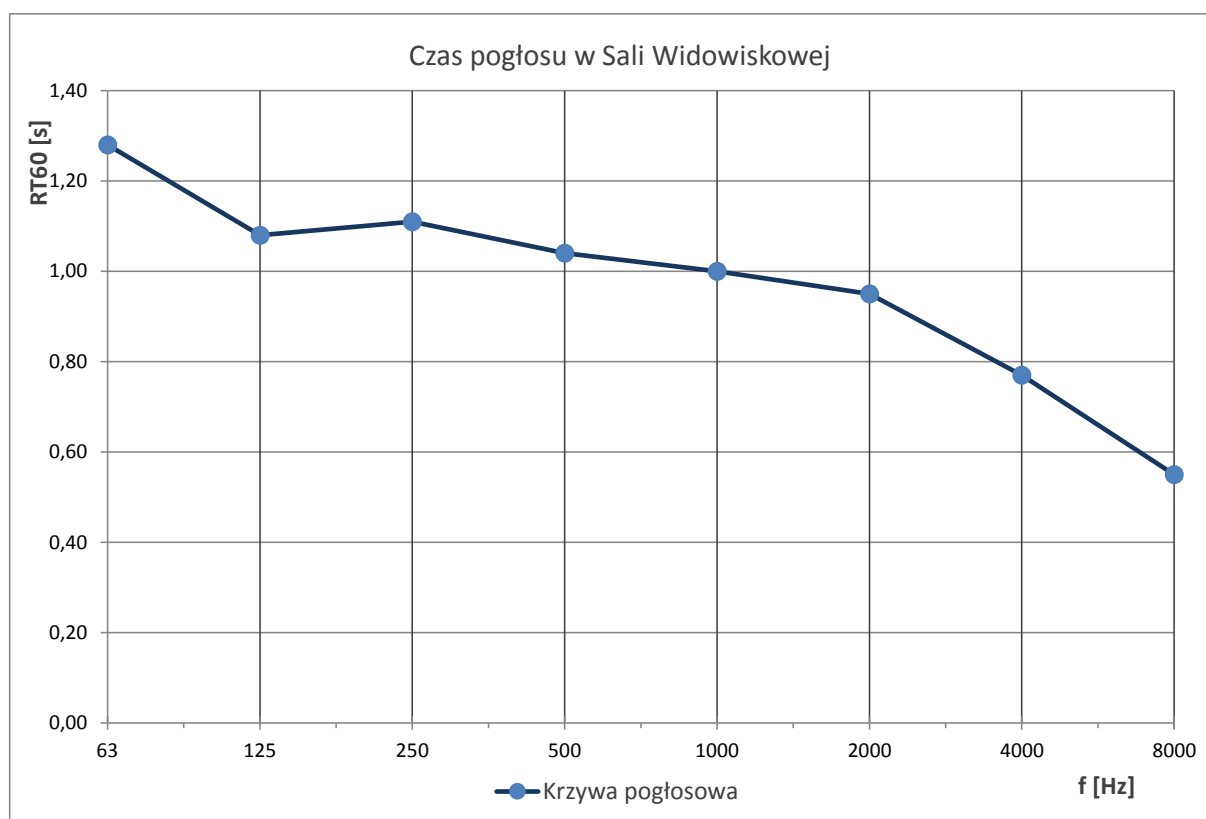
#### 5.1.2. Obliczenia

Obliczenia czasu pogłosu wykonano wykorzystując metodę statystyczną. Salę zamodelowano w specjalistycznym programie predykcyjnym, który automatycznie

wylicza bilans chłonności dla wnętrza. Na rys. 1 pokazano model Sali Widowiskowej wykonany w programie predykcyjnym do akustyki wnętrz. Natomiast rys. 2 przedstawia uzyskany czas pogłosu RT60.



Rys. 1. Model Sali Widowiskowej wykonany w programie predykcyjnym



Rys. 2. Czas pogłosu RT60 w Sali Widowiskowej

Uzyskany czas pogłosu spełnia wymagania projektowe.

### 5.1.3. Zastosowane rozwiązania w Sali Widowiskowej

- **Sufit;** sufit nad widownią pełny, profilowany wykonany z G-K 12,5 mm, z kątami płaszczyzn wspomagającymi równomiernie rozprowadzanie dźwięku z estrady w kierunku publiczności. Od wewnątrz wyłożony warstwą specjalnej wełny akustycznej 50 mm o gęstości do 20 kg/m<sup>3</sup>. Konstrukcja sufitu sztywna, pozbawiona elementów podatnych na vibracje. Sufit pokazano w dokumentacji Architektury [rys. 2.08.1 – 2.08.3]
- **Ściany;** na ścianach bocznych, wzdłuż widowni, panele o formacie 120 cm x 60 cm, perforowane z płyty G-W o grubości 12,5 mm, okleinowane. Panele ułożone na systemowej konstrukcji producenta 85 mm. W pustce powietrznej warstwa 5 cm wełny mineralnej o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup>, zabezpieczona czarną włókniną. Montaż paneli na sztywno w celu uniknięcia drgań własnych powodujących powstawanie dźwięków.

Na ścianie za widownią ustrój szczelinowy w układzie poziomym, wykonany z listew o szerokości 5 cm i grubości 2 cm. Pomiędzy listwami szczeliny 5 cm.

Przestrzeń za listwami 18 cm wypełniona wełną 15 cm o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup> i zabezpieczona materiałem przezroczystym akustycznie, np. czarną włókniną. Montaż listew na sztywno w celu uniknięcia drgań własnych powodujących powstawanie dźwięków.

Na ścianach obok sceny, naprzeciwko schodów, ustrój szczelinowy w układzie poziomym, wykonany z listew o szerokości 5 cm i grubości 2 cm. Pomiędzy listwami szczeliny 5 cm. Przestrzeń za listwami 8 cm, wypełniona wełną 5 cm o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup> i zabezpieczona materiałem przezroczystym akustycznie, np. czarną włókniną. Montaż listew na sztywno w celu uniknięcia drgań własnych powodujących powstawanie dźwięków.

Lewa ściana wewnątrz komina scenicznego pokryta przedścianką wykonaną z perforowanej płyty G-K o perforacji grupowej szczelinowej, stopień perforacji 13%. Płyta zamontowana na konstrukcji 20 cm, z warstwą 5 cm wełny mineralnej o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup>. Montaż konstrukcji na sztywno w celu uniknięcia drgań własnych powodujących powstawanie dźwięków.

Ściany Sali pokazano w dokumentacji Architektury [rys. 2.08.3A – 2.08.3C]

- **Fotele;** Fotele widowni ze średnim tapicerowaniem siedziska i oparcia. Posiadają możliwość łatwego montażu i demontażu w celu dowolnej aranżacji przestrzeni Sali. Fotele z części poziomej będą chowane pod estradą, natomiast fotele z przewyżki widowni będą chowane pod ostatnią, najwyższy rząd konstrukcji.
- **Podłoga;** podłoga widowni wykonana z parkietu.
- **Scena;** scena wykonana na konstrukcji stalowej. Warstwy podłogowe: 2 x płyta G-W 1,25 mm, 1 x płyta OSB 22 mm, elastomer 5 mm, belka 50 mm, elastomer 5 mm, deska dębowa 25 mm. Pomiędzy belkami wełna mineralna 40-60 kg/m<sup>3</sup> zabezpieczona np. włókniną. Na ścianach w pudle sceny wełna mineralna 10 cm o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup> zabezpieczona włóknem szklanym lub włókniną. Uwaga, gęstość elastomerów należy dobrać zgodnie z funkcją podłogi.
- **Drzwi;** drzwi akustyczne, z obwodowym uszczelnieniem i uszczelką opadającą o izolacyjności akustycznej  $R_{A1} \geq 42$  dB
- **Mobilna ściana działowa;** w celu zwiększenia funkcjonalności Sali Widowiskowej, zaprojektowano mobilną ścianę działową, która dzieli Salę na



dwa mniejsze pomieszczenia. W celu zapewnienia podstawowego komfortu izolacyjność akustyczna ściany powinna wynosić  $R_{A1 \min} > 40 \text{ dB}$

## 5.2. Pomieszczenie Realizatora Dźwięku (PRD)

Pomieszczenie Realizatora Dźwięku (PRD) służy do obsługi dźwiękowej mniej istotnych wydarzeń, jakie będą się odbywały w Sali Widowiskowej, np. zebrania, szkolenia, seminaria, czy niezbyt wymagające wydarzenia artystyczne. Pomieszczenie jest dobrze izolowane od otoczenia i posiada okno akustyczne umożliwiające obserwację sceny i widowni.

### 5.2.1. Założenia projektowe

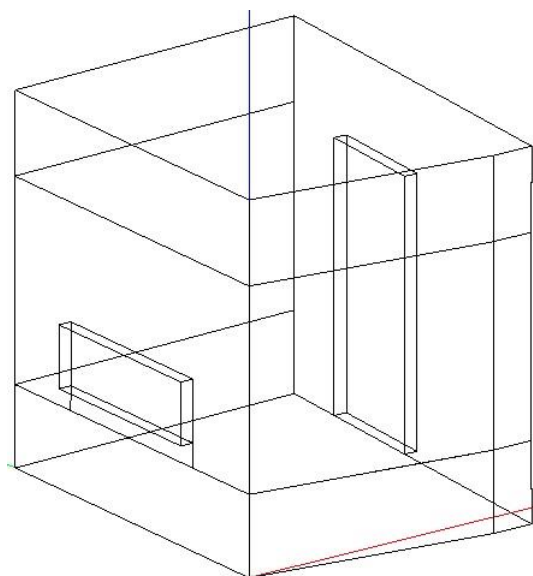
W celu ograniczenia modów własnych pomieszczenia, zaprojektowano nierównoległy układ ścian. Ze względu na funkcjonalność PRD wymaga bardzo krótkiego czasu pogłosu. W tabeli 2 pokazano optymalny czas pogłosu dla PRD.

Tabela 2. Zalecany czas pogłosu dla PRD

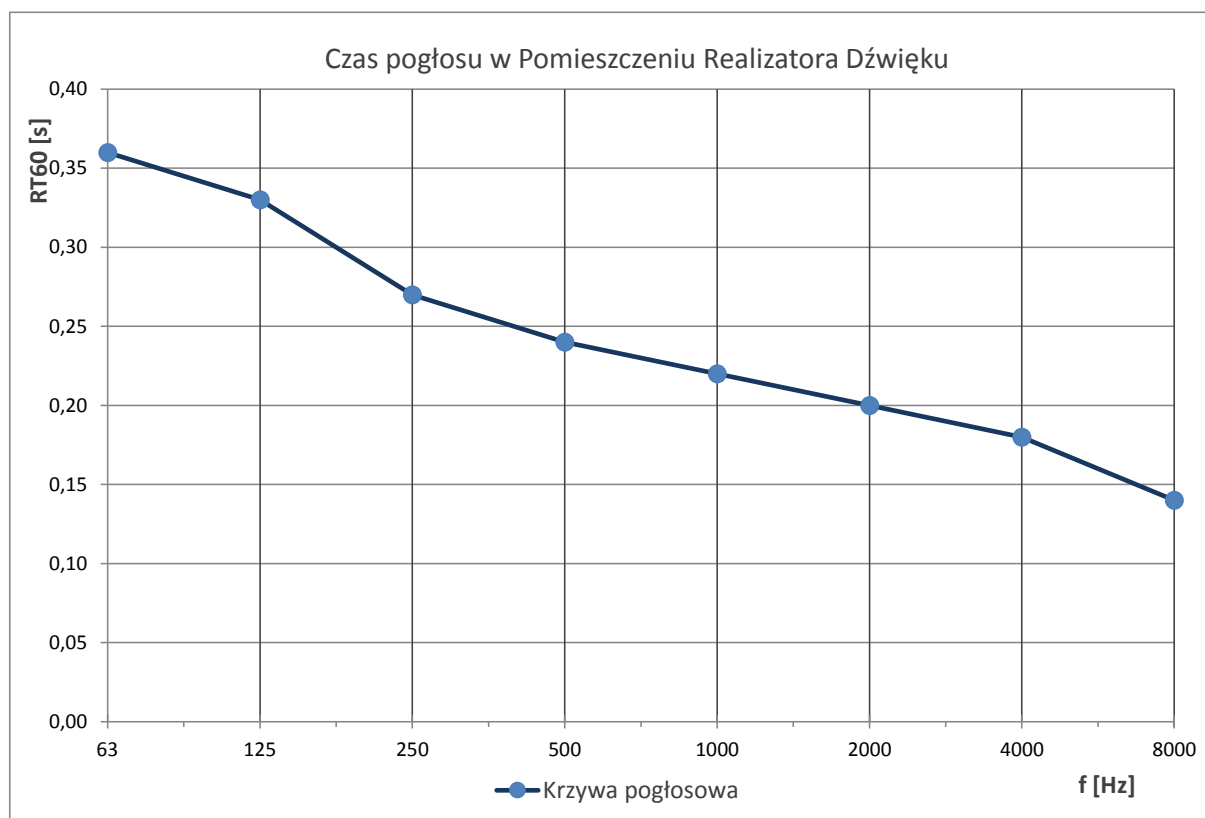
Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT60, dla częstotliwości 500 Hz	0,25 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu	
63 Hz ÷ 125 Hz	+75 %/-20 %
250 Hz ÷ 500 Hz	+40 %/-20 %
1 kHz ÷ 2 kHz	+20 %/-20 %
4 kHz ÷ 8 kHz	+20 %/-60 %

### 5.2.2. Obliczenia

Obliczenia czasu pogłosu wykonano wykorzystując metodę statystyczną. Pomieszczenie zamodelowano w specjalistycznym programie predykcyjnym, który automatycznie wylicza bilans chłonności dla wnętrza. Na rys. 3 pokazano model PRD wykonany w programie predykcyjnym do akustyki wewnątrz. Natomiast rys. 4 przedstawia uzyskany czas pogłosu RT60.



Rys. 3. Model PRD wykonany w programie predykcyjnym



Rys. 4. Czas pogłosu RT60 w Pomieszczeniu Realizatora Dźwięku.

Uzyskany czas pogłosu spełnia wymagania projektowe.

### 5.2.3. Zastosowane rozwiązania w PRD

- **Sufit;** sufit rastrowy, wykonany z płyt G-K pełnych. Pomiędzy realizatorem a monitorami dyfuzory 1D1 w układzie naprzemiennym 2 x 2 szt. zgodnie z rys. AK01.
- **Ściany;** układ ścian nie równoległy. Na ścianie A-B dwa dyfuzory 1D2. Na ścianach B-C, C-D, D-A ustrój pochłaniający US-1, wykonany z prasowanej wełny szklanej 40 mm, pokrytej tkaniną. Ustroje wraz z rozmieszczeniem pokazano na rys. AK01.
- **Podłoga;** na podłodze wykładzina dywanowa
- **Okno;** okno akustyczne o izolacyjności akustycznej  $R_{A1} \geq 42$  dB
- **Drzwi;** drzwi akustyczne, z obwodowym uszczelnieniem i uszczelką opadającą o izolacyjności akustycznej  $R_{A1} \geq 42$  dB

## 5. WYTYCZNE DLA BRANŻY WENTYLACYJNEJ

Dla Sali Widowiskowej i Pomieszczenia Realizatora Dźwięku dopuszczalne wartości średnich poziomów hałasów wewnętrznych, jakie przenikają do wnętrza nie będą przekraczały następujących wartości krzywych hałasowych NR20 – optymalnie NR15

Wartości krzywych hałasowych pokazano w tabeli 3.

Tabela 3. Krzywe hałasowe NR.

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR20 [dB]	69,0	51,3	39,4	30,6	24,3	20,0	16,8	14,4	12,6
NR15 [dB]	66,0	47,3	35,0	25,9	19,4	15,0	11,7	9,3	7,4

System wentylacji mechanicznej podczas podstawowego trybu pracy nie może przekraczać wartości krzywych hałasowych pokazanych w tabeli.

Należy zaprojektować takie przekroje kanałów wentylacyjnych (nawiew i wyciąg), żeby prędkość powietrza w kanale nie przekraczała wartości  $V \leq 3$  m/s.

W przypadku, kiedy poziom hałasu od pędu powietrza będzie nadal zbyt wysoki, należy zastosować kanały wentylacyjne wykonane z wełny szklanej lub podobne. Tam, gdzie wymagania ochrony przeciwdźwiękowej nadal nie będą spełnione, należy zastosować tłumiki akustyczne.

W projekcie należy uwzględnić hałas generowany przez centralę wentylacyjną, jaki wnosi do kanałów.

Zaleca się unikania asymetrycznych rozgałęźników, np. trójników. Wszelkie rozgałęzienia i zmiany kierunku kanału należy rozwiązywać poprzez kolana łukowe, a nie ostre. Należy unikać kształtek i głośnych przepustnic, czy regulatorów przepływu.

Wszelkie przepusty pomiędzy pomieszczeniami powinny być uszczelnione tak, żeby nie pogarszać izolacyjności akustycznej ścian.

Ze względu na wytwarzanie w Sali Widowiskowej wysokiego ciśnienia akustycznego, wszystkie komponenty systemu wentylacji powinny być odpowiednio zabezpieczone przed wibracjami tak, żeby nie powstawały żadne dźwięki.

Jeżeli w projekcie znajdują zastosowanie komory rozprężne, to jej ściany należy wyłożyć dedykowaną wełną mineralną, przynajmniej po jednej z każdej pary ścian. Zalecane rozwiązanie to płyty z wełny mineralnej o grubości min. 5 cm i gęstości ok. 50 kg/m<sup>3</sup>. Płyty powinny być pokryte tkaniną z włókna szklanego.

Jeżeli jakieś urządzenia systemu wentylacji znajdują się na zewnątrz budynku, muszą spełniać wymagania środowiskowe z godnie z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Środowiska.

## **6. UWAGI DO PROJEKTU WYKONAWCZEGO**

- Konieczność zastosowania materiałów o przybliżonych wartościach pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku w niektórych zakresach częstotliwości może powodować, że rzeczywiste wartości parametrów takich jak czas pogłosu i inne parametry mogą odbiegać od zakresu tolerancji wartości projektowych.
- W projekcie założono rozwiązanie referencyjne oparte na atestowanych elementach adaptacji akustycznej, instalowanych według zaleceń producenta. Odejście od przyjętych rozwiązań może prowadzić do uzyskania innych parametrów akustyki wewnątrz niż wartości projektowe. W przypadku zastosowania innych rozwiązań od przyjętych, wymagany jest nadzór autorski projektanta akustyki.
- Współczynnik pochłaniania jest podstawowym parametrem materiału lub ustroju akustycznego, którego wartości przyjmuje się do obliczeń parametrów akustyki wewnątrz. Zastosowanie materiałów o innych wartościach współczynnika niż przyjęte w obliczeniach wpłynie na zmianę wypadkowej wartości czasu pogłosu. Wprowadzenie zmian w zastosowanych w projekcie materiałach, wymaga wykonania ponownych obliczeń i powtórzenia opracowania projektu akustycznego.

- W celu weryfikacji projektowych wartości parametrów akustycznych wewnątrz zaleca się przeprowadzić powykonawcze pomiary normatywne czasu pogłosu RT60 dla Sali Widowiskowej. Pomiar czasu pogłosu należy wykonać zgodnie z PN-EN ISO 3382-1 – Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych – Część 1: Pomieszczenia specjalne.
- Projekt akustyki wewnątrz należy rozpatrywać całościowo ze wszystkimi jego częściami wraz z dokumentacją architektury
- Wszystkie zastosowane materiały powinny być instalowane zgodnie z obowiązującymi normami oraz spełniać wymagania ochrony ppoż. i przepisów BHP.

## **7. SPECYFIKACJA TECHNICZNA MATERIAŁÓW**

Jeżeli niniejsza dokumentacja będzie służyć dalszemu zamówieniu publicznemu na wykonanie adaptacji akustycznej i akustyki wewnątrz, to w poniższej tabeli podano minimalne wymagania w zakresie funkcjonalności oraz parametrów technicznych i jakościowych, jakim muszą odpowiadać zaprojektowane elementy kształtujące akustykę wewnątrz oraz ich poszczególne komponenty wraz z podaniem przykładowych materiałów spełniających te wymagania. Dotrzymanie wyspecyfikowanych parametrów funkcjonalnych poszczególnych materiałów z poniższej tabeli jest konieczne, aby uzyskać zakładany efekt funkcjonalny.

Dopuszcza się wykonanie zaprojektowanej adaptacji w oparciu o rozwiązania równoważne na zasadach określonych w Art. 36a ust. 5 oraz Art. 36a ust. 6 Ustawy Prawo Budowlane pod warunkiem, iż nie będzie ono skutkowało istotnym odstępniem od projektu budowlanego w rozumieniu Art. 36a ust. 1 Ustawy Prawo Budowlane.

Materiały równoważne muszą posiadać parametry funkcjonalne, techniczne i jakościowe nie gorsze niż podane w poniższej tabeli. Zgodnie z Art. 30 ust. 5 Ustawy Prawo Zamówień Publicznych w trakcie postępowania przetargowego Wykonawca jest zobowiązany wykazać, iż oferowane przez niego urządzenia spełniają minimalne wymagania określone przez projekt, zarówno pod względem parametrów funkcjonalnych, technicznych, jakościowych jak i ilościowych.

Wszystkie zmiany, modyfikacje w zakresie zaprojektowanych systemów muszą uzyskać pisemną akceptację autorów niniejszego opracowania.

L.p.	Symbol	Rodzaj rozwiązania
1.	<b>USTROJE AKUSTYCZNE W SALI WIDOWISKOWEJ</b>	
1.1	S1	Sufit nad widownią wykonany z pełnej płyty gipsowo-kartonowej o grubości 12,5 mm, z kilkoma płaszczyznami, każda pod innym kątem względem powierzchni podłogi. Dokładne kąty poszczególnych powierzchni opisano w dokumentacji Architektury. Na całej powierzchni sufitu warstwa wełny mineralnej w płytach o grubości 50 mm, ze specjalną strukturą włókien, o masie objętościowej do 20 kg/m <sup>3</sup> .
1.2	PA1	<p>Na ścianach bocznych wzdłuż widowni panele akustyczne o formacie 120 cm x 60 cm, wykonane z płyty gipsowo-włóknowej 12,5 mm o masie powierzchniowej ok. 17 kg/m<sup>2</sup>, okleinowane z perforacją okrągłą grupową. Na jednym panelu znajduje się 18 grup po 25 otworów w grupie. Grupa 25 otworów w układzie 5 szt. x 5 szt. o średnicy 6 mm każdy, odległość pomiędzy otworami w grupie 32 mm, odległość pomiędzy grupami otworów 60 mm.</p> <p>Panel montowany na konstrukcji systemowej producenta, odległość od ściany 85 mm, pomiędzy ścianą a panelem warstwa 50 mm wełny mineralnej o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup>. Zabezpieczona czarną włókniną lub innym materiałem akustycznie przezroczystym.</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_p</math> dla panela:</p> <p>125 Hz – 0,55  250 Hz – 0,40  500 Hz – 0,30  1 kHz – 0,20  2 kHz – 0,15  4 kHz – 0,15</p> <p>Dopuszcza się 5 % tolerancję dla praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku.</p> <p>Lokalizacja ustroju w dokumentacji Architektury.</p> <p>Panele posiadające odpowiednie atesty akustyczne i p.poż.</p>
1.3	USZ1	<p>Na ścianach za widownią ustrój szczelinowy w układzie poziomym, wykonany z listew o szerokości 5 cm i grubości 2 cm. Pomiedzy listwami szczeliny 5 cm. Pustka powietrzna pomiędzy listwami i ścianą wypełniona wełną mineralną o szerokości 15 cm i gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup>. Wełna zabezpieczona czarną tkaniną akustycznie przezroczystą, np. włókniną.</p> <p>Lokalizacja ustroju w dokumentacji Architektury.</p> <p>Ustrój wykonany z dokładnością do 5%.</p>
1.4	USZ2	<p>Na ścianach obok sceny ustrój szczelinowy w układzie poziomym, wykonany z listew o szerokości 5 cm i grubości 2 cm. Pomiedzy listwami szczeliny 5 cm. Pustka powietrzna pomiędzy listwami i ścianą wypełniona wełną mineralną o szerokości 5 cm i gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup>. Wełna zabezpieczona czarną tkaniną akustycznie przezroczystą, np. włókniną.</p> <p>Lokalizacja ustroju w dokumentacji Architektury.</p> <p>Ustrój wykonany z dokładnością do 5%.</p>
1.5	GBL	<p>Na lewej ścianie wewnątrz komina scenicznego ustrój w formie szczelnej przedścianki wykonanej z perforowanej płyty G-K o perforacji grupowej szczelinowej, stopień perforacji 13%. Płyta zamontowana na konstrukcji 20 cm, z warstwą 5 cm wełny mineralnej o gęstości 40-60 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_p</math> dla płyty perforowanej:</p> <p>125 Hz – 0,70  250 Hz – 0,60  500 Hz – 0,60  1 kHz – 0,55  2 kHz – 0,50  4 kHz – 0,45</p>

L.p.	Symbol	Rodzaj rozwiązania
		Dopuszcza się 5 % tolerancję dla praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku. Lokalizacja ustroju w dokumentacji Architektury. Panele posiadające odpowiednie atesty akustyczne i p.poż.
1.6	F	Fotele widowni ze średnim tapicerowaniem siedziska i oparcia. Posiadają możliwość łatwego montażu i demontażu w celu dowolnej aranżacji przestrzeni.  Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $a_p$ dla foteli pustych: 125 Hz – 0,25 250 Hz – 0,30 500 Hz – 0,40 1 kHz – 0,50 2 kHz – 0,60 4 kHz – 0,70  Dopuszcza się 5 % tolerancję dla praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku. Lokalizacja ustroju w dokumentacji Architektury. Panele posiadające odpowiednie atesty akustyczne i p.poż.
<b>2. USTROJE POMIESZCZENIA REALIZACJI DŹWIĘKU</b>		
2.1	1D1	Dyfuzory Schroedera 1D na suficie. Dyfuzory oparte o sekwencję residuum kwadratowego liczby 7 o całkowitym rozmiarze nie mniejszym niż 1200 mm x 1200 mm x 100 mm. Grubość lameli 4 mm. Obudowa i lamele ustroju wykonane ze sklejki niepalnej lub z innego materiału silnie odbijającego dźwięk zgodnie z rys. detalu AK01
2.2	1D2	Dyfuzory Schroedera 1D na ścianie i drzwiach. Dyfuzory oparte o sekwencję residuum kwadratowego liczby 11, bez lameli o całkowitym rozmiarze nie mniejszym niż 2000 mm x 1000 mm x 190 mm. Ustrój wykonany z materiału silnie odbijającego dźwięk zgodnie z rys. detalu AK01
2.3	US-1	Ustrój pochłaniający, wykonany z prasowanej wełny szklanej 40 mm, pokrytej tkaniną akustyczną, montowany w systemowej konstrukcji producenta tworząc wysokość konstrukcyjną 50 mm.  Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $a_p$ ustroju US-1: 125 Hz – 0,25 250 Hz – 0,80 500 Hz – 1,00 1 kHz – 1,00 2 kHz – 1,00 4 kHz – 1,00  Dopuszcza się 5 % tolerancję dla praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku. Lokalizacja ustroju zgodnie z rys. AK01. Ustrój powinien posiadać odpowiednie atesty akustyczne i p.poż.
2.4	WD	Na podłodze przemysłowa wykładzina dywanowa o współczynniku pochłaniania $a_w \geq 0,25$

## 8. ZAŁĄCZNIKI