



PRACOWNIA AKUSTYCZNA

Główny projektant	dr inż. Piotr Z. Kozłowski
Projektant prowadzący	mgr inż. Mikołaj Pawelec
Sprawdzenie	dr inż. Romuald Bolejko
aZadanie	Budowa Miejskiego Centrum Kultury wraz z parkingiem i drogą dojazdową
Temat	Projekt technologiczny w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej, akustyki wnętrz, systemów audiowizualnych, oświetlenia estradowego i mechaniki estradowej.
Nazwa obiektu	Miejskie Centrum Kultury w Bobowej
Adres obiektu	Gmina Bobowa działka Nr 875/1 w Bobowej
Inwestor	Gmina Bobowa ul. Rynek 21 38-350 Bobowa
Stadium	Projekt wykonawczy
Tom	1. OPIS TECHNICZNY
Edycja	Ostateczna v.01
Branża	Ochrona przeciwdźwiękowa, akustyka wnętrz.

Niniejsze opracowanie stanowi własność intelektualną Pracowni Akustycznej Kozłowski sp. j. i objęte jest prawem autorskim zgodnie z ustawą z dnia 04.02.1994 "O prawie autorskim i prawach pokrewnych". Żadna z jego części nie może być kopiowana, powielana, udostępniana w żadnej formie, również elektronicznej, bez wyraźnej pisemnej zgody autorów. Opracowanie to może być wykorzystane jedynie zgodnie z przeznaczeniem, dla którego zostało wykonane, chyba że właściciele praw autorskich podpisali na to zgodę wydaną w następstwie odpowiedniej umowy handlowej. Do czasu uregulowania pełnego wynagrodzenia Pracowni Akustycznej Kozłowski sp.j. jest ona jedynym właścicielem wszelkich praw autorskich oraz praw do wykorzystania niniejszej dokumentacji.

© Copyright by Pracownia Akustyczna Kozłowski sp. j., Wrocław, 2017

Adres jednostki projektowania:

PRACOWNIA AKUSTYCZNA Kozłowski sp. j.
ul. Opolska 140
52-014 Wrocław

NIP: 899-261-33-93

REGON: 020574694

KRS: 0000286159

tel. +48 71 794 93 31

fax. +48 71 722 08 19

web: www.akustyczna.pl

email: pracownia@akustyczna.pl

Spis zawartości projektu:

1. Część opisowa (Zawartość wedle spisu treści na str. 7)
2. Część rysunkowa:
 - 1) AW01 - Rozmieszczenie adaptacji akustycznej - rzut podłogi i sufitu
 - 2) AW02 - Rozmieszczenie adaptacji akustycznej - przekroje
 - 3) AW03 - Rozmieszczenie adaptacji akustycznej – widoki podłogi i sufitu
 - 4) AW04 - Rozmieszczenie adaptacji akustycznej – widoki ścian
 - 5) AW05 - Rozmieszczenie adaptacji akustycznej – sala wielofunkcyjna
 - 6) AW06 - Rozmieszczenie adaptacji akustycznej – garderoby
 - 7) AQ01 – wytyczne do sposobu montażu puszki elektrycznej w przegrodzie budowlanej.
 - 8) AQ02 – wytyczne do sposobu tworzenia przejść oraz przelotów przez przegrody budowlane.
 - 9) AQ04 – wytyczne konstrukcji podłogi estrady.

Spis treści

Adres jednostki projektowania:	3
Spis zawartości projektu:	5
Spis treści	7
Spis tabel w części opisowej	9
1. Podstawa opracowania	11
1.1. Podstawa formalna	11
1.2. Podstawa merytoryczna	11
2. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu	13
2.1. Sala koncertowa	13
2.2. Sala wielofunkcyjna	13
3. Ochrona przeciwdźwiękowa	15
3.1. Źródła hałasu	15
3.2. Pomieszczenia chronione przed hałasem	15
3.3. Ochrona środowiska przed hałasem	15
3.4. Dopuszczalny poziom tła akustycznego w pomieszczeniach	16
3.5. Wymagana izolacyjność akustyczna przegród budowlanych	16
3.6. Wymagana izolacyjność akustyczna stolarki okiennej i drzwiowej	18
3.7. Opis rozwiązań budowlanych	19
3.7.1. Sala koncertowa	19
3.8. Ogólne wytyczne dla instalacji elektrycznych i oświetleniowych dotyczące ochrony przeciwdźwiękowej pomieszczeń	19
3.9. Ogólne wytyczne dla instalacji wentylacyjnej dotyczące ochrony przeciwdźwiękowej pomieszczeń	19
3.10. Ogólne wytyczne dla pozostałych instalacji technicznych	21
3.11. Otwory na instalacje w przegrodach budowlanych	21
4. Akustyka wnętrz	23
4.1. Sala koncertowa	23
4.1.1. Komputerowy model akustyczny	24
4.2. Sala wielofunkcyjna	27
4.3. Garderoba duża	27
4.4. Garderoby małe	28
4.5. Pomieszczenia biurowe	29
4.6. Pomieszczenia socjalne	29

4.7. Przestrzenie komunikacyjne	29
5. Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót.....	31
5.1. Ustroje perforowane.....	31
5.2. Ustroje rozpraszające dźwięk	33
5.3. Ustroje płytowe	34
5.4. Ustroje na bazie wełny mineralnej.....	35
5.5. Sufity podwieszane	35
5.6. Przejedne panele akustyczne – E1	36
5.7. Kurtyny	36
5.8. Podłoga estrady sali koncertowej.....	36
5.9. Plafony akustyczne – PA1	37
5.10. Podsumowanie powierzchni ustrojów akustycznych.....	37
6. Procedury strojenia pomieszczeń	39
6.1. Sala koncertowa	39
6.1.1. Pomiar pierwszy	39
6.1.2. Pomiar drugi	39
6.1.3. Pomiar trzeci.....	40
6.1.4. Pomiar czwarty	40
6.2. Sala wielofunkcyjna	40
6.2.1. Pomiar pierwszy	40
6.2.2. Pomiar drugi	40
6.3. Garderoba duża.....	40
6.3.1. Pomiar pierwszy	40
6.3.2. Pomiar drugi	41
6.4. Garderoby małe	41
6.4.1. Pomiar pierwszy	41
6.4.2. Pomiar drugi	41
6.5. Zmiany wprowadzane po pomiarach akustycznych w ramach procedury strojenia akustycznego 41	
7. Podsumowanie	43

Spis tabel w części opisowej

Tab. 3.1. Dopuszczalny poziom tła akustycznego	16
Tab. 3.2. Wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla krzywych oceny hałasu NR	16
Tab. 3.3. Wymagana minimalna izolacyjność akustyczna przegród budowlanych.....	17
Tab. 3.4. Zalecana minimalna izolacyjność akustyczna stolarki okiennej.....	18
Tab. 3.5. Zalecana minimalna izolacyjność akustyczna stolarki drzwiowej.....	18
Tab. 3.6. Zalecane maksymalne prędkości przepływu powietrza w systemie klasycznej (bez plenum) wentylacji sali koncertowej	20
Tab. 4.1. Końcowe wyniki przeprowadzonych symulacji	26
Tab. 5.1. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF1	31
Tab. 5.2. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF2	31
Tab. 5.3. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF3	32
Tab. 5.4. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF4	32
Tab. 5.5. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF5	32
Tab. 5.6. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF6	33
Tab. 5.7. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF7	33
Tab. 5.8. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF8	33
Tab. 5.9. Specyfikacja wymagań dla ustroju rozpraszającego UR1	33
Tab. 5.10. Specyfikacja wymagań dla ustroju rozpraszającego UR2.....	34
Tab. 5.11. Specyfikacja wymagań dla ustroju rozpraszającego UR3.....	34
Tab. 5.12. Specyfikacja wymagań dla ustroju płytowego UP1	34
Tab. 5.13. Specyfikacja wymagań dla ustroju UW1	35
Tab. 5.14. Specyfikacja wymagań dla ustroju UW2.....	35
Tab. 5.15. Specyfikacja akustyczna sufitu UA1	35
Tab. 5.16. Specyfikacja akustyczna sufitu UA2.....	35
Tab. 5.17. Specyfikacja wymagań dla ustroju E1	36
Tab. 5.18. Podsumowanie powierzchni ustrojów akustycznych.....	37

1. Podstawa opracowania

1.1. Podstawa formalna

- [1] Umowa nr RliGK7/2017 z dnia 2017-01-16 podpisana przez Pracownię Akustyczną Kozłowski sp.j. z Gminą Bobowa ul. Rynek 21, 38-350 Bobowa na wykonanie projektu technologicznego dla zadania pn. „Budowa Miejskiego Centrum Kultury wraz z parkingiem i drogą dojazdową” w Bobowej w zakresie: ochrony przeciwdźwiękowej, akustyki wnętrz, systemów audiowizualnych i technologii scenicznej.

1.2. Podstawa merytoryczna

- [2] PN-B-02153:2002 Akustyka budowlana – Terminologia, symbole literowe i jednostki.
- [3] PN-B-02151-03:2015-10 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
- [4] PN-B-02151-02:1987 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [5] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana – Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów – Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami.
- [6] PN-EN 12354-3:2003 Akustyka budowlana – Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów – Część 3: Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz.
- [7] PN-EN 12354-4:2003 Akustyka budowlana – Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów – Część 4: Przenikanie hałasu z budynku do środowiska.
- [8] PN-EN ISO 11654:1999 Akustyka – Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie – Wskaźniki pochłaniania dźwięku.
- [9] PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka. Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 1: Pomieszczenia specjalne.
- [10] Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U.2014 poz. 112).
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U.2012.0.1109).
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U.2007 nr 120 poz. 826).
- [13] 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). Tekst ujednolicony po nowelizacji z komentarzem, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2009.
- [14] Kulowski A., Akustyka sal, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.
- [15] Sadowski J., Akustyka Architektoniczna, PWN, Warszawa, 1976.

- [16] Everest A., Podręcznik akustyki, Sonia Draga, Katowice, 2010.
- [17] Long M., Architectural Acoustics, Elsevier Inc., 2006.
- [18] Mehta M., Johnson J., Rocafort J., Architectural Acoustics Principles and Design, Prentice Hall 1998.
- [19] Sheaffer J., Prediction and Evaluation of RT Design Criteria, 2007.
- [20] Beranek L., Concert Halls and Opera Houses, Springer Science+Business Media, 2004.

2. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu

Przez pojęcie obiekt w opracowaniu rozumie się pomieszczenia opisane w poniższych podpunktach.

W projektowanym budynku ze względu na właściwości akustyczne wewnątrz można wyróżnić następujące pomieszczenia:

- sala koncertowa,
- sala wielofunkcyjna,
- garderoba duża,
- dwie garderoby małe,
- hol,
- pomieszczenia administracyjne,
- korytarze, klatki schodowe, pomieszczenia techniczne,
- pomieszczenia sanitarne.

2.1. *Sala koncertowa*

Dla sali koncertowej przewiduje się organizację następujących imprez:

- solowe i grupowe koncerty uczniów szkoły muzycznej oraz innych muzyków,
- koncerty muzyki klasycznej – akustyczne,
- koncerty muzyki rozrywkowej – z wykorzystaniem nagłośnienia,
- przedstawienia teatralne,
- imprezy słowno – muzyczne z wykorzystaniem nagłośnienia,
- konferencje, szkolenia.

Bryła sali nie jest jeszcze wybudowana. Jej projektowane parametry:

- kubatura: ~ 2 500 m³ (estrada i widownia),
- liczba miejsc: ~ 253,
- powierzchnia użytkowa: ~ 370 m²,
 - ~ 135 m² – estrada,
 - ~ 235 m² – widownia.

2.2. *Sala wielofunkcyjna*

Dla sali wielofunkcyjnej przewiduje się organizację następujących imprez:

- konferencje w układzie prelegent + widownia,
- prezentacje, wykłady, szkolenia.

Sala wielofunkcyjna będzie pomieszczeniem o kubaturze około 340 m³ przeznaczonym dla około 50 osób.

3. Ochrona przeciwdźwiękowa

W niniejszym rozdziale podano wymagania dotyczące dopuszczalnych poziomów tła akustycznego w poszczególnych pomieszczeniach oraz wymagania dotyczące minimalnej izolacyjności akustycznej, jaką powinny spełniać przegrody oraz stolarka drzwiowa.

Za zachowanie podanych w poniższej części opracowania wymaganych wartości i zaleceń odpowiedzialny jest osobiście dany projektant (architektury, konstrukcji, wentylacji, ogrzewania, instalacji sanitarnych, itp...).

3.1. Źródła hałasu

Pomieszczenia powinny być chronione ze względu na hałas powstający:

- na zewnątrz budynku, w tym komunikacja miejska i transport w otoczeniu budynku,
- w wyniku zjawisk atmosferycznych (deszcz, grad),
- wewnątrz budynku w wyniku użytkowania pomieszczeń zgodnie z ich przeznaczeniem (hałas bytowy),
- w wyniku działania urządzeń wyposażenia technicznego budynku,
- w wyniku działania technicznych instalacji wewnętrznych budynku, takich jak wentylacja, klimatyzacja, instalacje wodne, kanalizacyjne itp.

3.2. Pomieszczenia chronione przed hałasem

Z uwagi na zagadnienie ochrony przeciwdźwiękowej można wyróżnić następujące typy pomieszczeń:

1. Pomieszczenia, których ochrona przeciwdźwiękowa jest szczególnie ważna z punktu widzenia funkcji, jaką mają spełniać, dla których zostaną określone wymagania indywidualne:
 - a) sala koncertowa,
2. Pomieszczenia podlegające ochronie na podstawie przepisów ogólnych (dopuszczalne poziomy dźwięku – norma PN-B-02151-02:1987 [4]; wymagania odnośnie izolacyjności przegród – norma PN-B-02151-03:1999 [3]):
 - a) sala wielofunkcyjna,
 - b) garderoba duża,
 - c) dwie garderoby małe,
 - d) hol,
 - e) pomieszczenia administracyjne.

3.3. Ochrona środowiska przed hałasem

Emisja hałasu do środowiska na skutek użytkowania budynku nie może być większa, niż określona w rozporządzeniu [10]. Oznacza to, że dopuszczalny poziom emitowanego hałasu, wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A w dB, nie może być większy niż $L_{Aeq D} = 50$ dB w porze dnia ($6^{00} - 22^{00}$) oraz $L_{Aeq N} = 40$ dB w porze nocy ($22^{00} - 6^{00}$).

3.4. Dopuszczalny poziom tła akustycznego w pomieszczeniach

Dopuszczalny poziom hałasu w pomieszczeniu nie powinien przekraczać wartości wyrażonych za pomocą odpowiednich krzywych oceny hałasu NR dla pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej oraz wartości wyrażonych poprzez równoważny poziom dźwięku A dla pomieszczeń podlegających ochronie na podstawie przepisów ogólnych.

Wymagane wartości dopuszczalnego poziomu tła akustycznego odnoszą się do typowych źródeł hałasu, których widmo ma charakter szerokopasmowy. W pomieszczeniach nie może być słyszalny hałas o charakterze okresowym, impulsowym lub tonalnym.

Tab. 3.1. Dopuszczalny poziom tła akustycznego

Pomieszczenie	Dopuszczalne całkowite tło akustyczne	Dopuszczalny łączny hałas od klimatyzacji, wentylacji i wyposażenia technicznego
Sala koncertowa	NR 25	NR 20
Sala wielofunkcyjna	40 dBA	35 dBA
Garderoba duża	40 dBA	35 dBA
Garderoba mała	40 dBA	35 dBA
Hol	50 dBA	45 dBA
Pomieszczenia administracyjne	40 dBA	35 dBA

Tab. 3.2. Wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla krzywych oceny hałasu NR

f [Hz] →	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
NR20 [dB]	51,3	39,4	30,6	24,3	20,0	16,8	14,4	12,6
NR25 [dB]	55,2	43,7	35,2	29,2	25,0	21,9	19,5	17,7

3.5. Wymagana izolacyjność akustyczna przegród budowlanych

W poniższej tabeli podano wymagane wartości izolacyjności akustycznej przegród budowlanych dla opisywanych pomieszczeń. Wymaganą izolacyjność akustyczną wyznaczono w zależności od funkcji pomieszczeń chronionych oraz rodzaju zakłóceń w pomieszczeniach sąsiadujących.

Wymagana izolacyjność akustyczna przegród budowlanych wyrażona jest poprzez jednolicebowy wskaźniki oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} lub R'_{A2} .

Dodatkowo w niektórych przypadkach podano wymagany wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$.

Tab. 3.3. Wymagana minimalna izolacyjność akustyczna przegród budowlanych

Pomieszczenie	Pomieszczenie sąsiednie	R' _{A1} [dB]	R' _{A2} [dB]	L' _{n,w} [dB]	Uwagi:
1.06 Sala koncertowa	1.01 Hol	≥ 60	–	–	Masywna przegroda warstwowa.
	1.03 Komunikacja wewnętrzna	≥ 60	–	–	–
	1.04 Pomieszczenie techniczne	≥ 50	–	–	Podana wartość obowiązuje pod warunkiem, że w pomieszczeniu technicznym nie będą znajdować się żadne urządzenia generujące hałas.
	1.09 WC	≥ 60	–	–	Niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji wodno-kanalizacyjnej oraz montowanie urządzeń i armatury na ścianie oraz w ścianie sali koncertowej.
	1.10 Magazyn	≥ 50	–	–	–
	1.13 Komunikacja wewnętrzna	≥ 60	–	–	–
	1.14 Amplifikatornia	≥ 56	–	–	–
	1.15 Magazyn	≥ 50	–	–	–
	1.16 Komunikacja wewnętrzna	≥ 53	–	–	–
	0.10 Sala wielofunkcyjna	≥ 70	–	< 50	–
	0.03 – 0.09 Pomieszczenia gospodarcze do obsługi sali wielofunkcyjnej	≥ 63	–	< 50	–
	2.01 Komunikacja / klatka schodowa	≥ 60	–	–	–
	2.02 Komunikacja wewnętrzna	≥ 60	–	–	–
	2.05 Pomieszczenie techniczne	≥ 53	–	–	–
	2.08 Przestrzeń nieużytkowa	≥ 53	–	–	–
	Otoczenie budynku	–	≥ 64	–	Masywna przegroda warstwowa. Wymagania dotyczą zarówno ścian bocznych jak i dachu.
	0.07 Kuchnia	≥ 60	–	–	–
0.10 Sala wielofunkcyjna	0.08 Zmywalnia	≥ 50	–	–	–
	0.03 Komunikacja wewnętrzna	≥ 48	–	–	–
	0.01 Komunikacja wewnętrzna	≥ 48	–	–	–
	Otoczenie budynku	–	≥ 55	–	–

3.6. Wymagana izolacyjność akustyczna stolarki okiennej i drzwiowej

W poniższych tabelach przedstawiono wymagania indywidualne dotyczące zalecanych minimalnych wartości izolacyjności akustycznej dla stolarki okiennej i drzwiowej.

Wymagana izolacyjność akustyczna wyrażona jest poprzez $R_{A,1,R}$ lub $R_{A,2,R}$ – projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1}$ lub $R_{A,2}$ [3] [5].

Tab. 3.4. Zalecana minimalna izolacyjność akustyczna stolarki okiennej

Pomieszczenie	Pomieszczenie sąsiednie	Izolacyjność stolarki okiennej		Uwagi:
		$R_{A,1,R}$ [dB]	$R_{A,2,R}$ [dB]	
0.10 Sala wielofunkcyjna	Otoczenie budynku	–	≥ 36	–
1.18 Garderoba duża	Otoczenie budynku	–	≥ 34	–
1.19 Garderoba mała	Otoczenie budynku	–	≥ 34	–
1.21 Garderoba mała	Otoczenie budynku	–	≥ 34	–
1.12 Pomieszczenie biurowe	Otoczenie budynku	–	≥ 34	–
1.15 Magazyn	Otoczenie budynku	–	≥ 36	–

Tab. 3.5. Zalecana minimalna izolacyjność akustyczna stolarki drzwiowej

Pomieszczenie	Pomieszczenie sąsiednie	Izolacyjność stolarki drzwiowej		Uwagi:
		$R_{A,1,R}$ [dB]	$R_{A,2,R}$ [dB]	
1.06 Sala koncertowa	1.01 Hol	≥ 42	–	Należy zastosować dwie pary drzwi w formie śluzy akustycznej, podany wskaźnik izolacyjności akustycznej dotyczy każdej z dwóch par drzwi.
	1.03 Komunikacja wewnętrzna	≥ 42	–	–
	1.04 Pomieszczenie techniczne	≥ 40	–	Podana wartość obowiązuje pod warunkiem, że w pomieszczeniu technicznym nie będą znajdować się żadne urządzenia generujące hałas.
	1.15 Magazyn	≥ 40	–	–
	1.13 Komunikacja wewnętrzna	≥ 42	–	–
	1.10 Magazyn	≥ 40	–	–
0.10 Sala wielofunkcyjna	Otoczenie budynku	–	≥ 42	–
	0.01 Komunikacja wewnętrzna	≥ 40	–	–
1.18 Garderoba duża	1.13 Komunikacja wewnętrzna	≥ 40	–	–
1.19 Garderoba mała	1.13 Komunikacja wewnętrzna	≥ 40	–	–
1.21 Garderoba mała	1.13 Komunikacja wewnętrzna	≥ 40	–	–
1.14 Magazyn	1.13 Komunikacja wewnętrzna	≥ 32	–	–
1.15 Magazyn	1.16 Komunikacja	≥ 38	–	–

	wewnętrzna			
1.16 Komunikacja wewnętrzna	Otoczenie budynku	–	≥ 38	–
1.01 Komunikacja wewnętrzna	Otoczenie budynku	–	≥ 38	–

3.7. Opis rozwiązań budowlanych

Poniżej przedstawiono typy konstrukcji przegród, które powinny być stosowane w budynku oraz najważniejsze elementy, które mogą stanowić problem w przypadku ochrony przeciwdźwiękowej omawianego budynku.

3.7.1. Sala koncertowa

1. Ściany boczne wykonane jako przegrody masywne.
2. Strop sali - masywna przegroda warstwowa.
3. Dach wykonany jako konstrukcja warstwowa, zapewniająca odpowiednią izolacyjność akustyczną od typowych źródeł hałasu oraz zjawisk atmosferycznych takich jak deszcz i grad.
4. Posadzka wykonana w formie podłogi pływającej na warstwie wełny mineralnej z dylatacją po obwodzie.
5. Wyjścia do holu realizowane w formie słuz akustycznych.
6. Słuz akustyczne wyposażone w dwie pary drzwi o podwyższonej izolacyjności akustycznej.
7. Na widowni podłoga podniesiona na legarach. Pustka służąca jako plenum rozprężne dla systemu wentylacji wyłożone wełną mineralną przykrytą flizeliną. Powietrze podawane na salę spod foteli.

3.8. Ogólne wytyczne dla instalacji elektrycznych i oświetleniowych dotyczące ochrony przeciwdźwiękowej pomieszczeń

Przewody elektryczne i osprzęt instalacyjny nie może obniżać izolacyjności akustycznej przegród w pomieszczeniach chronionych przed hałasem. Oznacza to, że należy prowadzić przewody instalacji elektrycznej natynkowo, natomiast w przypadku prowadzenia instalacji pod tynkiem w przegrodach ciężkich bruzda pod instalację nie może być głębsza od 1/10 grubości przegrody.

Nie należy umieszczać styczników, przełączników, transformatorów oświetleniowych ani sygnalizacyjnych w pomieszczeniach do wykonywania i odsłuchu muzyki.

W przypadku montowania gniazdek i wyłączników w ścianach warstwowych pomiędzy pomieszczeniami, należy stosować gniazda natynkowe. Ewentualnie można stosować osprzęt podtynkowy, przy zagwarantowaniu ciągłości ochrony przeciwdźwiękowej otworowanych warstw przegród np. w sposób pokazany na rysunku AQ01.

Zamontowane oświetlenie musi spełniać podstawowe wymagania dotyczące emisji hałasu określone dla poszczególnych pomieszczeń.

3.9. Ogólne wytyczne dla instalacji wentylacyjnej dotyczące ochrony przeciwdźwiękowej pomieszczeń

Hałas z instalacji wentylacyjnej nie może przekraczać wartości dopuszczalnych podanych w Tab. 3.1 oraz Tab. 3.2 określonych dla poszczególnych pomieszczeń.

Przejścia przewodów i kanałów przez ściany i stropy należy uszczelnić akustycznie, zapewniając zachowanie izolacyjności akustycznej przegrody i eliminując sztywne połączenia przewodów z przegrodą.

W miejscu podłączenia przewodów i kanałów do urządzeń, stanowiących źródło drgań, należy stosować łączniki (kompensatory elastyczne) przeciwdziałające przenoszeniu się drgań z urządzeń na strukturę przewodów i kanałów.

Należy stosować wyłącznie elastyczne podparcia i podwieszenia przewodów i kanałów instalacyjnych, najlepiej rozwiązania systemowe.

Niedopuszczalne jest prowadzenie kanałów wentylacyjnych tranzytem przez przegrody dźwiękoizolacyjne. Przez przegrodę dźwiękoizolacyjną dopuszczalne jest tylko przejście kanału wlotowego/wylotowego obsługującego bezpośrednio dane pomieszczenie. Przejście należy zaprojektować z zachowaniem wymaganej izolacyjności akustycznej przegrody.

W przypadku projektowania wspólnej instalacji wentylacyjnej / klimatyzacyjnej dla różnych pomieszczeń (np. pomieszczeń administracyjnych) należy zastosować odpowiednio zaprojektowane tłumiki akustyczne w instalacji pomiędzy pomieszczeniami, eliminujące przesłuchy pomiędzy pomieszczeniami.

Urządzenia generujące drgania należy umieszczać na odpowiednio dobranych wibroizolatorach.

W celu unikania generacji hałasu aerodynamicznego w kanałach, należy stosować łagodne zmiany kierunku i przekroju kanałów, unikać przepustnic, kryz oraz innych przewężeń wewnątrz kanałów.

Zaleca się stosowanie kanałów wentylacyjnych wyłożonych od wewnątrz materiałem dźwiękochłonnym, zwłaszcza na końcowych odcinkach.

W przypadku wentylacyjnych kanałów blaszanych, w miarę możliwości należy stosować kanały o przekroju zbliżonym do kwadratu lub okrągłe.

W przypadku wentylacyjnych kanałów miękkich należy pamiętać, że przy bardzo dobrych właściwościach dźwiękochłonnych, kanały te charakteryzują się niską izolacyjnością akustyczną, dlatego nie nadają się do wszystkich zastosowań. Należy dokładnie przeanalizować lokalizację, w których stosowanie takich kanałów przyniesie rzeczywistą korzyść w postaci zmniejszenia poziomu hałasu od elementów instalacji wentylacyjnej.

Powietrze powinno być nawiewane poprzez plenum rozprężne wytłumione akustycznie matą z wełny mineralnej o grubości 10 cm i gęstości 40 – 60 kg/m³ zabezpieczonej odpowiednim welonem przeciwkurzowym.

Nawiewniki w sali koncertowej powinny być wykonane z materiałów nie wpadających w rezonans (nie brzęczących), np. odlew żeliwny.

Dla klasycznego nawiewu i wywiewu, tzn. układu z wykorzystaniem krat nawiewowych i z pominięciem plenum, dopuszczalne wartości prędkości powietrza podano w tabeli poniżej.

Tab. 3.6. Zalecane maksymalne prędkości przepływu powietrza w systemie klasycznej (bez plenum) wentylacji sali koncertowej

	Na wylocie	7 średnic od wylotu	W kanale rozprowadzającym	Maksymalna
Nawiew	1,7	2,1	3,5	5,5
Wywiew	2,0	2,4	3,5	5,9

3.10. Ogólne wytyczne dla pozostałych instalacji technicznych

Niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji wodno-kanalizacyjnej oraz montowanie urządzeń i armatury na ścianach / w ścianach oraz stropach pomieszczeń chronionych przeciwdźwiękowo.

Rury i elementy instalacji najlepiej mocować do wydzielonych ścianek instalacyjnych z płyt GK przy użyciu uchwytów z przekładkami wibroizolującymi / gumowymi.

W całym budynku zaleca się stosowanie kanalizacji niskoszumowej.

Należy stosować systemowe uchwyty do kanalizacji niskoszumowej, zawierające elementy elastyczne, przeciwdziałające przenoszeniu drgań i hałasu na ścianę. W przypadku pozostałych instalacji również konieczne jest, aby pomiędzy przewodem a wewnętrzną powierzchnią uchwytu znajdowała się przekładka elastyczna, najlepiej systemowa.

Prędkość przepływu wody ciepłej i zimnej nie powinna przekraczać 1,2 m/s dla rur o średnicy do 50 mm i 3 m/s dla rur o większych średnicach, z ograniczeniem spadku ciśnienia do 400 Pa/m.

Ograniczenia dotyczące prowadzenia rur dotyczą także rur spustowych.

3.11. Otwory na instalacje w przegrodach budowlanych

Przejścia kanałów wentylacyjnych oraz wszelkich przelotów kablowych przez ściany muszą być dokładnie uszczelnione – kanał należy owinać twardą wełną mineralną w taki sposób, aby wełna wypełniła szczelnie całą przestrzeń pomiędzy kanałem / przelotem a otworem w ścianie. Po obydwu stronach ściany przejście uszczelnić opaskami z płyty GKF o grubości 20–24 mm (szczegóły na rysunku AQ02), lub uszczelnić masą o dużej gęstości i trwale elastyczną.

Technologie montażu elementów, które naruszają konstrukcję przegród, należy konsultować z projektantami akustyki architektonicznej.

4. Akustyka wewnątrz

Każdy z projektowanych typów pomieszczeń charakteryzuje się zestawem parametrów akustycznych, które będą decydować zarówno o walorach akustycznych, jak i użytkowych tych wnętrz. Zakładane wartości parametrów akustycznych dla poszczególnych pomieszczeń są w głównej mierze określone przez funkcję akustyczną i kubaturę projektowanych wnętrz.

W projekcie akustyki wewnątrz zostaną wykorzystane:

- teoria statystyczna,
- teoria akustyki geometrycznej.

Teoria statystyczna zostanie wykorzystana we wszystkich projektowanych pomieszczeniach do określenia rodzaju i potrzebnej ilości szerokopasmowych materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych w celu uzyskania zakładanych warunków pogłosowych.

Teoria akustyki geometrycznej zostanie użyta do analizy echogramów, a także do nadania odpowiedniego kształtu powierzchniom wewnętrznym wybranych pomieszczeń oraz do określenia miejsc pokrycia ich odpowiednim materiałem, np. dźwiękochłonnym, rozpraszającym lub odbijającym dźwięk.

4.1. Sala koncertowa

Szczegółowe dane dotyczące przeznaczenia pomieszczenia oraz jego podstawowych parametrów zostały przedstawione w rozdziale nr 2 – „Przeznaczenie i program użytkowy obiektu”.

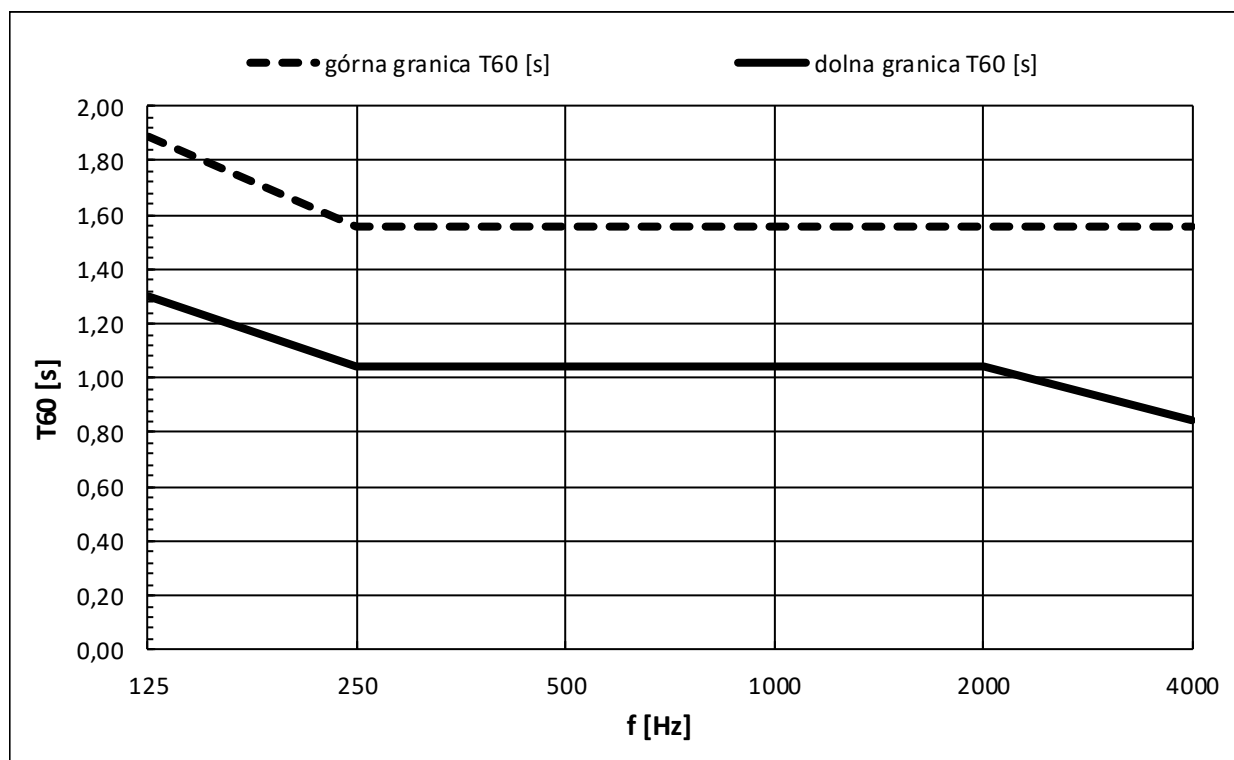
Założone wartości parametrów akustycznych dla projektowanej sali opracowano na podstawie literatury [14] [15] [18] [20].

- wartość projektowa czasu pogłosu: $T_{60} = 1,3$ s ,
- czas wczesnego zaniku EDT mieszczący się w zakresie: 1,1 – 1,3 s,
- czas opóźnienia pierwszego odbicia *ITDG* w środkowej części widowni: < 20 ms,
- możliwość skrócenia czasu pogłosu do wartości: $T_{60} = 1,1$ s,
- dobra zrozumiałość mowy ($STI \geq 0,6$) dla 90% obszaru widowni,
- siła dźwięku *G* w sali w środkowej części widowni w zakresie średnich częstotliwości: min 10 dB,
- nierównomierność siły dźwięku *G* na widowni: < 6 dB,
- wskaźnik *BR* (*Bass Ratio*) mieszczący się w zakresie: 1,0 – 1,3,
- wskaźnik *TR* (*Treble Ratio*) mieszczący się w zakresie: 0,8 – 1,0,
- przejrzystość dźwięku wyrażona parametrem C_{80} na widowni z publicznością: 1 ÷ 7 dB,
- wskaźnik udziału energii bocznej *LF*: > 15%,
- wskaźnik wsparcia ST_E na estradzie z zakresu: -18 ÷ -10 dB.

Akustyka wnętrza sali będzie regulowana przy wykorzystaniu metody regulacji pasywnej z wykorzystaniem gęstej kurtyny horyzontowej oraz przejezdnych paneli akustycznych.

Współczynnik kubaturowy dla sal koncertowych (filharmonicznych) powinien się mieścić w granicach 6,2 – 10,8 m³/osobę [17]. Przy obecnej kubaturze współczynnik ten wynosi około 8,8 m³/osobę, czyli jest odpowiedni.

Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu powinna być możliwie wyrównana i monotonicznie opadająca. Do uzyskania ciepłego brzmienia muzyki zaleca się wzrost czasu pogłosu przy najmniejszych częstotliwościach [18], [20]. Przyjęto, że czas pogłosu przy 125 Hz może być większy od T_{60} maksymalnie o 50 %. W zakresie częstotliwości dużych dopuszcza się zmniejszenie wartości czasu pogłosu, związane z rosnącym udziałem pochłaniania dźwięku przez powietrze [18], [20]. Spadek czasu pogłosu w tym zakresie nie powinien wynikać z zastosowania materiałów dźwiękochłonnych o zbyt dużym pochłanianiu dźwięków wysokich.

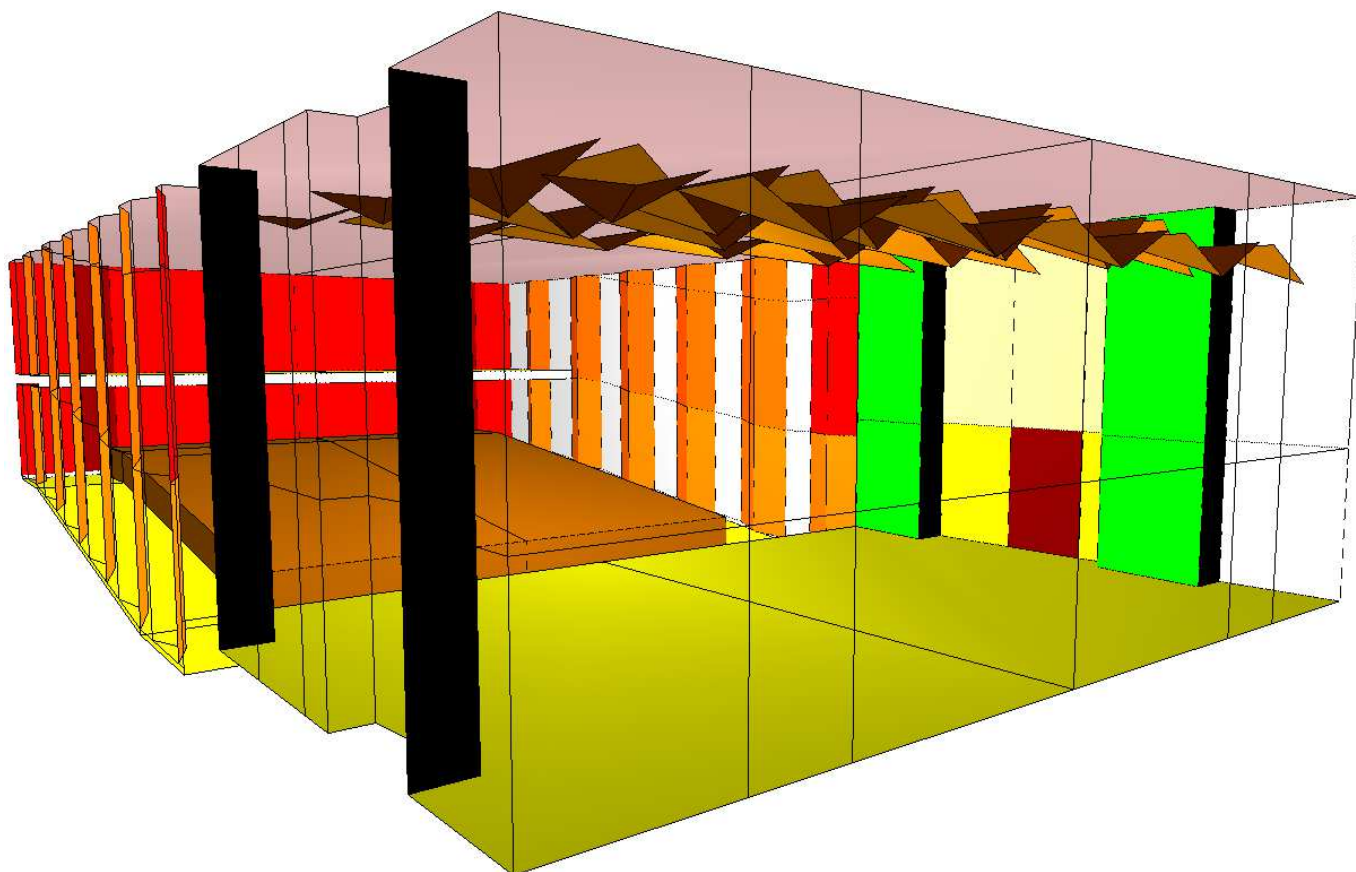


Rys. 4.1. Granice dopuszczalnych wartości czasu pogłosu przy zalecanym czasie pogłosu $T_{60} = 1,3$ s

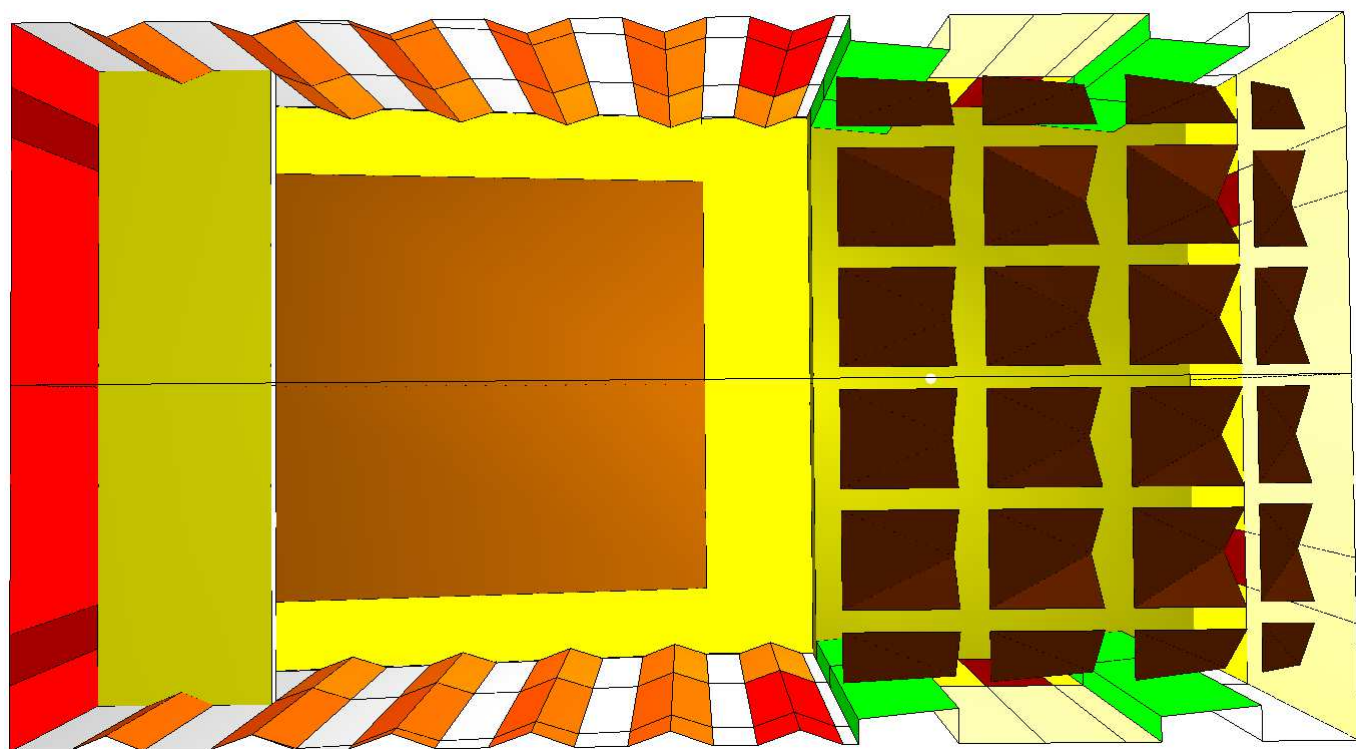
4.1.1. Komputerowy model akustyczny

Do celów analizy warunków akustycznych w pomieszczeniu sporządzono trójwymiarowy model sali. Wyjściowe parametry akustyczne poszczególnych materiałów, takie jak współczynniki pochłaniania i rozpraszania dźwięku, dobrano w oparciu o dane literaturowe [14], [15], [17], [18], [20] oraz karty katalogowe zastosowanych lub podobnych materiałów.

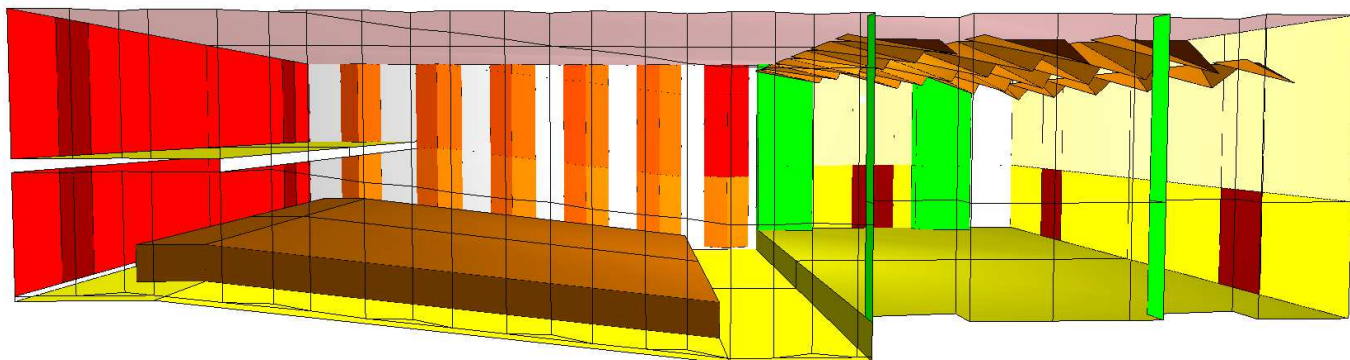
Poniższe rysunki przedstawiają widoki sali zamodelowanej w programie CATT Acoustics.



Rys. 4.2. Widok aksonometryczny



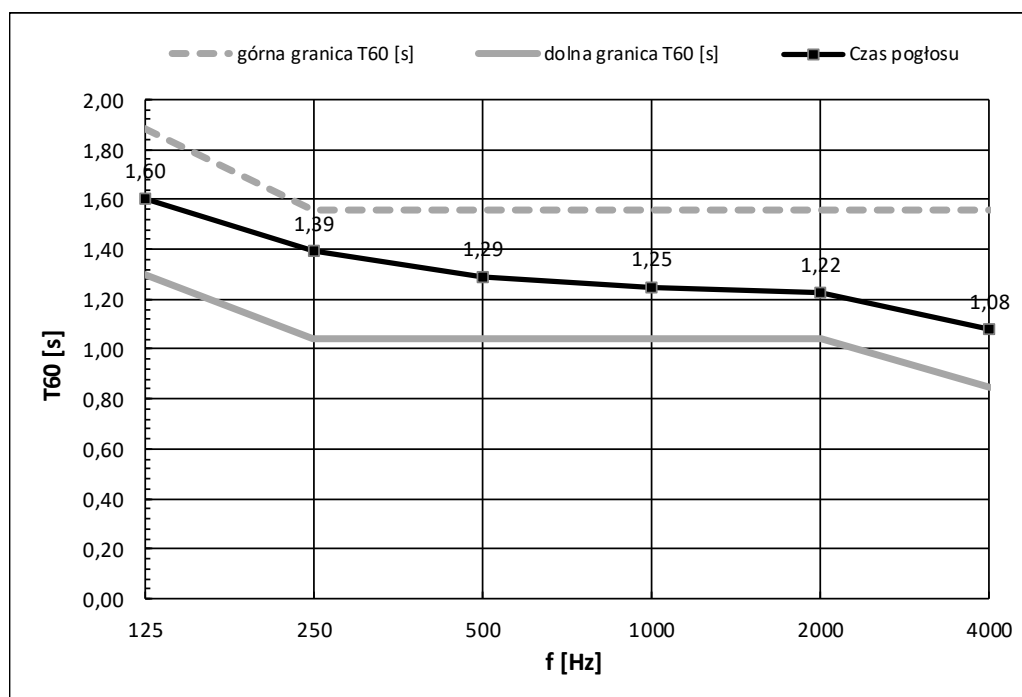
Rys. 4.3. Widok z góry



Rys. 4.4. Widok z prawej strony

Tab. 4.1. Końcowe wyniki przeprowadzonych symulacji

Parametr	Wartość
Wartość czasu pogłosu	$T_{60} = 1,3$ s
Wartość czasu wczesnego zaniku	EDT = 1,2 s
Czas opóźnienia pierwszego odbicia ITDG w środkowej części widowni	ITDG < 20 ms
Możliwość skrócenia wartości czasu pogłosu	$T_{60} = 1,1$ s
Zrozumiałość mowy	STI $\geq 0,6$ (dla 90% obszaru widowni,)
Siła dźwięku w sali w środkowej części widowni w zakresie średnich częstotliwości	G = 10 dB
Nierównomierność siły dźwięku G na widowni	< 6 dB,
Wskaźnik BR (<i>Bass Ratio</i>)	BR = 1,2
Wskaźnik TR (<i>Treble Ratio</i>)	TR = 0,9
Przejrzystość dźwięku C_{80}	$C_{80} = 4$ dB
Wskaźnik udziału energii bocznej w środkowej części widowni	LF = 22%
Wskaźnik wsparcia ST_E na estradzie	$ST_E = -11$ dB



Rys. 4.5. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu – wyniki obliczeń (bez obecności ludzi)

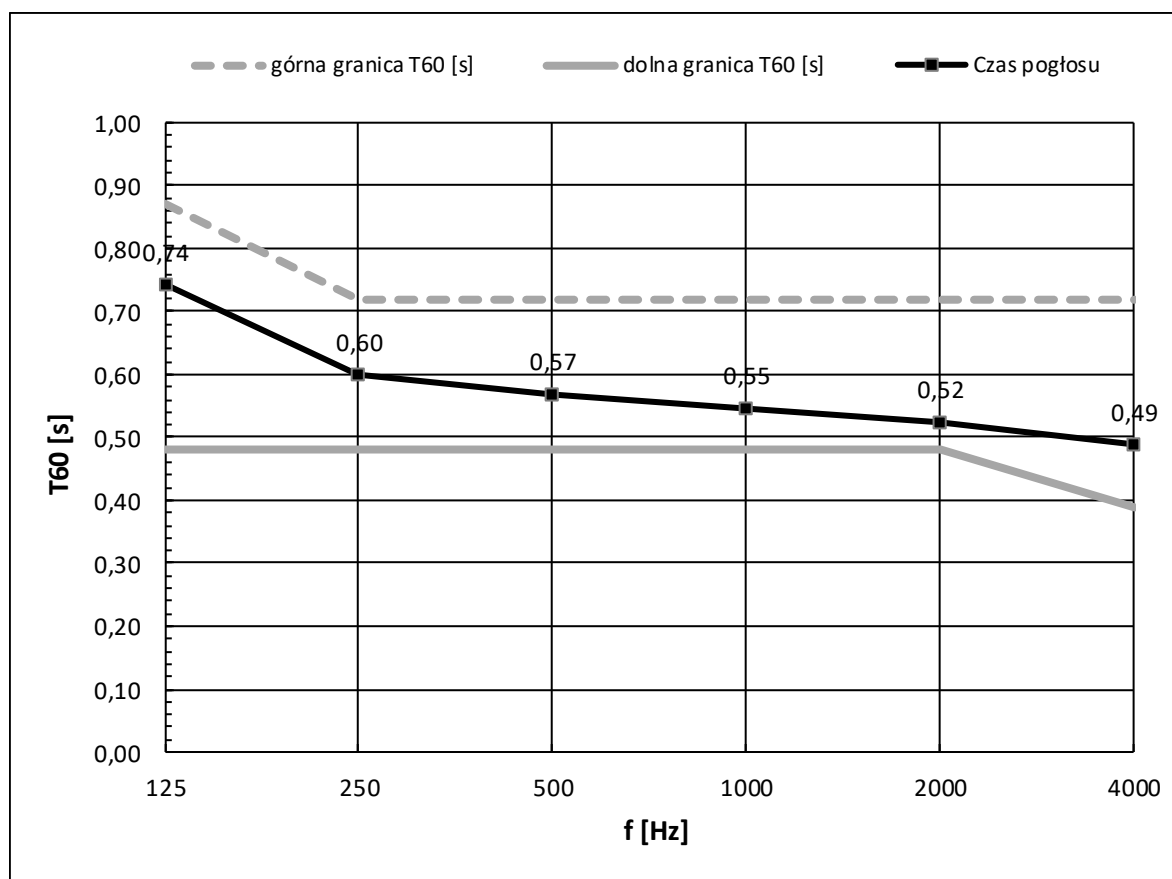
4.2. Sala wielofunkcyjna

Szczegółowe dane dotyczące przeznaczenia pomieszczenia oraz jego podstawowych parametrów zostały przedstawione w rozdziale nr 2 – „Przeznaczenie i program użytkowy obiektu”.

Maksymalna wartość projektowa czasu pogłosu dla sali wielofunkcyjnej powinna wynieść $T_{\max} = 0,6$ s. Podana wartość czasu pogłosu odnosi się do pomieszczenia wykończonego, umeblowanego zgodnie z jego przeznaczeniem lecz bez obecności ludzi [13].

Podczas projektowania akustyki pomieszczenia zastosowano metodę statystyczną. Została ona wykorzystana do określenia rodzaju i potrzebnej ilości szerokopasmowych materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych w celu uzyskania zakładanych warunków pogłosowych. Rozmieszczenie adaptacji akustycznej zaprezentowano na rysunku AW05.

Na Rys. 4.6 przedstawiono wykres czasu pogłosu dla sali wielofunkcyjnej w pasmach oktaowych. Czas pogłosu i jego nierównomierność mieści się w założonych granicach.



Rys. 4.6. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu – sala wielofunkcyjna (bez obecności ludzi)

4.3. Garderoba duża

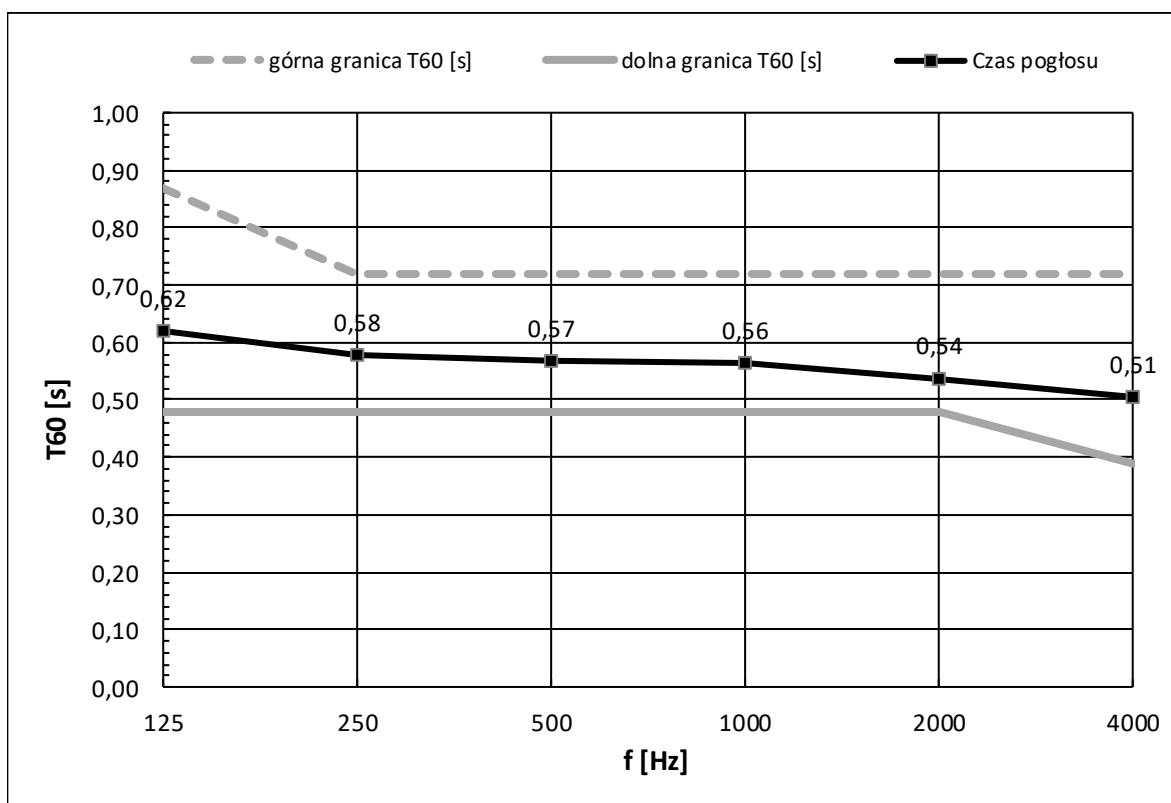
Maksymalna wartość projektowa czasu pogłosu powinna wynieść $T_{\max} = 0,6$ s. Podana wartość czasu pogłosu odnosi się do pomieszczenia wykończonego, umeblowanego zgodnie z jego przeznaczeniem lecz bez obecności ludzi [13].

Podana maksymalna wartość czasu pogłosu dotyczy pasm oktaowych w przedziale 250 – 4 000 Hz. W paśmie częstotliwości 125 Hz wartość maksymalnego czasu pogłosu może być większa o 50 %.

Garderoba będzie również służyła jako sala prób dla muzyków.

Podczas projektowania akustyki pomieszczenia zastosowano metodę statystyczną. Została ona wykorzystana do określenia rodzaju i potrzebnej ilości szerokopasmowych materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych w celu uzyskania zakładanych warunków pogłosowych. Rozmieszczenie adaptacji akustycznej zaprezentowano na rysunku AW06.

Na Rys. 4.7 przedstawiono wykres czasu pogłosu dla garderoby dużej w pasmach oktaowych. Czas pogłosu i jego nierównomierność mieści się w założonych granicach.



Rys. 4.7. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu – garderoba duża

4.4. Garderoby małe

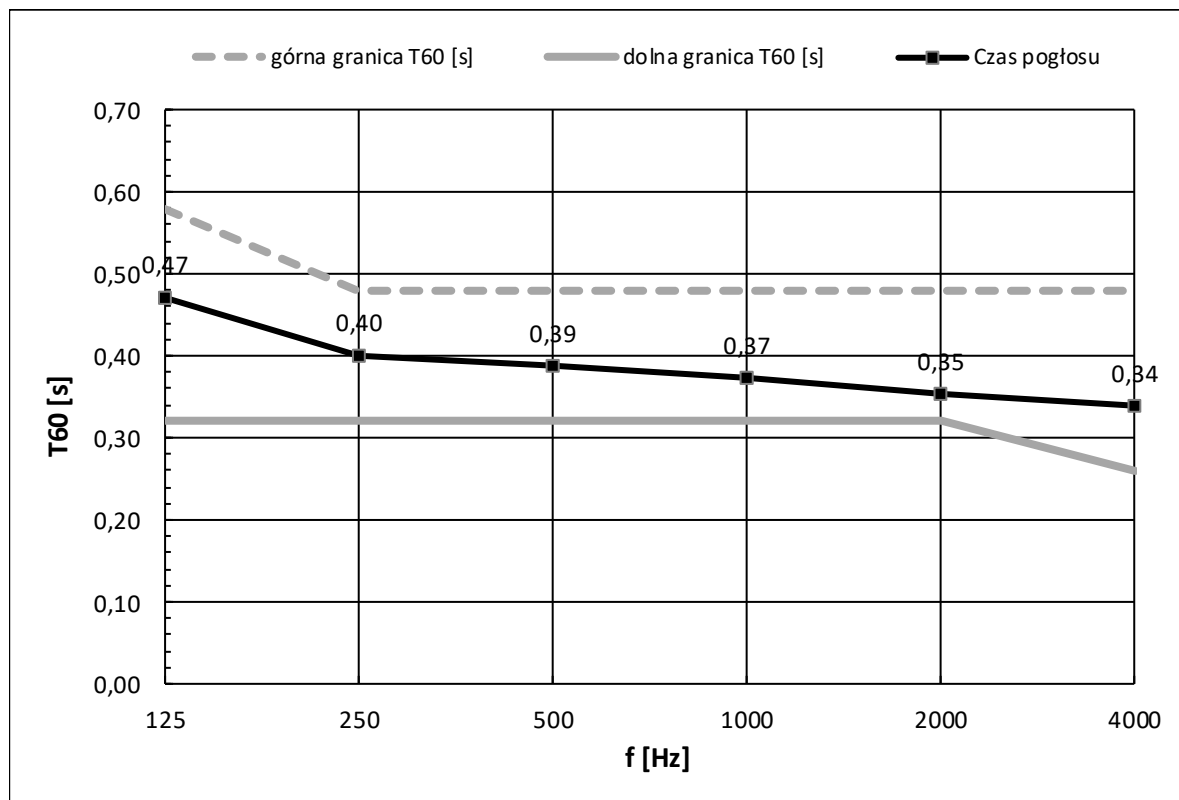
Maksymalna wartość projektowa czasu pogłosu powinna wynieść $T_{\max} = 0,4$ s. Podana wartość czasu pogłosu odnosi się do pomieszczeń wykończonych, umeblowanych zgodnie z ich przeznaczeniem lecz bez obecności ludzi [13].

Podana maksymalna wartość czasu pogłosu dotyczy pasm oktaowych w przedziale 250 – 4 000 Hz. W paśmie częstotliwości 125 Hz wartość maksymalnego czasu pogłosu może być większa o 50 %.

Garderoby będą również służyły jako sale prób dla muzyków.

Podczas projektowania akustyki pomieszczeń zastosowano metodę statystyczną. Została ona wykorzystana do określenia rodzaju i potrzebnej ilości szerokopasmowych materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych w celu uzyskania zakładanych warunków pogłosowych. Rozmieszczenie adaptacji akustycznej zaprezentowano na rysunku AW06.

Na Rys. 4.8 przedstawiono wykres czasu pogłosu w pasmach oktaowych. Czas pogłosu i jego nierównomierność mieści się w założonych granicach.



Rys. 4.8. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu – garderoby małe

4.5. Pomieszczenia biurowe

Maksymalna wartość projektowa czasu pogłosu dla pomieszczeń administracyjnych wynosi $T_{\max} = 0,8$ s. Podana wartość czasu pogłosu odnosi się do pomieszczeń wykończonych, umeblowanych zgodnie z ich przeznaczeniem lecz bez obecności ludzi [13].

Pomieszczenia biurowe to miejsca, w których ważne jest zachowanie ciszy, zapewnienie koncentracji oraz zachowanie poufności prowadzonych rozmów. Adaptacja akustyczna tych pomieszczeń zapewni odpowiedni dla ich przeznaczenia klimat akustyczny. W pomieszczeniach należy zastosować materiały dźwiękochłonne o klasie A lub B pochłaniania dźwięku [8]. Materiały dźwiękochłonne będą wprowadzane w formie sufitu dźwiękochłonnego.

4.6. Pomieszczenia socjalne

Maksymalna wartość projektowa czasu pogłosu dla pomieszczeń socjalnych wynosi $T_{\max} = 0,8$ s. Podana wartość czasu pogłosu odnosi się do pomieszczeń wykończonych, umeblowanych zgodnie z ich przeznaczeniem lecz bez obecności ludzi [13].

W pomieszczeniach będą stosowane materiały dźwiękochłonne o klasie A lub B pochłaniania dźwięku [8]. Materiały dźwiękochłonne będą wprowadzane w formie sufitu dźwiękochłonnego.

4.7. Przestrzenie komunikacyjne

Przestrzenie komunikacyjne łączące wszystkie omawiane powyżej grupy pomieszczeń pełnią rolę nie tylko łączników, ale także często miejsc spotkań i wypoczynku, a w niektórych przypadkach pełnią funkcję przedsionków ciszy.

Maksymalna wartość projektowa czasu pogłosu dla przestrzeni komunikacyjnych wynosi $T_{\max} = 0,8$ s. Podana wartość czasu pogłosu odnosi się do pomieszczeń wykończonych, umeblowanych zgodnie z ich przeznaczeniem lecz bez obecności ludzi [13].

W przestrzeniach komunikacyjnych będą stosowane materiały dźwiękochłonne o klasie A lub B pochłaniania dźwięku [8]. Materiały dźwiękochłonne będą wprowadzane w formie sufitu dźwiękochłonnego. W przypadku przedsionków ciszy materiały dźwiękochłonne będą stosowane także na ścianach.

5. Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót

W niniejszym rozdziale przedstawiono rozwiązania projektowe wykorzystane w celu osiągnięcia zakładanych parametrów akustycznych dla poszczególnych pomieszczeń.

Zamawiający nie oczekuje dostarczenia badań współczynników pochłaniania oraz rozpraszania dźwięku dla poszczególnych elementów adaptacji akustycznej.

5.1. Ustroje perforowane

Konstrukcja ustrojów perforowanych to rozwiązanie systemowe składające się z podkonstrukcji o określonych wymiarach. Płyty perforowane należy wykonać ze sklejki liściastej i wykończyć wg uzgodnień z Inwestorem.

Połączenia drewnianej ramy z płytami oraz połączenia konstrukcji samej ramy powinny być szczelne. Poniżej przedstawiono wymaganą dokładność wykonania poszczególnych wymiarów ustrojów perforowanych:

- szerokość i wysokość pojedynczego panelu $\pm 1,0$ mm,
- średnica pojedynczego otworu dla perforacji $\pm 0,1$ mm,
- grubość płyty licowej $\pm 0,2$ mm.

Tab. 5.1. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF1

Przykładowy materiał:	płyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 44,2 %, – lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – wełna mineralna o grubości 50 mm, – ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,53	0,68	0,79	0,91	0,91	0,63

Tab. 5.2. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF2

Przykładowy materiał:	płyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 11,0 %, – lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości ≤ 200 g/m ² , – wełna mineralna o grubości 50 mm, – pustka powietrzna o głębokości od 0 do 300 mm, – ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,49	0,75	0,88	0,77	0,32	0,15

Tab. 5.3. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF3

Przykładowy materiał:	plyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	<ul style="list-style-type: none">– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 2,8 %,– lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości ≤ 200 g/m²,– wełna mineralna o grubości 50 mm,– pustka powietrzna o głębokości od 0 do 300 mm,– ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α (±10%)	0,61	0,82	0,49	0,16	0,10	0,10

Tab. 5.4. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF4

Przykładowy materiał:	plyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	<ul style="list-style-type: none">– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 0,7 %,– lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$,– wełna mineralna o grubości 50 mm,– pustka powietrzna o głębokości od 0 do 300 mm,– ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
$\alpha (\pm 10\%)$	0,74	0,31	0,14	0,10	0,10	0,10

Tab. 5.5. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF5

Przykładowy materiał:	plyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	<ul style="list-style-type: none">– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 0,2 %,– lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$,– wełna mineralna o grubości 50 mm,– pustka powietrzna o głębokości od 0 do 300 mm,– ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,45	0,18	0,11	0,10	0,10	0,10

Tab. 5.6. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF6

Przykładowy materiał:	płyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 0,1 %, – lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – wełna mineralna o grubości 50 mm, – pustka powietrzna o głębokości od 0 do 300 mm, – ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,25	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10

Tab. 5.7. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF7

Przykładowy materiał:	płyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 0,7 %, – lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – wełna mineralna o grubości 100 mm, – ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,76	0,33	0,16	0,10	0,10	0,10

Tab. 5.8. Specyfikacja wymagań dla perforowanego ustroju rezonansowego UPRF8

Przykładowy materiał:	płyta licowa wykonana ze sklejki brzozonej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	– płyta licowa perforowana, stopień perforacji 0,1 %, – lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – wełna mineralna o grubości 100 mm, – ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,25	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10

5.2. Ustroje rozpraszające dźwięk

Ustroje typu QRD w postaci modułów.

Tab. 5.9. Specyfikacja wymagań dla ustroju rozpraszającego UR1

Przykładowy materiał:	sklejka brzożowa, suchotrwała, min. klasy II impregnowanej przeciwogniowo o grubości 12 mm,					
Konstrukcja:	– dyfuzory akustyczne typu QRD o głębokości około 21 cm, – ustroje wykonane w postaci modułów o wymiarach 60 × 60 cm.					
Wymagane wartości współczynników rozpraszania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
s (±10%)	0,05	0,20	0,80	0,85	0,90	0,90

Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,40	0,40	0,30	0,20	0,15	0,15

Tab. 5.10. Specyfikacja wymagań dla ustroju rozpraszającego UR2

Przykładowy materiał:	sklejka brzozaowa, suchotrwała, min. klasy II impregnowanej przeciwogniowo o grubości 12 mm,					
Konstrukcja:	– dyfuzory akustyczne typu QRD o głębokości około 12 cm, – ustroje wykonane w postaci modułów o wymiarach 60 × 60 cm.					
Wymagane wartości współczynników rozpraszania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
s (±10%)	0,01	0,05	0,50	0,80	0,95	0,90
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α (±10%)	0,40	0,40	0,30	0,20	0,15	0,15

Tab. 5.11. Specyfikacja wymagań dla ustroju rozpraszającego UR3

Przykładowy materiał:	sklejka brzoza, suchotrwała, min. klasy II impregnowanej przeciwogniowo o grubości 12 mm,					
Konstrukcja:	– niskoprofilowe dyfuzory akustyczne o maksymalnej głębokości 5 cm, – ustroje zamontowane w postaci modułów na podkonstrukcji parkingów kurtynowych.					
Wymagane wartości współczynników rozpraszania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
s (±10%)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,30	0,60
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α (±10%)	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,24

5.3. Ustroje płytowe

Tab. 5.12. Specyfikacja wymagań dla ustroju płytowego UP1

Przykładowy materiał:	płyta licowa wykonana ze sklejki brzozowej, suchotrwałej, min. klasy II, impregnowanej przeciwogniowo, grubość płyty: 15 mm,					
Konstrukcja:	<ul style="list-style-type: none">– płyta licowa o grubości 15 mm, malowana na dowolny kolor,– usztywniająca płyta MDF lub OSB o grubości minimum 15 mm,– płyta usztywniająca przyklejona i dociągnięta wkrętami do płyty licowej,– podkonstrukcja nośna, rozstaw między belkami nie większy niż 30 cm,– pustka powietrzna 0 – 300 mm,– wełna mineralna o grubości 50 mm,– ściana.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α (±10%)	0,15	0,10	0,06	0,05	0,05	0,05

5.4. Ustroje na bazie wełny mineralnej

Tab. 5.13. Specyfikacja wymagań dla ustroju UW1

Przykładowy materiał:	płyty z wełny mineralnej pokryte tkaniną zabezpieczającą przed pyleniem					
Konstrukcja:	– lekka tkanina zabezpieczająca przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – wełna mineralna o grubości 50 mm, – gęstość wełny mineralnej: 70 – 90 kg/m³.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,20	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00

Tab. 5.14. Specyfikacja wymagań dla ustroju UW2

Przykładowy materiał:	płyty z wełny mineralnej pokryte tkaniną zabezpieczającą przed pyleniem					
Konstrukcja:	– tkanina zabezpieczająca przed pyleniem i uszkodzeniami mechanicznymi, – wełna mineralna o grubości 40 mm, – gęstość wełny mineralnej około 100 kg/m ³ , – całość mocowana na konstrukcji aluminiowej, – całkowita głębokość ustroju: 50 mm,					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α (±10%)	0,25	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00

5.5. Sufity podwieszane

Tab. 5.15. Specyfikacja akustyczna sufitu UA1

Przykładowy materiał:	podwieszany sufit akustyczny, płyty z wełny mineralnej pokryte powłoką zabezpieczającą przed pyleniem.					
Konstrukcja:	– płyty z wełny mineralnej pokryte powłoką zabezpieczającą przed pyleniem, – grubość wełny mineralnej: 40 mm, – gęstość wełny mineralnej: około 100 kg/m ³ , – płyty zamocowane na podkonstrukcji systemowej, – odległość od stropu: od 15 do 75 cm. – na podkonstrukcji ułożone dodatkowe płyty z wełny mineralnej o grubości 100 mm i gęstości 70 – 90 kg/m ³ .					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α (±10%)	0,75	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00

Tab. 5.16. Specyfikacja akustyczna sufitu UA2

Przykładowy materiał:	płyty z wełny mineralnej pokryte powłoką zabezpieczającą przed pyleniem.					
Konstrukcja:	– płyty z wełny mineralnej pokryte powłoką zabezpieczającą przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – grubość wełny mineralnej: 40 mm, – gęstość wełny mineralnej: ok. 100 kg/m^3 , – płyty klejone bezpośrednio do sufitu.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000

α ($\pm 10\%$)	0,25	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00
-------------------------	------	------	------	------	------	------

5.6. Przejezdne panele akustyczne – E1

Przejezdne panele akustyczne będą służyć do kontroli odbić pierwszego rzędu na estradzie. Jedna ze stron paneli przejezdnych pokryta jest materiałem pochłaniającym dźwięk, druga zaś pokryta jest ustrojem rozpraszającym.

Odpowiednie rozmieszczenie paneli przejezdnych poprawi wzajemne słyszenie się muzyków na estradzie podczas koncertów, oraz zwiększy chłonność akustyczną sali w przypadku korzystania z systemu nagłośnieniowego.

Tab. 5.17. Specyfikacja wymagań dla ustroju E1

Przykładowy materiał:	przejezdne panele akustyczne, jedna ze stron paneli pokryta materiałem pochłaniającym dźwięk, druga strona pokryta jest ustrojem rozpraszającym.					
Konstrukcja:	– płyty z wełny mineralnej pokryte tkaniną zabezpieczającą przed pyleniem o gęstości $\leq 200 \text{ g/m}^2$, – grubość wełny mineralnej: 100 mm, – gęstość wełny mineralne: ok. 70 – 90 kg/m ³ , – dyfuzor akustyczny typu QRD o głębokości około 21 cm, – ustrój wyposażony w koła umożliwiające przemieszczanie.					
Wymagane wartości współczynników pochłaniania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α ($\pm 10\%$)	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Wymagane wartości współczynników rozpraszania dźwięku:						
f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
s ($\pm 10\%$)	0,01	0,05	0,50	0,80	0,95	0,90

5.7. Kurtyny

Kurtyny powinny być wykonane z tkaniny pochłaniającej dźwięk, np. serży wełnianej, typowo o gęstości od 600 do 800 g/m². Tkanina powinna spełniać wymagania odpowiednich przepisów dotyczących odporności ogniowej. Kolorystyka zostanie określona przez projektanta wnętrz.

W celu zmniejszenia czasu pogłosu, niezbędne jest zastosowanie elementów zmiennej akustyki wnętrza w postaci kurtyny horyzontowej.

W sali koncertowej zastosowane będą kurtyny wyposażone w automatyczny mechanizm rozsuwania. Kurtyny będą chowane w tzw. parkingach kurtynowych.

5.8. Podłoga estrady sali koncertowej

Podłoga estrady powinna zostać wykonana jako konstrukcja rezonansowa z desek pióro-wpust o grubości 32 – 40 mm, umieszczonych na dwóch warstwach legarów drewnianych. Wysokość legara powinna wynosić min. 60 mm, szerokość 40 mm, rozstaw około 500 mm. Między legarami powinna znajdować się wełna mineralna zabezpieczona przed pyleniem o grubości minimum 100 mm i gęstości 40 – 60 kg/m³ ułożona na podłodze. Legary powinny być odizolowane od betonu przy pomocy gumy technicznej lub korka technicznego. Wytyczne konstrukcji podłogi estrady przedstawiono na rysunku AQ04.

5.9. Plafony akustyczne – PA1

Nad estradą będą znajdowały się plafony akustyczne kierujące odbicia dźwięku w kierunku słuchaczy. Materiał użyty do ich wykonania powinien posiadać masę powierzchniową wynoszącą minimum 25 kg/m².

Zalecana jest konstrukcja składająca się z trzech warstw płyty gipsowo – włókninowej, podwieszonych pod stropem. Dopuszcza się zastosowanie sklejki o grubości minimum 40 mm.

Całość na podkonstrukcji stalowej. Mocowania umożliwiające regulację kąta nachylenia w przedziale $\pm 5^\circ$. Plafony złożone są z trzech płyt trójkątnych połączonych ze sobą.

5.10. Podsumowanie powierzchni ustrojów akustycznych

Tab. 5.18. Podsumowanie powierzchni ustrojów akustycznych

	PA1	UP1	UPRF	UR1	UR2	UR3	UW1	UW2	UA1	UA2	E1
Sala koncertowa	84 m ²	54 m ²	175,0 m ²	18,7 m ²	6,8 m ²	43,1 m ²	36,4 m ²	–	–	–	8 szt.
Sala wielofunkcyjna	–	–	3,2 m ²	–	–	–	–	13,0 m ²	113,0 m ²	–	–
1.18 Gaederoba duża	–	–	14,8 m ²	–	–	–	–	3,2 m ²	–	10,8 m ²	–
1.19 Gardereoba mała	–	–	5,7 m ²	–	–	–	–	3,2 m ²	–	2,9 m ²	–
1.21 Garderoba mała	–	–	5,7 m ²	–	–	–	–	3,2 m ²	–	3,0 m ²	–
SUMA:	84 m ²	54 m ²	204,4 m ²	18,7 m ²	6,8 m ²	43,1 m ²	36,4 m ²	22,6 m ²	113 m ²	16,7 m ²	8 szt.

6. Procedury strojenia pomieszczeń

W ramach kontroli parametrów akustycznych i strojenia akustyki pomieszczeń, należy przeprowadzić pomiary sprawdzające. Powinny być one wykonane przez autorów niniejszego opracowania w końcowej fazie wykonawstwa oraz na etapie odbiorów technicznych obiektu.

Uwaga, wszystkie pomiary należy wykonywać w posprzątanym wnętrzu, tzn. że w pomieszczeniu nie znajdują się elementy nie związane z funkcjonowaniem sali wielofunkcyjnej, takie jak rusztowania, odeskowanie, składy materiałów i narzędzi budowlanych, itd. itp.

6.1. *Sala koncertowa*

6.1.1. Pomiar pierwszy

Pomiar pierwszy należy przeprowadzić po wykonaniu/zamontowaniu następujących elementów:

- wszystkie drzwi,
- podłoga widowni,
- wykończona podłoga estrady,
- wykończony sufit w sali,
- plafony akustyczne,
- parkingi kurtynowe,
- wszystkie zdobienia z cegły klinkierowej,
- elementy mechaniki estradowej,
- UPRF1 na tylnej ścianie widowni,
- UP1 na bocznych ścianach widowni
- UR1 na estradzie,

W ramach pomiarów należy zmierzyć:

1. Czas pogłosu T30 w pasmach 1/3 oktaowych w zakresie częstotliwości 100 – 5 000 Hz. Punkty nadawcze i odbiorcze należy dobrać zgodnie z normą [9].
2. Krzywe ETC (Energy Time Curve). Zalecane jest ustawienie źródła dźwięku w środkowej części proscenium w osi symetrii sali. Punkty pomiarowe powinny być odsunięte 1 metr od osi symetrii i umieszczone w drugim, środkowym i przedostatnim rzędzie.

Na podstawie uzyskanych wyników zostanie podjęta decyzja przez głównego projektanta akustyki dotycząca ewentualnych zmian w pozostałej części adaptacji akustycznej.

6.1.2. Pomiar drugi

Pomiar drugi należy wykonać po zamontowaniu następujących elementów adaptacji akustycznej:

- ustroje perforowane w trzech ostatnich kolumnach na widowni (licząc od ściany tylnej); co oznacza brak wykonania pierwszych trzech kolumn,
- ustroje perforowane na bocznych ścianach estrady,
- UP1 na tylnej ścianie estrady.

Pomiary należy wykonać według schematu przedstawionego dla pomiaru pierwszego. Na podstawie uzyskanych wyników zostanie podjęta decyzja przez głównego projektanta akustyki dotycząca ewentualnych zmian w pozostałej części adaptacji akustycznej.

6.1.3. Pomiar trzeci

Pomiar trzeci należy wykonać po zamontowaniu następujących elementów adaptacji akustycznej:

- zamontowane fotele na widowni,
- ustroje perforowane w kolejnych dwóch blokach na widowni (czwarty i piąty licząc od tylnej ściany),
- wykończona ściana tylna na balkonie.

Pomiary należy wykonać według schematu przedstawionego dla pomiaru pierwszego. Na podstawie uzyskanych wyników zostanie podjęta decyzja przez głównego projektanta akustyki dotycząca ewentualnych zmian w pozostałej części adaptacji akustycznej.

6.1.4. Pomiar czwarty

Po wykonaniu wszystkich elementów adaptacji zgodnie z wprowadzonymi zmianami projektowymi i docelowym wyposażeniu pomieszczenia, należy wykonać pomiar końcowy według schematu przedstawionego dla pomiaru pierwszego.

6.2. *Sala wielofunkcyjna*

6.2.1. Pomiar pierwszy

Pomiar pierwszy należy wykonać po wykonaniu następujących elementów:

- zamontowane wszystkie drzwi,
- zamontowane wszystkie okna,
- wykończona podłoga w pomieszczeniu,
- wykończony sufit,
- wstawione krzesła oraz stoły

W ramach pomiarów należy zmierzyć:

1. Czas pogłosu T30 w pasmach 1/3 oktaowych w zakresie częstotliwości 100 – 5 000 Hz. Punkty nadawcze i odbiorcze należy dobrać zgodnie z normą [9].

Na podstawie uzyskanych wyników zostanie podjęta decyzja przez głównego projektanta akustyki dotycząca ewentualnych zmian w pozostałej części adaptacji akustycznej.

6.2.2. Pomiar drugi

Po wykonaniu wszystkich elementów adaptacji zgodnie z wprowadzonymi zmianami projektowymi i docelowym wyposażeniu pomieszczenia, należy wykonać pomiar końcowy według schematu przedstawionego dla pomiaru pierwszego.

6.3. *Garderoba duża*

6.3.1. Pomiar pierwszy

Pomiar pierwszy należy wykonać po wykonaniu następujących elementów:

- zamontowane wszystkie drzwi,
- zamontowane wszystkie okna,
- wykończona podłoga w pomieszczeniu,
- wykończony sufit,
- zamontowane ustroje perforowane na ścianie AB,
- zamontowane ustroje akustyczne UW2.

W ramach pomiarów należy zmierzyć:

1. Czas pogłosu T30 w pasmach 1/3 oktaowych w zakresie częstotliwości 100 – 5 000 Hz. Punkty nadawcze i odbiorcze należy dobrać zgodnie z normą [9].

Na podstawie uzyskanych wyników zostanie podjęta decyzja przez głównego projektanta akustyki dotycząca ewentualnych zmian w pozostałej części adaptacji akustycznej.

6.3.2. Pomiar drugi

Po wykonaniu wszystkich elementów adaptacji zgodnie z wprowadzonymi zmianami projektowymi i docelowym wyposażeniu pomieszczenia, należy wykonać pomiar końcowy według schematu przedstawionego dla pomiaru pierwszego.

6.4. *Garderoby małe*

6.4.1. Pomiar pierwszy

Pomiar pierwszy należy wykonać po wykonaniu następujących elementów:

- zamontowane wszystkie drzwi,
- zamontowane wszystkie okna,
- wykończona podłoga w pomieszczeniu,
- wykończony sufit,
- zamontowane ustroje akustyczne UW2.

W ramach pomiarów należy zmierzyć:

1. Czas pogłosu T30 w pasmach 1/3 oktaowych w zakresie częstotliwości 100 – 5 000 Hz. Punkty nadawcze i odbiorcze należy dobrać zgodnie z normą [9].

Na podstawie uzyskanych wyników zostanie podjęta decyzja przez głównego projektanta akustyki dotycząca ewentualnych zmian w pozostałej części adaptacji akustycznej.

6.4.2. Pomiar drugi

Po wykonaniu wszystkich elementów adaptacji zgodnie z wprowadzonymi zmianami projektowymi i docelowym wyposażeniu pomieszczenia, należy wykonać pomiar końcowy według schematu przedstawionego dla pomiaru pierwszego.

6.5. *Zmiany wprowadzane po pomiarach akustycznych w ramach procedury strojenia akustycznego*

Na podstawie wyników poszczególnych badań, główny projektant akustyki będzie wydawał zalecenia dotyczące sposobu dalszego wykonywania adaptacji akustycznej. W ramach tych zaleceń zostanie

określony finalny stopień perforacji ustrojów akustycznych. Zamawiający zastrzega sobie prawo do wprowadzenia takich zmian bez dodatkowego wynagrodzenia. Wykonawca jest zobowiązany do takiego skalkulowania swojej oferty, aby uwzględniała ona wprowadzanie po pomiarach akustycznych wspomnianych powyżej zmian, co do wykonania adaptacji akustycznej.

7. Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono projekt w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej i akustyki wnętrza oraz wytycznych technologicznych dla innych branż.

Dokumentacja zamieszczona w teczce składa się z:

- niniejszego opisu technicznego,
- rysunków wielkoformatowych,
- płyty CD z elektroniczną wersją opisu technicznego raz rysunków wielkoformatowych.

Wszystkie rozwiązania przyjęte w projekcie są zgodne z wytycznymi przekazanymi zespołowi projektowemu.

Opracowanie jest zgodne z postanowieniami umowy [1] oraz dokumentów związanych. W opracowaniu wykorzystano uzgodnienia poczynione z Inwestorem w trakcie procesu projektowego.

Opracowanie jest kompletne z uwagi na cel, jakiemu służy.