

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt wykonawczy Sali Wielofunkcyjnej, Studia Nagrań oraz pomieszczenia Kinotechnicznego w ramach przebudowy kompleksu budynków nr 42 i 207 – Klub Uczelniany na terenie Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych w Dęblinie.

2. Podstawa opracowania

- [1] Podkłady architektoniczne pracowni F-11
- [2] Ustalenia z Inwestorem
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690) wraz z późniejszymi zmianami
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012r. Zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. Ust. Poz. 1109)
- [5] PN-87-B-02151/02. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [6] PN-B-02151-3:1999. Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.
- [7] PN-EN 717-1:2013-08, Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 1: izolacyjność od dźwięków powietrznych
- [8] PN-EN ISO 717-2: 2013-08, Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 2: izolacyjność od dźwięków uderzeniowych
- [9] Akustyka budowlana - Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów - Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami PN-EN 12354-1:2002
- [10] PN-B-02151-4:2015-06, Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań
- [11] PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń, Część 1: Pomieszczenia Specjalne
- [12] PN-EN ISO 3382-2:2010 Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń, Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach
- [13] PN-EN 60268-16:2011E. Urządzenia systemów elektroakustycznych. Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.
- [14] Deutsche norm. DIN 18041: 1968-10. Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. Mai 2004
- [15] J. Sadowski, Akustyka Architektoniczna, PWN 1976
- [16] H. Kuttruff, Room Acoustic, Fifth Edition, Spon Press 2009
- [17] P. Newell, Recording Studio Design, Second Edition, Focal Press 2008
- [18] M. Barron, Auditorium Acoustics and Architectural Design, Spon Press 2010
- [19] A. Kulowski, Akustyka Sal, WPG Gdańsk 2007
- [20] Technical Guidelines for Dolby Stereo Theatres, November 1994
- [21] Zalecenia EBU Tech. 3276
- [22] Zalecenia ITU-R BS.775-3 i ITU-R BS.1116-1
- [23] ITB. Instrukcje, Wytyczne, Poradniki. 448/2009
- [24] EASE 4.3, User's Guide & Tutorial

3. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest przygotowanie projektu adaptacji akustycznej Sali Wielofunkcyjnej, Zespołu Studia Nagrań i pomieszczenia Kinotechnicznego oraz zestawienie wytycznych z zakresu akustyki budowlanej oraz akustyki wnętrz dla Sali Wielofunkcyjnej, Studia Nagrań, pomieszczenia Kinotechnicznego oraz Amfiteatru. Szczegółowy zakres obejmuje:

- określenie wytycznych akustycznych dla przegród budowlanych zewnętrznych i wewnętrznych,
- wyznaczenie dopuszczalnych poziomów hałasu w pomieszczeniach o akustyce kwalifikowanej,
- projekt adaptacji akustycznej wnętrz o akustyce kwalifikowanej
- ogólne wytyczne dla innych branż.

3.1 Pomieszczenia o akustyce kwalifikowanej

W modernizowanym obiekcie będą funkcjonowały następujące pomieszczenia o akustyce kwalifikowanej:

Sala Wielofunkcyjna o powierzchni 580 m² i kubaturze około 3 800 m³

Reżysernia o powierzchni 33 m² i kubaturze około 82 m³

Studio nagrań/Sala prób o powierzchni 40 m² i kubaturze około 100 m³

Pomieszczenie kinotechniczne o powierzchni 25 m² i kubaturze ok. 78 m³

4. Charakterystyka obiektu i źródła hałasu zewnętrznego

Sala Wielofunkcyjna, Zespół Studia Nagrań, Pomieszczenie Kinotechniczne oraz część Amfiteatru mieszczą się w wyodrębnionym budynku Klubu Uczelnianego na terenie WSOSP w Dęblinie. W najbliższym otoczeniu nie ma ruchliwych arterii komunikacyjnych. Główna ulica przecinająca Dęblin przebiega w znacznej odległości i jest ekranowana przez zabudowania, natomiast biegnąca opodal linia kolejowa znajduje się ponad 1 km od elewacji budynku Klubu Uczelnianego. Głównym źródłem hałasu zewnętrznego są starty, przeloty i lądowania statków powietrznych w obrębie szkolnego lotniska. Przyjęto założenie, że poziomów hałasów generowany przez statki powietrzne w odległości 2m od elewacji Klubu Uczelnianego może osiągać wartość maksymalną $L_{Amax} \geq 75-80$ dB i $L_{Aeq} < 60$ dB

5. Ochrona przeciwhałasowa

Ochrona przeciwhałasowa obejmuje optymalizację izolacyjności akustycznej przegród budowlanych zewnętrznych i wewnętrznych rozpatrywanych pomieszczeń oraz określenie poziomu dopuszczalnych hałasów instalacyjnych.

5.1. Przegrody budowlane zewnętrzne

Izolacyjność akustyczną zewnętrznych przegród budowlanych rozpatruje się pod kątem:

- a. klimatu akustycznego i hałasów środowiskowych w otoczeniu planowanej inwestycji w celu ograniczenia hałasów zewnętrznych i zapewnienia optymalnych warunków wewnątrz projektowanych pomieszczeń,
- b. poziomu dźwięku wewnątrz budynku w wyniku użytkowania pomieszczeń zgodnie z przeznaczeniem i ograniczenia emisji hałasu do środowiska w kierunku stref chronionych akustycznie.

Parametrem opisującym izolacyjność akustyczną przegród budowlanych zewnętrznych jest wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A2} [5]. Poniższa tabela pokazuje wypadkową izolacyjność akustyczną przegrody zewnętrznej w zależności od miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego w dzień i w nocy ($L_{Aeq D}$ i $L_{Aeq N}$).

Tabela 1. Wskaźnik oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej

Lp.	Rodzaj budynku	Przegroda zewnętrzna w pomieszczeniu	Minimalny wskaźnik oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A2} lub R'_{A1} w decybelach, w zależności od miarodajnego poziomu
-----	----------------	--------------------------------------	---

			dźwięku A w decybelach w ciągu dnia/nocy na zewnątrz budynku							
			Dzień	Do 45	Od 46 Do 50	Od 51 Do 55	Od 56 Do 60	Od 61 Do 65	Od 66 Do 70	Od 71 Do75
			Noc	Do 35	Od 36 Do 40	Od 41 Do 45	Od 46 Do 50	Od 51 Do 55	Od 56 Do 60	Od 61 Do 65
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Szkóły	Salę lekcyjne	20	20	23	23	28	33	1)	
		Korytarze	Nie stawia się wymagań							
1) Wymagania określa się indywidualnie										

W pobliżu Klubu Uczelnianego znajdują się obiekty szkolne i dom akademicki. Dopuszczalne poziomy hałasu emitowanego do otoczenia na tego typu terenach zawarto w tabeli 2.

Tabela 2. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku w zależności od rodzaju terenu

L.p.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]	
		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		L _{Aeq D} przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym	L _{Aeq N} przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
1	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży ¹⁾ c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	50	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	55	45

1) W przypadku niewykorzystywania tych terenów zgodnie z ich funkcją w porze nocy, nie obowiązuje na nich dopuszczalny poziom hałasu w porze nocy

Wartości zawarte w tabeli wyznaczają dopuszczalne poziomy hałasu na granicy terenów chronionych, jaki mogą powodować urządzenia techniczne instalacji zewnętrznej (np. czerpnie i wyrzutnie powietrza, klimatyzatory), jak i hałas wytwarzany w wyniku użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem.

Pomieszczenia o akustyce kwalifikowanej nie są uwzględnione w Polskich Normach. Dla tych pomieszczeń wartości izolacyjności akustycznej przegród budowlanych zewnętrznych i wewnętrznych są dobierane indywidualnie dla każdego pomieszczenia. Jest to uzależnione od ich klasyfikacji pod względem funkcjonalności oraz rozkładu pomieszczeń w ogólnej koncepcji budynku.

5.1.1 Izolacyjność akustyczna przegród budowlanych zewnętrznych i stropodachu

Usytuowanie budynku Klubu Uczelnianego względem lotniska jest korzystne. Większość przegród pionowych Sali Wielofunkcyjnej jest osłonięta przed bezpośrednim hałasem zewnętrznym. Jedynie część przegród wychodzących ponad poziom stropodachu pomieszczeń sąsiadujących, przegroda zewnętrzna od strony zachodniej oraz stropodach Sali Wielofunkcyjnej są narażone na bezpośredni hałas od statków powietrznych.

Przegrody zewnętrzne pionowe są zbudowane z dwóch warstw cegieł oraz z kilku warstw tynku i docieplenia tworząc ścianę o grubości ok. 50 cm. Dla tego typu przegrody, ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej wynosi ok. $R_{A2} \geq 50$ dB. W przegrodzie zaprojektowano również 3 podwójne zewnętrzne drzwi ewakuacyjne. Stropodach jest zbudowany z cienkiej ok. 5 centymetrowej warstwy żelbetu. Jego izolacyjność akustyczna właściwa wynosi ok. $R_{A2} = 35 - 38$ dB. Należy podnieść izolacyjność akustyczną przegród poprzez zastosowanie lekkich systemów G-K np. płyt Knauf Silentboard i wełny mineralnej o gęstości 40-80 kg/m³ lub rozwiązanie równoważne.

W tabeli 3 zestawiono zalecane wartości izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych i elementów budowlanych dla pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej.

Tabela 3. Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych i elementów budowlanych

L.p.	Nazwa pomieszczenia	Wymagana izolacyjność przegrody zewnętrznej R'_{A2} , [dB]	Drzwi zewnętrzne R'_{A2} [dB]
1	Sala Wielofunkcyjna - ściany	≥ 60	$> 40^{*)}$
2	Sala Wielofunkcyjna - stropodach	≥ 60	-
3	Reżyserka	≥ 60	-
4	Studio Nagrań	≥ 60	-
5	Pomieszczenia Kinotechniczne	≥ 60	-

*) dopuszcza się zastosowanie dowolnego systemu drzwi spełniających wymagania klasy akustycznej D2-40

5.2. Przegrody budowlane wewnętrzne

Izolacyjność akustyczną przegród budowlanych wewnętrznych od dźwięków powietrznych (dla przegród: stropy, ściany bez drzwi i drzwi) opisuje wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} (D_{nT}, A_{1min}) [5], a od dźwięków uderzeniowych (stropy) ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$ [6]. W tabeli 4 zestawiono znormalizowane parametry izolacyjności przegród wewnętrznych dla wybranych pomieszczeń o akustyce niekwalifikowanej.

Tabela 4. Izolacyjność akustyczna przegród i elementów budowlanych

Lp.	Rodzaj budynku	Funkcje pomieszczeń rozdzielonych przegrodą		Wymagane wartości wskaźników [dB]			
				Stropy		Ściany bez drzwi	Drzwi
				R' _{A1} lub D _{nT,A1} min	L' _{n,w} max	R' _{A1} lub D _{nT,A1} min	R' _{A1} min
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Szkoly, części dydaktyczne domów kultury	Sale lekcyjne	Sale lekcyjne	50	63	45	1)
			Korytarz	1)	1)	40	25
			Świetlica	50	63	50	1)
			Sale zajęć technicznych (z wyjątkiem warsztatów)	50	63 ²⁾ 53 ³⁾	50	1)
			Ogólnodostępne pomieszczenia sanitarne	1)	1)	50	1)
			Pokoje nauczycielskie	50	63	50	1)
1) Jeżeli wystąpi taki przypadek to wymaganie należy ustalić indywidualnie							
2) Dotyczy przypadku, gdy pomieszczenie bardziej chronione znajduje się nad pomieszczeniem mniej chronionym lub hałaśliwym							
3) Wskaźnik dotyczy przenikania dźwięków uderzeniowych z podłogi pomieszczenia hałaśliwego do pomieszczenia chronionego pod względem akustycznym (bez względu na jego usytuowanie w stosunku do pomieszczenia hałaśliwego)							

W tabeli 5 zestawiono zalecane wartości izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych i elementów budowlanych dla pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej.

Tabela 5. Wymagana izolacyjność przegród wewnętrznych pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej

Lp.	Nazwa pomieszczenia	Projektowane wartości wskaźników [dB]			
		Stropy		Ściany bez drzwi	Drzwi
		R' _{A1}	L' _{n,w} max	R' _{A1}	R' _{A1} min
1	Sala Wielofunkcyjna	60	45	60	42*)
2	Reżyserka	60	45	60	42*)
3	Studio Nagrań/Sala Prób	60	45	60	42*)
4	Pomieszczenie Kinotechniczne	50	50	55	38*)

*) dopuszcza się zastosowanie dowolnego systemu drzwi spełniających wymagania akustyczne

5.3. Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach

Dopuszczalne poziomy dźwięku A w pomieszczeniach określa Polska Norma [5]. Dla pomieszczeń o typowej funkcjonalności wskaźniki te zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach

L.p.	Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie L_{Aeq} [dB]		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz urządzeń w budynku i poza budynkiem			
				Średni poziom dźwięku A (L_{Am}) (przy hałasie ustalonym 1) lub równoważny poziom dźwięku A (L_{Aeq}) (przy hałasie nieustalonym 2)) [dB]		Maksymalny poziom dźwięku A, (L_{Amax}), (przy hałasie nieustalonym 2)) [dB]	
		w dzień	w nocy	w dzień	w nocy	w dzień	w nocy
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Klasy i pracownie szkolne (za wyjątkiem pracowni zajęć technicznych), sale wykładowe, audytoria	40	-	35	-	40	-
3	Salę konferencyjne	40	-	35	-	40	-
4	Pomieszczenia do pracy umysłowej wymagającej silnej koncentracji uwagi	35	-	30	-	35	-
5	Pomieszczenia administracyjne bez wewnętrznych źródeł hałasu	40	-	35	-	40	-
6	Pomieszczenia administracyjne z wewnętrznymi źródłami hałasu, pomieszczenia administracyjne w obiektach tymczasowych	45	-	40	-	45	-
1) Np. pochodzącym od centralnego ogrzewania, wentylacji, stacji transformatorowych 2) Np. pochodzący od urządzeń dźwigowych, z zsypów śmieciowych							

5.4. Poziom tła akustycznego

Dla pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej dopuszczalne poziomy hałasu, jakie mogą występować w danym wnętrzu, określa się za pomocą poziomu dźwięku A lub tzw. krzywych oceny hałasu N. Dla audytoriów czy sal koncertowych zalecany poziom dźwięku od wszystkich źródeł hałasu zlokalizowanych w budynku i w jego otoczeniu ogranicza krzywa N30 (preferowana N25). Zalecane wartości krzywych hałasowych dla poszczególnych pomieszczeń podano w tabeli 6, natomiast zestawienie krzywych oceny hałasu funkcji pasm oktaowych pokazano w tabeli 7.

Tabela 6. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego funkcji częstotliwości oktaowych dla poszczególnych krzywych oceny hałasu N

Funkcja pomieszczenia	Wymagana wartość N	Zalecana wartość N
Sala Wielofunkcyjna	20	15
Reżysernia	25	20
Studio Nagrań/Sala prób	20	15
Pomieszczenie kinotechniczne	25	20

Tabela 7. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego funkcji częstotliwości oktaowych dla poszczególnych krzywych oceny hałasu N

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
N15 [dB]	65,6	47,3	35,0	25,9	19,4	15,0	11,7	9,3	7,4
N20 [dB]	69,0	51,3	39,4	30,6	24,3	20,0	16,8	14,4	12,6
N25 [dB]	72,4	55,2	43,7	35,2	29,2	25,0	21,9	19,5	17,7
N30 [dB]	75,8	59,2	48,1	39,9	34,0	30,0	26,9	24,7	22,9

5.5. Wibroizolacja i dylatacje

Wszystkie podłogi w modernizowanych pomieszczeniach Klubu Uczelnianego należy wykonać jako akustyczne podłogi pływające. Wymaganie dotyczy zarówno wnętrz o akustyce kwalifikowanej jak i niekwalifikowanej. We wnętrzach o akustyce kwalifikowanej należy zastosować podłogi pływające wykonane w technologii mokrej, na bazie gęstej wełny mineralnej lub styropianu akustycznego z obwodową dylatacją od przegród pionowych również z dedykowanego materiału akustycznego. Opcjonalnym rozwiązaniem jest zastosowanie podłogi pływającej na suchym jastrychu z podkładem oraz dylatacją z wełny mineralnej.

Podłogi na legarach wymagają zastosowania podkładek wibroizolacyjnych pod i na legarach. W przypadku projektu przewyżki dla publiczności należy zadbać o posadowienie konstrukcji przewyżki na wibroizolatorach, np. dedykowanych elastomerach.

6. Założenia projektowe akustyki wnętrz

Założenia projektowe opracowano w oparciu o wymagania Inwestora, dokumentację architektoniczną obiektu, przyjętą funkcjonalność i kubaturę wnętrz oraz na podstawie literatury specjalistycznej.

6.1. Sala Wielofunkcyjna

W Sali Wielofunkcyjnej będą się odbywały wykłady, prezentacje, projekcje filmowe, koncerty szkolnych zespołów i zaproszonych gości z wykorzystaniem nagłośnienia. Będą też organizowane uroczystości jubileuszowe o różnorodnym repertuarze. Zatem wnętrze będzie miało charakter Sali Wielofunkcyjnej wykorzystującej system elektroakustyczny.

Istotnym parametrem opisującym Salę jest wskaźnik kubaturowy, który określa optymalną kubaturę pomieszczenia w zależności od funkcji jaką pełni wnętrze. Wskaźnik kubaturowy Sali wynosi $7,3 \text{ m}^3/\text{os.}$ i mieści się w przedziale zalecanym dla sal kameralnych. W przypadku funkcji kina, czy koncertów wykorzystujących system elektroakustyczny wskaźnik kubaturowy jest zbyt duży. Zalecany wskaźnik kubaturowy dla tego typu funkcji powinien mieścić się w granicach $3\text{-}5 \text{ m}^3/\text{os.}$ W przypadku sal audytoryjnych i do słuchania muzyki lekkiej zalecany wskaźnik kubaturowy powinien zawierać się w przedziale $4\text{-}7 \text{ m}^3/\text{os.}$

Sala Wielofunkcyjna wymaga zastosowania rozwiązań umożliwiających zmianę parametrów akustycznych wnętrza w zależności od doraźnych potrzeb. Dlatego w projekcie zakłada się, że we wnętrzu zostanie zainstalowany system regulujący pogłosowość wnętrza za pomocą automatycznych kurtyn akustycznych. Zastosowanie rozwiązania opierającego się na silnie pochłaniających kotarach akustycznych, których powierzchnia pochłaniająca byłaby zmieniana w zależności od sytuacji, pozwoli na rozszerzenie funkcjonalności Sali i wykorzystanie jej potencjału dla potrzeb wszelkich form artystycznych. Takie kotary wraz z systemem zwijania i rozwijania można umieścić pod stropem wzdłuż dłuższych ścian Sali Wielofunkcyjnej.

Czas pogłosu dla sali kinowej o kubaturze Sali Wielofunkcyjnej dla częstotliwości 500 Hz powinien wynosić ok. 0,6 s, dla sali o funkcji audytoryjnej ok. 1,0 sek.

Parametry akustyczne Sali Wielofunkcyjnej zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Projektowe parametry akustyczne Sali Wielofunkcyjnej

Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT_{60} , dla częstotliwości 500 Hz, przy 100% wypełnieniu widowni	0,75 s +/- 0,25 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu (63 Hz ÷ 125 Hz)	+70 %/-20 %
125 Hz ÷ 500 Hz	+40 %/-20 %
500 Hz ÷ 2 kHz	+20 %/-20 %
4 kHz ÷ 8 kHz	+20 %/-50 %
Wskaźnik transmisji mowy STI	STI \geq 0,55

W projekcie należy zapewnić minimalny odstęp czasowy pomiędzy dźwiękiem bezpośrednim a pierwszymi odbiciami. Dla pierwszych rzędów Sali Wielofunkcyjnej różnica ta powinna wynosić $\tau < 40 \text{ ms.}$ Dla kolejnych rzędów powinna maleć.

Przy tego typu obiekcie w końcowym etapie budowy należy przeprowadzić tzw. strojenie Sali Wielofunkcyjnej. Polega ono na wykonaniu pomiarów akustycznych przed zainstalowaniem foteli widowni. Stopień pochłaniania dźwięku przez fotele (rodzaj tapicerowania foteli) określa się na podstawie wykonanych pomiarów.

6.2. Studio Nagrań - Reżysernia

Reżysernia jest miejscem pracy realizatora dźwięku podczas rejestracji, edycji, miks i masteringu materiału dźwiękowego. Optymalny czas pogłosu dla Reżyserni powinien być bardzo krótki w celu umożliwienia odsłuchu materiału bez wpływu otoczenia. Reżyserka jest zaprojektowana według zasady LEDE z silnym tłumieniem dźwięku w okolicy monitorów i z rozpraszaniem dźwięku z tyłu wnętrza. W projekcie zastosowano również model RFZ (Reflection Free Zone).

Tabela 9. Projektowe parametry akustyczne dla Reżyserni

Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT_{60} , dla częstotliwości 500 Hz,	0,22 s +/- 0,10 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu (63 Hz ÷ 125 Hz)	+70 %/-20 %
125 Hz ÷ 500 Hz	+40 %/-20 %
500 Hz ÷ 2 kHz	+20 %/-20 %
4 kHz ÷ 8 kHz	+20 %/-50 %

II.G.6.3. Studio Nagrań – Sala Nagrań/Sala Prób

Optymalny czas pogłosy dla Sali Nagrań/Sali Prób pokazano w tabeli 10.

Tabela 10. Czas pogłosu dla Sali Nagrań/Sali Prób

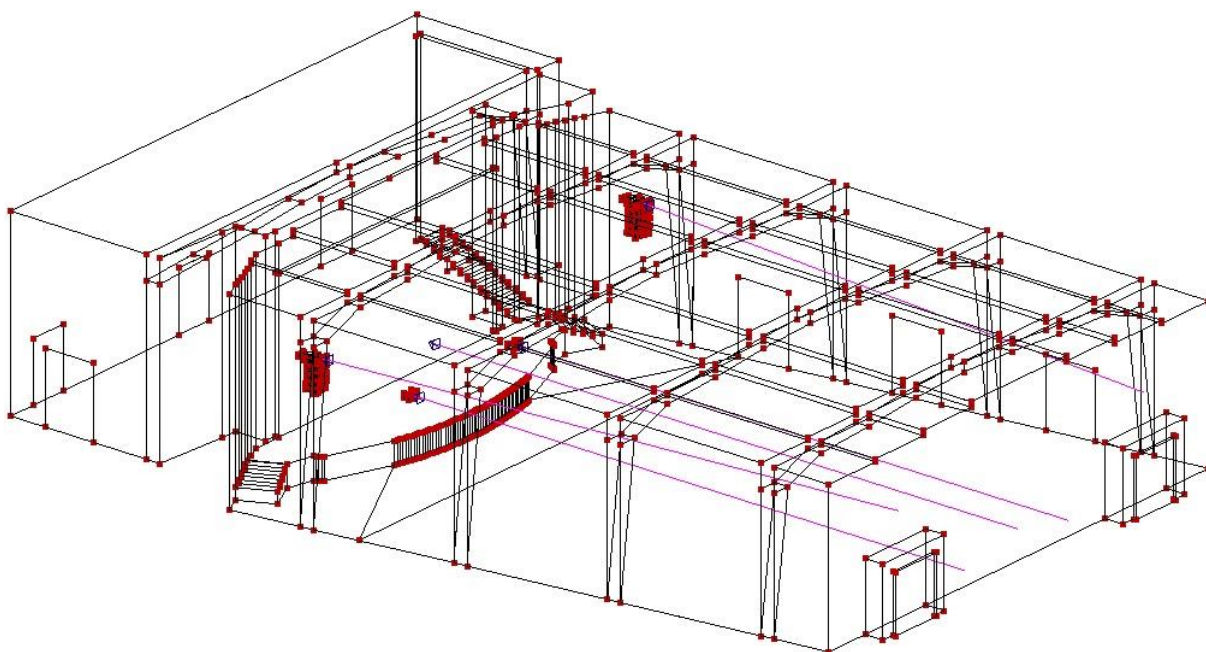
Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT_{60} , dla częstotliwości 500 Hz,	0,4 s +/- 0,20 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu (63 Hz ÷ 125 Hz)	+70 %/-20 %
125 Hz ÷ 500 Hz	+40 %/-20 %
500 Hz ÷ 2 kHz	+20 %/-20 %
4 kHz ÷ 8 kHz	+20 %/-50 %

7 Projekt adaptacji akustycznej

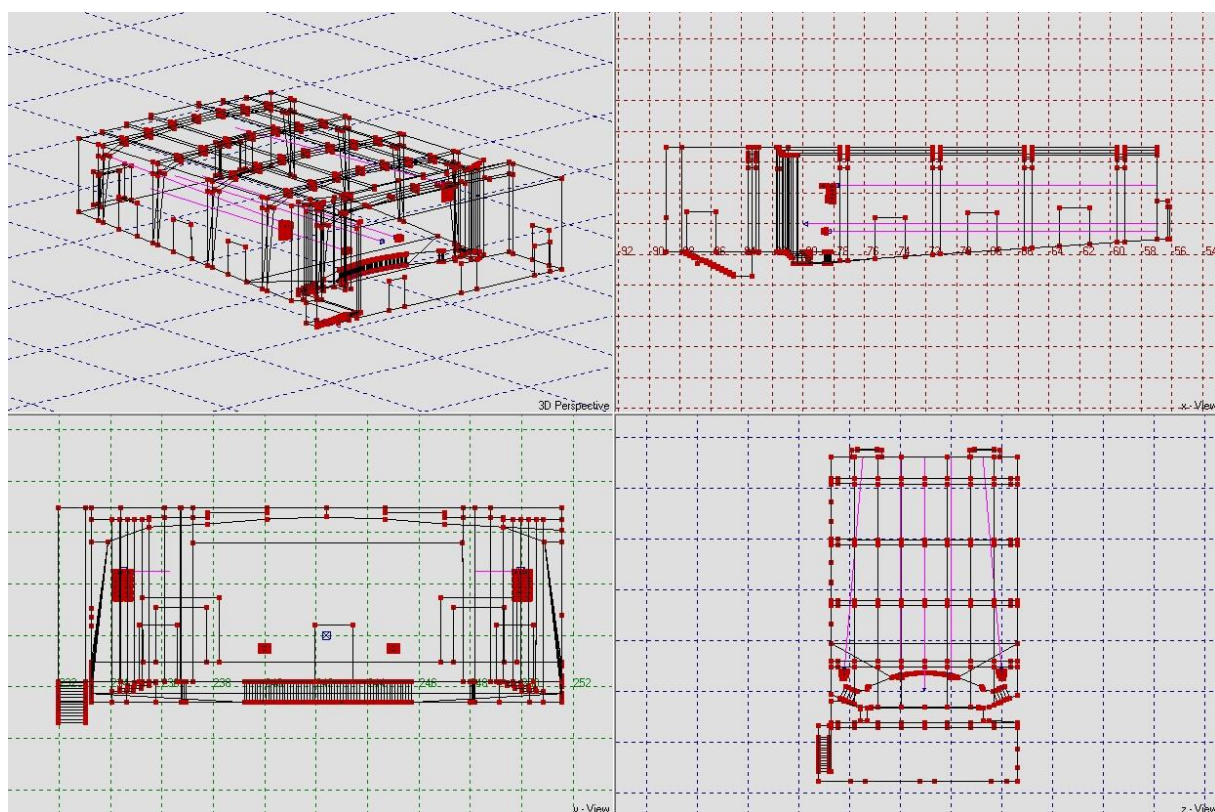
Podstawową metodą obliczania akustyki pomieszczenia jest metoda statystyczna. Pozwala ona w dużym przybliżeniu określić czas pogłosu pomieszczenia w pasmach częstotliwości oktaowych od ok. 100 Hz do 5000 Hz. W projektach adaptacji akustycznej wykorzystano program predykcyjny EASE 4.3, który automatycznie wylicza bilans chłonności oraz parametry akustyczne wewnątrz, takie jak czas pogłosu, czy wskaźnik zrozumiałości mowy.

7.1. Sala Wielofunkcyjna

W celu wykonania obliczeń i uzyskania wartości projektowych parametrów akustycznych Sali Wielofunkcyjnej, wykonano wirtualny model wnętrza oraz przeprowadzono symulacje w programie predykcyjnym EASE 4.3. Na rys. 1 i 2 pokazano model Sali Wielofunkcyjnej uzyskany w symulatorze EASE 4.3.



Rys. 1. Model Sali Wielofunkcyjnej w programie predykcynym EASE 4.3 – perspektywa 3D



Rys. 2. Model pomieszczenia w programie predykcynym EASE 4.3 – różne widoki

W celu uzyskania zakładanych parametrów projektowych, zastosowano następujące rozwiązania:

- Podłoga sceny drewniana - deski 20 mm na legarach, pomiędzy legarami wełna mineralna o gęstości 40-60 kg/m³, legary na podkładkach wibroizolacyjnych (pod i na legarach), np. z elastomerów lub neoprenu, pustka powietrzna podkonstrukcji wypełniona wełną mineralną o gęstości 50-80 kg/m³.
- Podłoga widowni - parkiet klejony do betonu i do konstrukcji widowni, pustka powietrzna podkonstrukcji widowni maksymalnie wypełniona wełną mineralną o gęstości 50-80 kg/m³. W obudowie konstrukcji widowni należy przewidzieć grupę otworów w celu redukcji rezonansu własnego.
- Frontowa część ściany z oknem scenicznym, nad schodami wejścia na proscenium - ustroje niskoczęstotliwościowe rezonansowe pochłaniające. Załącznik AK-1.3 – przedstawia projekt ustroju, natomiast załączniki AK-1.1 i AK-1.2 pokazują lokalizację ustrojów.
- Ściany boczne widowni, część pomiędzy ścianą okna scenicznego i pierwszymi filarami oraz ostatnimi filarami a ścianą tylną Sali Wielofunkcyjnej, należy pokryć dwoma rodzajami paneli perforowanych, pełniących funkcję niskoczęstotliwościowych ustrojów rezonansowych pochłaniających; Panele wykonane ze sklejki liściastej. Załączniki AK-1.4 – przedstawia projekt ustroju z przodu Sali, załącznik AK-1.5 – przedstawia projekt ustroju umieszczonego z tyłu Sali, natomiast załączniki AK-1.1 i AK-1.2 pokazują lokalizację ustrojów.
- Ściany boczne widowni w części centralnej należy wykonać z paneli okleinowych pełnych, np. Yellow Acoustic Nr 6. 10/50-93.2 lub równoważne, ułożone z warstwą 50mm wełny mineralnej o gęstości 40-50 kg/m³, położonej bezpośrednio na panelu oraz pustką powietrzną pomiędzy wełną i ścianą. Montaż paneli oraz materiały zgodne z technologią i zaleceniami producenta w celu zapewnienia atestowanych parametrów akustycznych współczynnika pochłaniania dźwięku. Panele o wymiarach 120cm x 60cm układane na całej wysokości ścian bocznych pod kątem 10° w odniesieniu do ściany. Załączniki AK-1.1 i AK-1.2 pokazują lokalizację paneli w Sali Wielofunkcyjnej.
- Tylną ścianę widowni należy wyłożyć szerokopasmowymi ustrojami pochłaniającymi, np. panelami z wełny szklanej, pokrytych wzmacnianym materiałem akustycznym, np. Ecophon Akusto Wall C lub rozwiązanie równoważne. W załączniku AK-1.1 i AK-1.2 pokazano lokalizację ustrojów w Sali.
- Nad proscenium sufit akustyczny kierunkowy (Załącznik rys. AK-1.1), wykonany z materiału **silnie odbijającego dźwięk**, np. panele gipsowo-włóknowe okleinowe, złożone z kilku warstw panelu pełnego, tworzące ciężką i sztywną konstrukcję lub konstrukcja wykonana ze sklejki liściastej o przekroju 50 mm. Sufit składa się z dwóch płaskich części ułożonych równolegle względem siebie i odchylonych o 8° od poziomu proscenium – załącznik AK-1.1 i AK-1.7
- Nad widownią sufit akustyczny profilowany wykonany z materiału odbijającego dźwięk, np. podwójnie złożona płyta, np. Rigips Flexi – Line 6+ połączona ze zwykłą płytą pełną G-K lub rozwiązanie równoważne. Alternatywnym wariantem może być zastosowanie giętego MDF lub giętej sklejki liściastej. W załączniku AK-1.6 pokazano kształt jednego panelu sufitowego odbijającego, natomiast załącznik AK-1.2 pokazuje lokalizację paneli sufitowych odbijających.
- Fotele widowni o średnim lub wysokim stopniu tapicerowania w układzie naprzemiennym. Fotele stanowią element strojenia akustycznego Sali Wielofunkcyjnej. Ich dobór musi być zatwierdzony przez Projektanta przed ich zakupem i montażem, po wykonaniu stosownych pomiarów akustycznych in situ. Zakładana charakterystyka współczynnika pochłaniania foteli widowni zawarta w tabeli nr 11
- Boczne ściany komina scenicznego należy wyłożyć panelami akustycznymi z wełny drzewnej o grubości 25 mm, np. Heradesign Superfine z warstwą 3 cm wełny mineralnej o gęstości 40-50 kg/m³ lub rozwiązanie równoważne (Załącznik AK-1.1 i AK-1.2)
- Tylna ściana sceny zasłonięta kurtyną horyzontową zgodnie z projektem mechaniki sceny

- Ściana komina scenicznego z oknem scenicznym zasłonięta kurtyną główną zgodnie z projektem mechaniki sceny
- Ściany boczne widowni, wzdłuż paneli pełnych układanych pod kątem 10° - system regulowanej akustyki oparty o automatycznie rozwijane kotary akustyczne. Kotary wykonane z materiału silnie pochłaniającego dźwięk, gładkowizującego ze szczeliną powietrzną ok. 100 mm, np. Tüchler Wollserge lub Tüchler Haydn lub rozwiązanie równoważne
- Drzwi wejściowe wewnętrzne dźwiękoizolacyjne w klasie akustycznej D₁-40 [wartość laboratoryjna wskaźnika $R_{A1} = 42 - 46$ dB]. Parametry akustyczne drzwi ewakuacyjnych zewnętrznych określono w tab. 3.

Wszystkie materiały powinny mieć stosowne atesty akustyczne. Ewentualne zmiany materiałów referencyjnych wymagają akceptacji projektanta akustyki.

W tabeli 11 zestawiono zastosowane materiały w Sali Wielofunkcyjnej wraz z określonym współczynnikiem pochłaniania dźwięku

Tabela 11. Przyjęte dla Sali Wielofunkcyjnej materiały wraz ze współczynnikiem pochłaniania dźwięku zastosowane w programie predykcyjnym EASE4.3.

L.p.	Usytuowanie	Materiał	Powierzchnia [m ²]	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku α																
1.	Podłoga sceny i proscenium	Deski na legarach	168	<div><p>Absorption Values of Deska na legarach</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value (α)</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.20</td></tr><tr><td>250</td><td>0.15</td></tr><tr><td>500</td><td>0.10</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.08</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.07</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.06</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.05</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value (α)	125	0.20	250	0.15	500	0.10	1000	0.08	2000	0.07	4000	0.06	8000	0.05
Frequency (Hz)	Absorption Value (α)																			
125	0.20																			
250	0.15																			
500	0.10																			
1000	0.08																			
2000	0.07																			
4000	0.06																			
8000	0.05																			
2.	Podłoga widowni	Parkiet klejony do betonu	80	<div><p>Absorption Values of Parkiet lub deska</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value (α)</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.10</td></tr><tr><td>250</td><td>0.08</td></tr><tr><td>500</td><td>0.05</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.04</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.03</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.02</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value (α)	125	0.10	250	0.08	500	0.05	1000	0.04	2000	0.03	4000	0.02	8000	0.02
Frequency (Hz)	Absorption Value (α)																			
125	0.10																			
250	0.08																			
500	0.05																			
1000	0.04																			
2000	0.03																			
4000	0.02																			
8000	0.02																			

3.	Frontowa część ściany z oknem scenicznym	Ustój rezonansowy pochłaniający z perforacją otworową	24	<p>Absorption Values of Panel 1</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.68</td></tr><tr><td>250</td><td>0.28</td></tr><tr><td>500</td><td>0.18</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.14</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.13</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.11</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.68	250	0.28	500	0.18	1000	0.15	2000	0.14	4000	0.13	8000	0.11
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.68																			
250	0.28																			
500	0.18																			
1000	0.15																			
2000	0.14																			
4000	0.13																			
8000	0.11																			
4.	Ściany boczne widowni, część pomiędzy ścianą okna scenicznego i pierwszymi filarami	Ustój rezonansowy pochłaniający z perforacją otworową	38	<p>Absorption Values of Panel 2</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.80</td></tr><tr><td>250</td><td>0.58</td></tr><tr><td>500</td><td>0.28</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.14</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.13</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.11</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.80	250	0.58	500	0.28	1000	0.15	2000	0.14	4000	0.13	8000	0.11
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.80																			
250	0.58																			
500	0.28																			
1000	0.15																			
2000	0.14																			
4000	0.13																			
8000	0.11																			

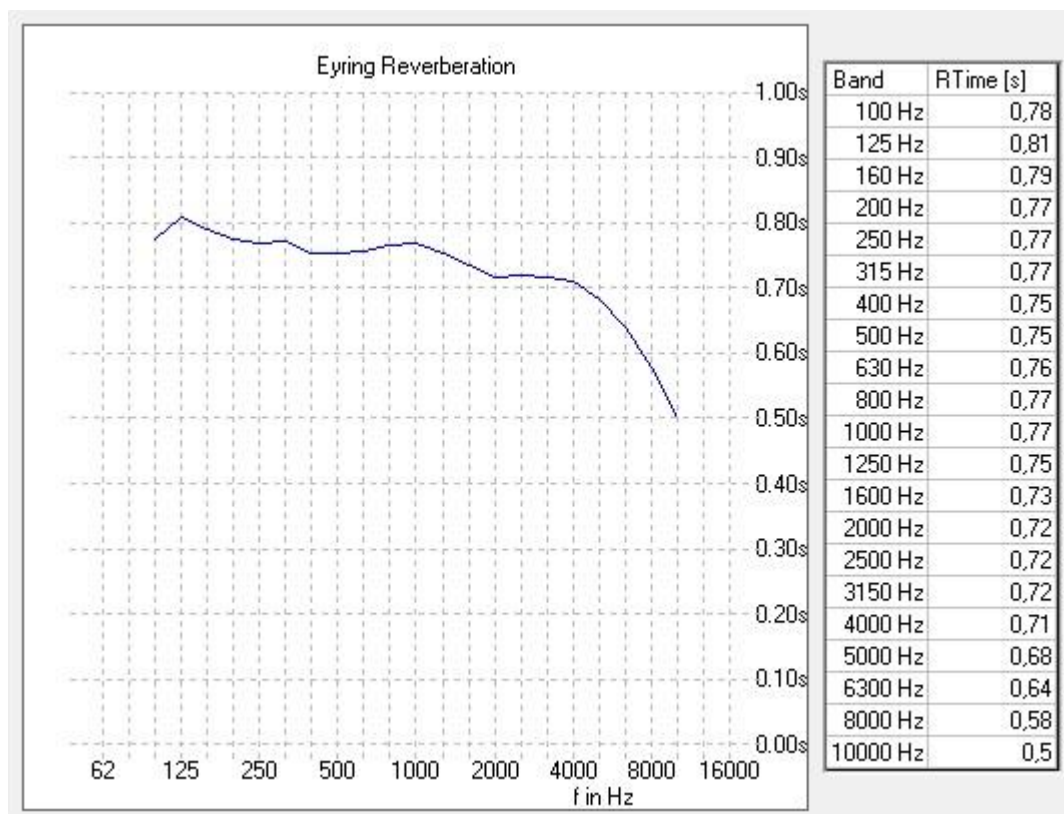
5.	Ściany boczne widowni, część pomiędzy ścianą tylną i ostatnimi filarami	Ustój rezonansowy pochłaniający z perforacją otworową	12	<p>Absorption Values of Panel 3</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.95</td></tr><tr><td>250</td><td>0.85</td></tr><tr><td>500</td><td>0.55</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.12</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.95	250	0.85	500	0.55	1000	0.20	2000	0.18	4000	0.15	8000	0.12
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.95																			
250	0.85																			
500	0.55																			
1000	0.20																			
2000	0.18																			
4000	0.15																			
8000	0.12																			
6.	Ściany boczne widowni w części centralnej	Panel ściennie okleinowane pełne	192	<p>Absorption Values of VP Pełna płyta gipsowo-włóknowa</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.40</td></tr><tr><td>250</td><td>0.25</td></tr><tr><td>500</td><td>0.12</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.08</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.06</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.05</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.05</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.40	250	0.25	500	0.12	1000	0.08	2000	0.06	4000	0.05	8000	0.05
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.40																			
250	0.25																			
500	0.12																			
1000	0.08																			
2000	0.06																			
4000	0.05																			
8000	0.05																			

7.	Tylna ściana widowni	Szerokopasmowe panele pochłaniające z wełny szklanej	70	<p>Absorption Values of Wełna szklana</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.15</td></tr><tr><td>160</td><td>0.25</td></tr><tr><td>200</td><td>0.45</td></tr><tr><td>250</td><td>0.80</td></tr><tr><td>315</td><td>0.90</td></tr><tr><td>400</td><td>0.95</td></tr><tr><td>500</td><td>0.98</td></tr><tr><td>630</td><td>0.99</td></tr><tr><td>800</td><td>1.00</td></tr><tr><td>1000</td><td>1.00</td></tr><tr><td>1250</td><td>1.00</td></tr><tr><td>1600</td><td>1.00</td></tr><tr><td>2000</td><td>1.00</td></tr><tr><td>2500</td><td>1.00</td></tr><tr><td>3150</td><td>1.00</td></tr><tr><td>4000</td><td>1.00</td></tr><tr><td>5000</td><td>1.00</td></tr><tr><td>6300</td><td>1.00</td></tr><tr><td>8000</td><td>1.00</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption	125	0.15	160	0.25	200	0.45	250	0.80	315	0.90	400	0.95	500	0.98	630	0.99	800	1.00	1000	1.00	1250	1.00	1600	1.00	2000	1.00	2500	1.00	3150	1.00	4000	1.00	5000	1.00	6300	1.00	8000	1.00
Frequency (Hz)	Absorption																																											
125	0.15																																											
160	0.25																																											
200	0.45																																											
250	0.80																																											
315	0.90																																											
400	0.95																																											
500	0.98																																											
630	0.99																																											
800	1.00																																											
1000	1.00																																											
1250	1.00																																											
1600	1.00																																											
2000	1.00																																											
2500	1.00																																											
3150	1.00																																											
4000	1.00																																											
5000	1.00																																											
6300	1.00																																											
8000	1.00																																											
8.	Sufit akustyczny nad proscenium	Materiał silnie odbijający dźwięk	49	<p>Absorption Values of Panel proscenium</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.15</td></tr><tr><td>160</td><td>0.14</td></tr><tr><td>200</td><td>0.13</td></tr><tr><td>250</td><td>0.12</td></tr><tr><td>315</td><td>0.11</td></tr><tr><td>400</td><td>0.08</td></tr><tr><td>500</td><td>0.06</td></tr><tr><td>630</td><td>0.05</td></tr><tr><td>800</td><td>0.04</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.03</td></tr><tr><td>1250</td><td>0.02</td></tr><tr><td>1600</td><td>0.02</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>2500</td><td>0.02</td></tr><tr><td>3150</td><td>0.02</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>5000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>6300</td><td>0.02</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.02</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption	125	0.15	160	0.14	200	0.13	250	0.12	315	0.11	400	0.08	500	0.06	630	0.05	800	0.04	1000	0.03	1250	0.02	1600	0.02	2000	0.02	2500	0.02	3150	0.02	4000	0.02	5000	0.02	6300	0.02	8000	0.02
Frequency (Hz)	Absorption																																											
125	0.15																																											
160	0.14																																											
200	0.13																																											
250	0.12																																											
315	0.11																																											
400	0.08																																											
500	0.06																																											
630	0.05																																											
800	0.04																																											
1000	0.03																																											
1250	0.02																																											
1600	0.02																																											
2000	0.02																																											
2500	0.02																																											
3150	0.02																																											
4000	0.02																																											
5000	0.02																																											
6300	0.02																																											
8000	0.02																																											

9.	Sufit akustyczny nad widownią	Materiał odbijający dźwięk	280	<p>Absorption Values of Panel odbijający</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.55</td></tr><tr><td>250</td><td>0.15</td></tr><tr><td>500</td><td>0.10</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.05</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.12</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.11</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.10</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption	125	0.55	250	0.15	500	0.10	1000	0.05	2000	0.12	4000	0.11	8000	0.10
Frequency (Hz)	Absorption																			
125	0.55																			
250	0.15																			
500	0.10																			
1000	0.05																			
2000	0.12																			
4000	0.11																			
8000	0.10																			
10.	Boczne ściany komina scenicznego	Szerokopasmowe panele pochłaniające z wełny drzewnej	60	<p>Absorption Values of Wełna drzewna</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.10</td></tr><tr><td>250</td><td>0.50</td></tr><tr><td>500</td><td>1.00</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.75</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.68</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.80</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.85</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption	125	0.10	250	0.50	500	1.00	1000	0.75	2000	0.68	4000	0.80	8000	0.85
Frequency (Hz)	Absorption																			
125	0.10																			
250	0.50																			
500	1.00																			
1000	0.75																			
2000	0.68																			
4000	0.80																			
8000	0.85																			

11.	Ściany	Tynk na murze	78	<div><p>Absorption Values of Tynk na murze</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.02</td></tr><tr><td>250</td><td>0.02</td></tr><tr><td>500</td><td>0.02</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.01</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.02</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption	125	0.02	250	0.02	500	0.02	1000	0.01	2000	0.02	4000	0.02	8000	0.02
Frequency (Hz)	Absorption																			
125	0.02																			
250	0.02																			
500	0.02																			
1000	0.01																			
2000	0.02																			
4000	0.02																			
8000	0.02																			
12.	Widownia	Fotele	260	<div><p>Absorption Values of MTSEAT FAB</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.20</td></tr><tr><td>250</td><td>0.35</td></tr><tr><td>500</td><td>0.55</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.68</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.62</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.60</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.60</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption	125	0.20	250	0.35	500	0.55	1000	0.68	2000	0.62	4000	0.60	8000	0.60
Frequency (Hz)	Absorption																			
125	0.20																			
250	0.35																			
500	0.55																			
1000	0.68																			
2000	0.62																			
4000	0.60																			
8000	0.60																			

Program EASE umożliwia statystyczne oszacowanie wybranych parametrów akustycznych takich jak czas pogłosu, czy wskaźnik transmisji mowy STI. Na rysunku 3 pokazano czas pogłosu dla Sali Wielofunkcyjnej uzyskany w programie EASE z zastosowaniem materiałów zestawionych w tabeli 11.



Rys 3. Czas pogłosu Sali Wielofunkcyjnej uzyskany w programie EASE 4.3

Rysunek 4 pokazuje rozkład wskaźnika transmisji mowy STI otrzymany w programie predykcyjnym EASE. Jako źródło sygnału testowego zastosowano projektowane grona głośnikowe z zestawami głośnikowymi typu frontfill.



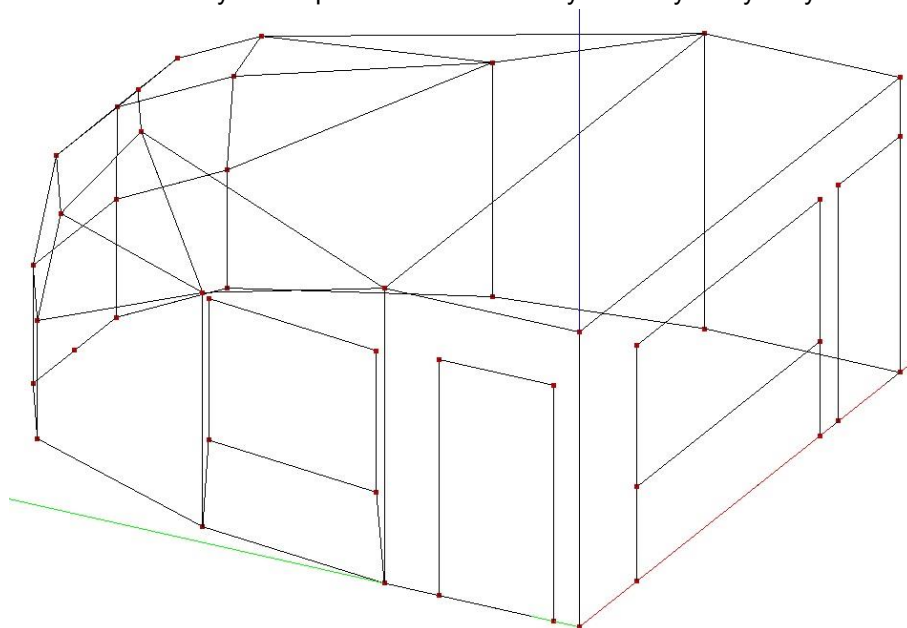
Rys.4. Wskaźnik transmisji mowy STI uzyskany w programie EASE 4.3

Uzyskane wartości czasu pogłosu oraz wskaźnika transmisji mowy dla Sali Wielofunkcyjnej spełniają założenia projektowe.

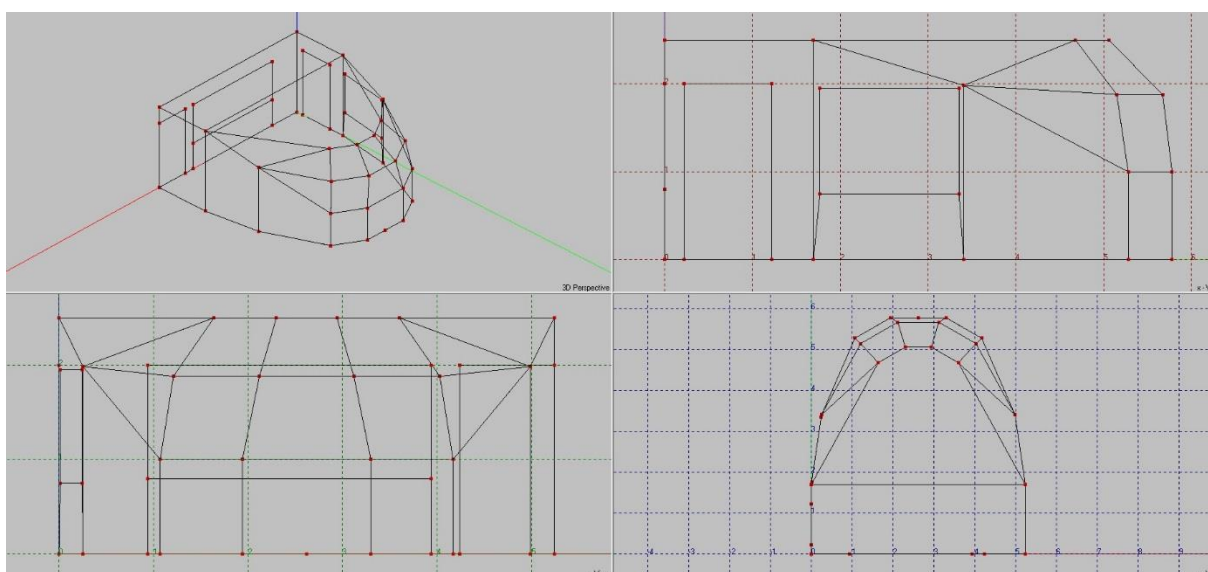
7.2. Zespół Studia Nagrań

7.2.1. Reżysernia

W celu wykonania obliczeń i uzyskania wartości projektowych parametrów akustycznych Reżyserni, wykonano wirtualny model wnętrza oraz przeprowadzono symulacje w programie predykcyjnym EASE 4.3. Na rys. 5 i 6 pokazano model Reżyserni uzyskany w symulatorze EASE 4.3.



Rys. 5. Model Reżyserni w programie predykcyjnym EASE 4.3 – perspektywa 3D



Rys. 6. Model Reżyserni w programie predykcyjnym EASE 4.3 – różne widoki

W celu uzyskania parametrów projektowych zastosowano następujące rozwiązania:

- Należy wykonać konstrukcję na szkieletie drewnianym i obudować podwójną płytą G-K lub G-W o grubości 12,5 mm i 15 mm w celu zapewnienia wysokiej sztywności konstrukcji (Załącznik rys. AK-2.1). W razie konieczności, należy zastosować dodatkowe wsporniki i wzmocnienia oraz dodatkową warstwę płyt o grubości 18 mm. Obudowy na monitory studyjne należy wykonać z materiału sztywnego i o dużej gęstości, np. sklejki liściastej o grubości 30 mm lub grubszej. Poszczególne części obudowy należy łączyć poprzez cienki materiał elastyczny, np. neopren 1 mm. Obudowy na głośniki powinny być zamocowane na niezależnej konstrukcji w celu

ograniczenia wibracji konstrukcji głównej. Odseparowanie obudów na głośniki od konstrukcji głównej, należy wykonać poprzez zastosowanie elastomerów lub pianki. Głośniki w obudowach posadowione na elastomerze np. Getzner Sylomer SR11 lub rozwiązanie równoważne, ewentualnie na miękkiej gumie. Głośniki należy szczelnie obłożyć materiałem elastycznym, np. Getzner Sylomer SR11 lub rozwiązanie równoważne, opcjonalnie wełną mineralną, np. Isover PT-80 lub rozwiązanie równoważne. Niezbyt staranne obłożenie materiałem akustycznym obniży efektywność głośników. Projekt konstrukcji i jej wytłumienie zgodnie z rysunkiem architektury. Pomiędzy ścianą i płytami konstrukcji głównej szczelne wypełnienie wełną mineralną o gęstości 60-80 kg/m³, np. Isover PT-80 lub rozwiązanie równoważne. Należy zwrócić uwagę na staranne obłożenie konstrukcji z zewnątrz warstwą 5 cm wełny mineralnej. Wełnę należy przymocować do zewnętrznej warstwy płyt i obudów głośników - załącznik AK-2.1

- Centralna część konstrukcji od strony wewnętrznej, od wysokości 70 cm powyżej poziomu podłogi należy wyłożyć płytami akustycznymi pochłaniającymi z wełny szklanej, np. Ecophone Master B lub rozwiązanie równoważne. Płyty z wełny szklanej są klejone bezpośrednio do podłoża. Wystające krawędzie można pomalować farbą dedykowaną przez producenta paneli lub emulsją akrylową – załącznik Ak-2.1.
- Podłoga drewniana – parkiet klejony do jastrychu
- Sufit od strony głośników do połowy przykryty materiałem pochłaniającym, np. Ecophone Master B lub rozwiązanie równoważne - załącznik AK-2.1.
- Druga połowa sufitu pokryta dyfuzorami 2D, wykonanymi ze styropianu XPS lub styroduru, np. Vicoustic Multifuser DC2 lub dyfuzor Schroedera 1D oparty na sekwencji residuum kwadratowego liczby pierwszej 7- załącznik rys. AK-2.1.
- Na ścianie tylnej, obok drzwi wejściowych, niskoczęstotliwościowe ustroje pochłaniające usytuowane oraz wykonane zgodnie z załącznikami AK-2.1, AK-2.2 i AK-2.3
- Nad niskoczęstotliwościowym ustrojem pochłaniającym dyfuzor Schroedera 1D o głębokości 15 cm, powierzchni min. 4 m² wykonany ze sklejk, oparte na sekwencji residuum kwadratowego liczb pierwszych od 17 do 53 - załączniki AK-2.1 i AK-2.2. Wykonanie dyfuzorów należy zlecić doświadczonym zakładom specjalizującym się w tego typu produktach.
- Okna pomiędzy Reżysernią a Studiem należy zbudować z dwóch niezależnych okien, jedno po stronie Reżyserni, drugie po stronie Studia Nagrań. Okna powinny być wykonane z podwójnej szyby zespolonej nachylone pod kątem 8° -10° w kierunku sufitu i 16°-20° względem siebie. Izolacyjność każdego okna $R_{A2} \geq 38$ dB. Klasa akustyczna $OK_2 - 38$ [laboratoryjny wskaźnik izolacyjności akustycznej okien $R_{A2} = 40 - 42$ dB]. Okna zamontować zgodnie z zaleceniami producenta w celu zachowania atestowanych parametrów akustycznych – załącznik AK-2.1.
- Drzwi pomiędzy Reżysernią a Studiem Nagrań powinny posiadać izolacyjność akustyczną wypadkową $R_{A2} \geq 45$ dB. Należy zastosować parę drzwi o izolacyjności akustycznej $2 \times R_{A2} \geq 35$ dB, klasa akustyczna $D_2 - 35$ dla każdych drzwi [laboratoryjny wskaźnik izolacyjności akustycznej drzwi $R_{A2} = 37 - 41$ dB]. Drzwi powinny być masywne i wyposażone w precyzyjne obwodowe i atestowane uszczelnienie oraz próg stały lub efektywną uszczelkę opadającą
- Drzwi wejściowe dźwiękoizolacyjne o izolacyjności akustycznej w klasie akustycznej $D_2 - 35$ [laboratoryjny wskaźnik izolacyjności akustycznej drzwi $R_{A2} = 37 - 41$ dB]

Uwaga, w przypadku braku atestowanych parametrów akustycznych dla drzwi w klasie akustycznej ze wskaźnikiem R_{A2} , można zastosować drzwi ze wskaźnikiem R_{A1} ale o jedną klasę akustyczną wyżej.

Wszystkie materiały akustyczne powinny mieć stosowne **atesty akustyczne**. Ewentualne zmiany materiałów referencyjnych wymagają akceptacji projektanta akustyki.

W tabeli 12 zestawiono zastosowane materiały w Reżyserni wraz z określonym współczynnikiem pochłaniania dźwięku.

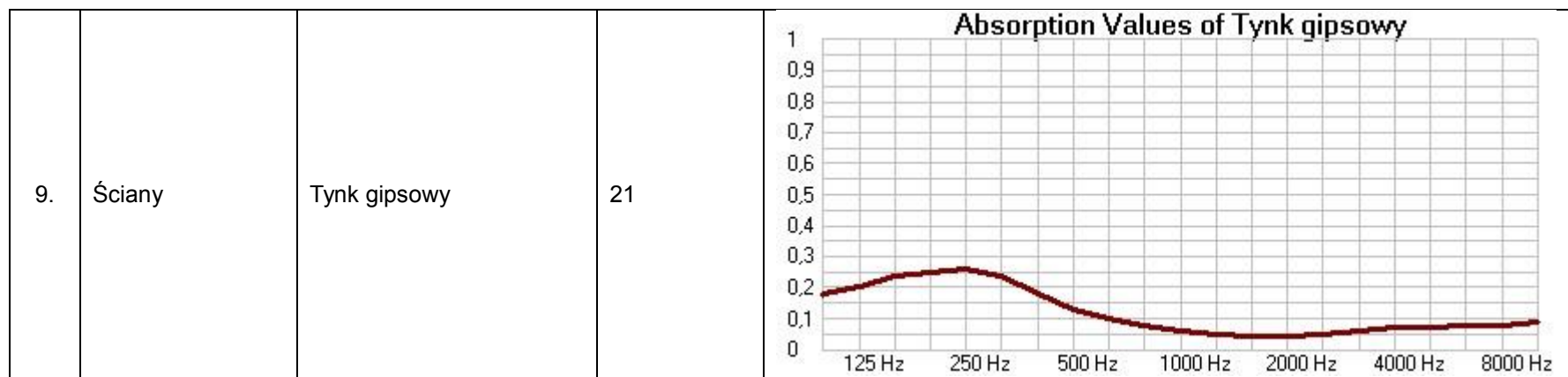
Tabela 12. Przyjęte dla Reżyserni materiały wraz ze współczynnikiem pochłaniania dźwięku zastosowane w programie predykcyjnym EASE4.3.

L.p.	Usytuowanie	Materiał	Powierzchnia [m ²]	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku α																								
1.	Konstrukcja z głośnikami od wysokości 70 cm na głębokość stołu realizatora dźwięku	Panele z wełny szklanej	18	<div><p>Absorption Values of Wełna szklana</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Coefficient (α)</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.10</td></tr><tr><td>150</td><td>0.15</td></tr><tr><td>200</td><td>0.40</td></tr><tr><td>250</td><td>0.75</td></tr><tr><td>300</td><td>0.85</td></tr><tr><td>400</td><td>0.95</td></tr><tr><td>500</td><td>1.00</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.98</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.95</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.92</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.90</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Coefficient (α)	125	0.10	150	0.15	200	0.40	250	0.75	300	0.85	400	0.95	500	1.00	1000	0.98	2000	0.95	4000	0.92	8000	0.90
Frequency (Hz)	Absorption Coefficient (α)																											
125	0.10																											
150	0.15																											
200	0.40																											
250	0.75																											
300	0.85																											
400	0.95																											
500	1.00																											
1000	0.98																											
2000	0.95																											
4000	0.92																											
8000	0.90																											
2.	Podłoga	Parkiet klejony do betonu	26	<div><p>Absorption Values of Parkiet lub deska</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Coefficient (α)</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.10</td></tr><tr><td>150</td><td>0.08</td></tr><tr><td>200</td><td>0.05</td></tr><tr><td>250</td><td>0.05</td></tr><tr><td>300</td><td>0.04</td></tr><tr><td>400</td><td>0.03</td></tr><tr><td>500</td><td>0.03</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.02</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.01</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Coefficient (α)	125	0.10	150	0.08	200	0.05	250	0.05	300	0.04	400	0.03	500	0.03	1000	0.02	2000	0.02	4000	0.02	8000	0.01
Frequency (Hz)	Absorption Coefficient (α)																											
125	0.10																											
150	0.08																											
200	0.05																											
250	0.05																											
300	0.04																											
400	0.03																											
500	0.03																											
1000	0.02																											
2000	0.02																											
4000	0.02																											
8000	0.01																											

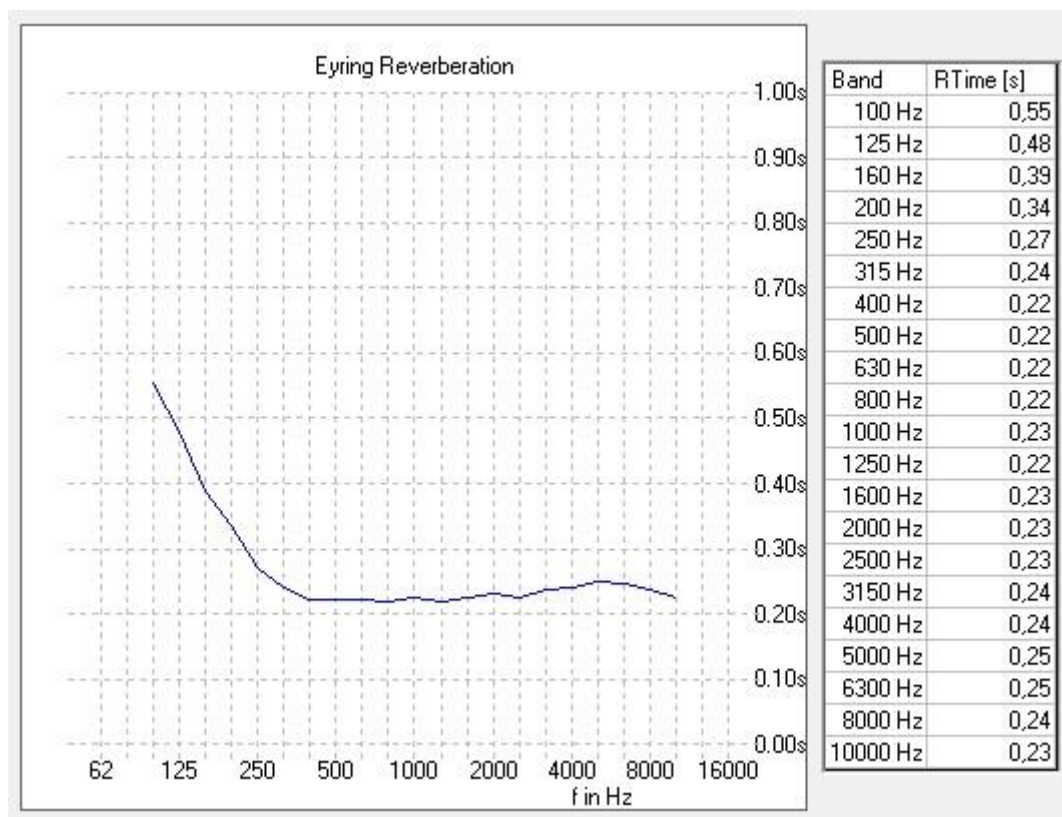
3.	Sufit - część przy konstrukcji	Panele z wełny szklanej	8	<div><p>Absorption Values of Wełna szklana</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.1</td></tr><tr><td>150</td><td>0.15</td></tr><tr><td>200</td><td>0.4</td></tr><tr><td>250</td><td>0.8</td></tr><tr><td>300</td><td>0.9</td></tr><tr><td>400</td><td>1.0</td></tr><tr><td>500</td><td>1.0</td></tr><tr><td>600</td><td>1.0</td></tr><tr><td>800</td><td>1.0</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.98</td></tr><tr><td>1500</td><td>0.95</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.98</td></tr><tr><td>3000</td><td>0.95</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.9</td></tr><tr><td>5000</td><td>0.9</td></tr><tr><td>6000</td><td>0.9</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.9</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.1	150	0.15	200	0.4	250	0.8	300	0.9	400	1.0	500	1.0	600	1.0	800	1.0	1000	0.98	1500	0.95	2000	0.98	3000	0.95	4000	0.9	5000	0.9	6000	0.9	8000	0.9
Frequency (Hz)	Absorption Value																																							
125	0.1																																							
150	0.15																																							
200	0.4																																							
250	0.8																																							
300	0.9																																							
400	1.0																																							
500	1.0																																							
600	1.0																																							
800	1.0																																							
1000	0.98																																							
1500	0.95																																							
2000	0.98																																							
3000	0.95																																							
4000	0.9																																							
5000	0.9																																							
6000	0.9																																							
8000	0.9																																							
4.	Sufit - część z tyłu wnętrza	Dyfuzory Schroedera 1D lub 2D	6	<div><p>Absorption Values of Modffusor - dyfuzor 1D</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.2</td></tr><tr><td>150</td><td>0.2</td></tr><tr><td>200</td><td>0.25</td></tr><tr><td>250</td><td>0.3</td></tr><tr><td>300</td><td>0.28</td></tr><tr><td>400</td><td>0.25</td></tr><tr><td>500</td><td>0.3</td></tr><tr><td>600</td><td>0.3</td></tr><tr><td>800</td><td>0.3</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.2</td></tr><tr><td>1500</td><td>0.18</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>3000</td><td>0.2</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>5000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>6000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.15</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.2	150	0.2	200	0.25	250	0.3	300	0.28	400	0.25	500	0.3	600	0.3	800	0.3	1000	0.2	1500	0.18	2000	0.18	3000	0.2	4000	0.18	5000	0.18	6000	0.15	8000	0.15
Frequency (Hz)	Absorption Value																																							
125	0.2																																							
150	0.2																																							
200	0.25																																							
250	0.3																																							
300	0.28																																							
400	0.25																																							
500	0.3																																							
600	0.3																																							
800	0.3																																							
1000	0.2																																							
1500	0.18																																							
2000	0.18																																							
3000	0.2																																							
4000	0.18																																							
5000	0.18																																							
6000	0.15																																							
8000	0.15																																							

5.	Ściana tylna – część przy podłodze	Niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający 1	0,75	<p>Absorption Values of Panel 1</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.68</td></tr><tr><td>250</td><td>0.28</td></tr><tr><td>500</td><td>0.18</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.14</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.13</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.11</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.68	250	0.28	500	0.18	1000	0.15	2000	0.14	4000	0.13	8000	0.11
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.68																			
250	0.28																			
500	0.18																			
1000	0.15																			
2000	0.14																			
4000	0.13																			
8000	0.11																			
6.	Ściana tylna – część przy podłodze	Niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający 2	0,75	<p>Absorption Values of Panel 2</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.80</td></tr><tr><td>250</td><td>0.58</td></tr><tr><td>500</td><td>0.28</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.14</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.13</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.11</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.80	250	0.58	500	0.28	1000	0.15	2000	0.14	4000	0.13	8000	0.11
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.80																			
250	0.58																			
500	0.28																			
1000	0.15																			
2000	0.14																			
4000	0.13																			
8000	0.11																			

7.	Ściana tylna – część przy podłodze	Niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający 3	0,75	<div><p>Absorption Values of Panel 3</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.98</td></tr><tr><td>250</td><td>0.88</td></tr><tr><td>500</td><td>0.55</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.12</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.98	250	0.88	500	0.55	1000	0.20	2000	0.18	4000	0.15	8000	0.12
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.98																			
250	0.88																			
500	0.55																			
1000	0.20																			
2000	0.18																			
4000	0.15																			
8000	0.12																			
8.	Ściana tylna – część nad niskoczęstotliwoś ciowymi ustrojami pochłaniającymi	Dyfuzor Schroedera 1D	3,6	<div><p>Absorption Values of Modffusor - dyfuzor 1D</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.22</td></tr><tr><td>250</td><td>0.28</td></tr><tr><td>500</td><td>0.32</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.15</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.22	250	0.28	500	0.32	1000	0.20	2000	0.18	4000	0.20	8000	0.15
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.22																			
250	0.28																			
500	0.32																			
1000	0.20																			
2000	0.18																			
4000	0.20																			
8000	0.15																			



Program EASE umożliwia statystyczne oszacowanie wybranych parametrów akustycznych takich jak czas pogłosu. Na rysunku 7 pokazano czas pogłosu dla Reżyserni uzyskany w programie EASE z zastosowaniem materiałów zestawionych w tabeli 12.

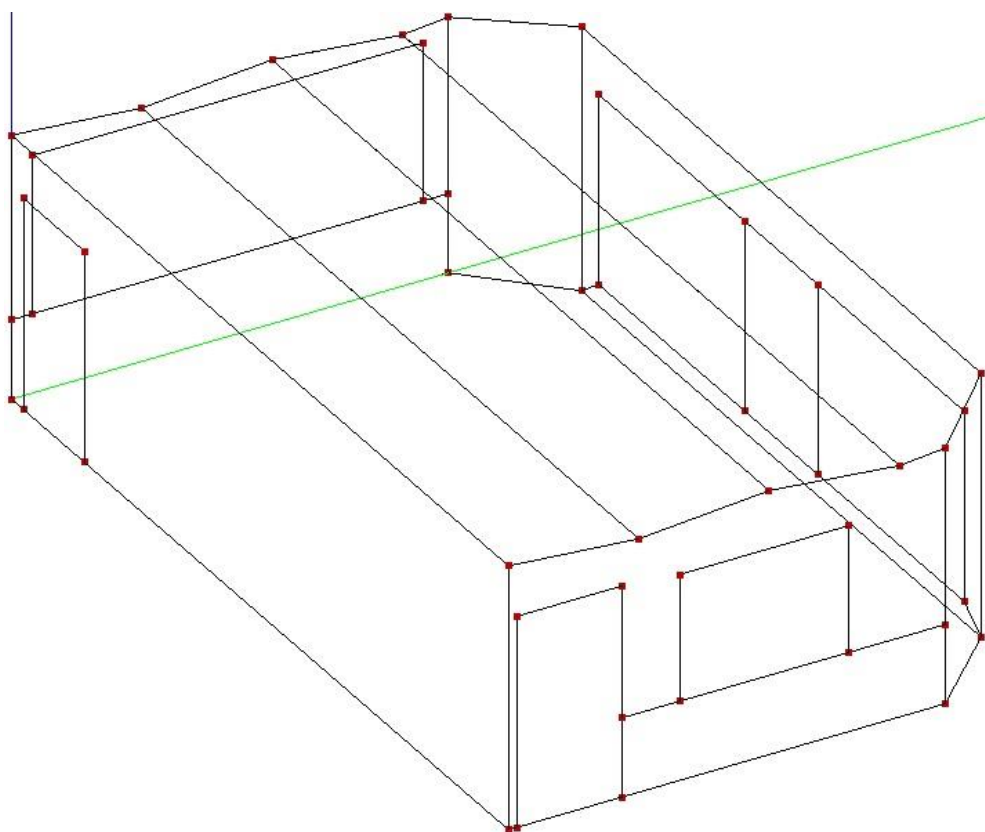


Rys 7. Czas pogłosu Reżyserni uzyskany w programie EASE 4.3

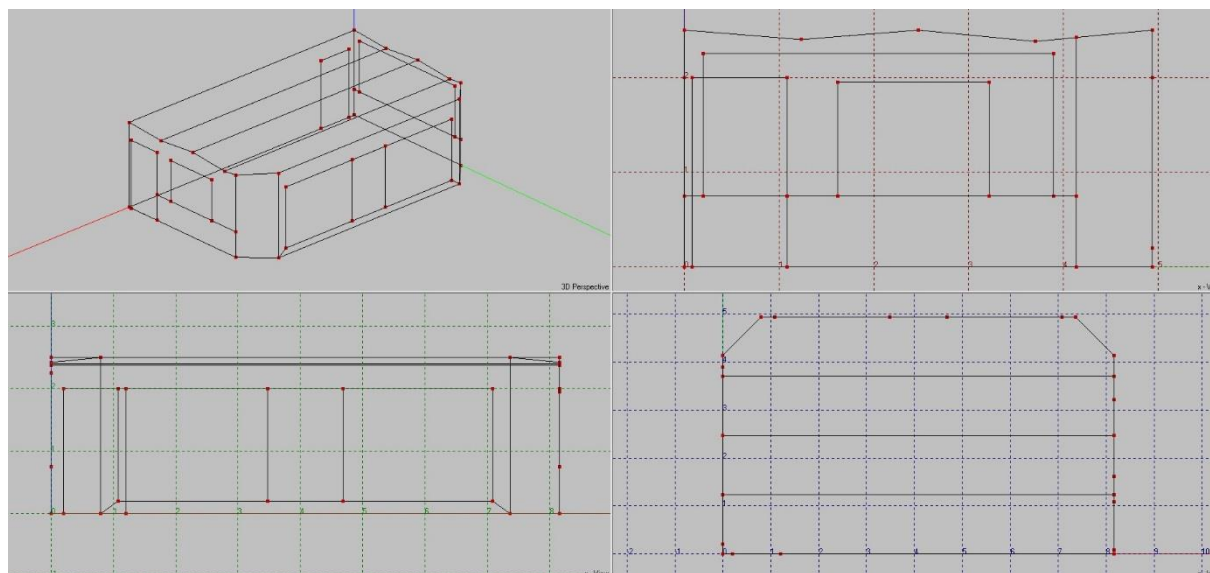
Uzyskane wartości czasu pogłosu dla Reżyserni spełniają założenia projektowe.

7.2.2. Studio Nagrań

W celu wykonania obliczeń i uzyskania wartości projektowych parametrów akustycznych Studia Nagrań, wykonano wirtualny model wnętrza oraz przeprowadzono symulacje w programie predykcyjnym EASE 4.3. Na rys. 8 i 9 pokazano model Reżyserni uzyskany w symulatorze EASE 4.3.



Rys. 8. Model Studia Nagrań w programie predykcyjnym EASE 4.3 – perspektywa 3D



Rys. 9. Model Studia Nagrań w programie predykcyjnym EASE 4.3 – różne widoki

W celu uzyskania parametrów projektowych zastosowano następujące rozwiązania:

- Podłoga wykonana z parkietu klejonego do jastrychu
- Na podłodze tradycyjny dywan o wymiarach 4m x 5m. Dywan może być zwijany i rozwijany w zależności od potrzeb

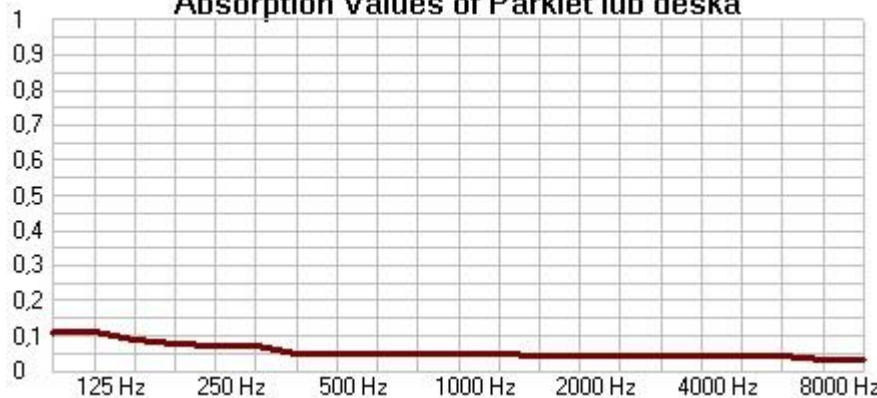

- Sufit akustyczny „łamany” z płyt gipsowo-kartonowych z perforacją grupową, np. Rigips Gryptone Big Quattro 47 na systemowym zawieszeniu lub rozwiązanie równoważne, ułożonych pod kątem 5° względem siebie, stopień perforacji 6% z warstwą wełny mineralnej 50 mm i gęstości 40-60 kg/m³ - załącznik AK-3.2.
- Na ścianie vis a vis wejścia dyfuzory Schroeder’a 1D x 2 szt., każdy o łącznej powierzchni min. 4,32 m² [2,4 m x 1,8m] - załącznik AK-3.1, Ściana 1, przedzielony pułapką basową o powierzchni 2,16 m² [1,2m x 1,8m] - załącznik rys. AK-3.8. Dyfuzory Schroeder’a oparte na sekwencji residuum kwadratowego dla liczb pierwszych od 17 do 53 o głębokości min. 12 cm.
- Na ścianie z drzwiami wejściowymi warstwa wykonana z kamienia dekoracyjnego np. Stone Master lub rozwiązanie równoważne. Kamień dekoracyjny musi cechować duże rozróżnienie i nieregularność w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Ułożenie kamienia należy poprzedzić zróżnicowaniem powierzchni ściany poprzez odchylenie poszczególnych fragmentów względem ściany o kąt 2-3° - załącznik AK-3.1, Ściana 3.
- Na ścianie obok drzwi wejściowych regulowany ustrój akustyczny pochłaniająco-odbijający - załączniki AK-3.1, Ściana 4, AK-3.3, a pod nim niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający rezonansowy - załączniki AK-3.1, Ściana 4, AK-3.4,
- W rogach pomieszczeń rezonansowe ustroje pochłaniające – załącznik AK-3.6 i AK 3.7
- Na ścianie z oknem pomiędzy Studiem Nagrań a Reżysernią Ecophon Akusto Wall C lub rozwiązanie równoważne - załącznik AK- 3.1, Ściana 2. Pod oknem rezonansowy ustrój pochłaniający, zgodnie z załączonym rysunkiem roboczym - załącznik rys. AK- 3.5.
- Drzwi wejściowe akustyczne o izolacyjności akustycznej $R_{A1} \geq 42$ dB lub para drzwi o mniejszej izolacyjności akustycznej $2 \times R_{A1} \geq 35$ dB, klasa akustyczna OK₂ – 35 [laboratoryjny wskaźnik izolacyjności akustycznej drzwi $R_{A2} = 37 - 41$ dB].

Uwaga, w przypadku braku atestowanych parametrów akustycznych dla drzwi w klasie akustycznej ze wskaźnikiem R_{A2} , można zastosować drzwi ze wskaźnikiem R_{A1} ale o jedną klasę akustyczną wyżej.

Wszystkie materiały akustyczne powinny mieć stosowne **atesty akustyczne**. Ewentualne zmiany materiałów referencyjnych wymagają akceptacji projektanta akustyki.

W tabeli 13 zestawiono zastosowane materiały w Studia Nagrań wraz z określonym współczynnikiem pochłaniania dźwięku

Tabela 13. Przyjęte dla Studia Nagrań materiały wraz ze współczynnikiem pochłaniania dźwięku zastosowane w programie predykcyjnym EASE4.3.

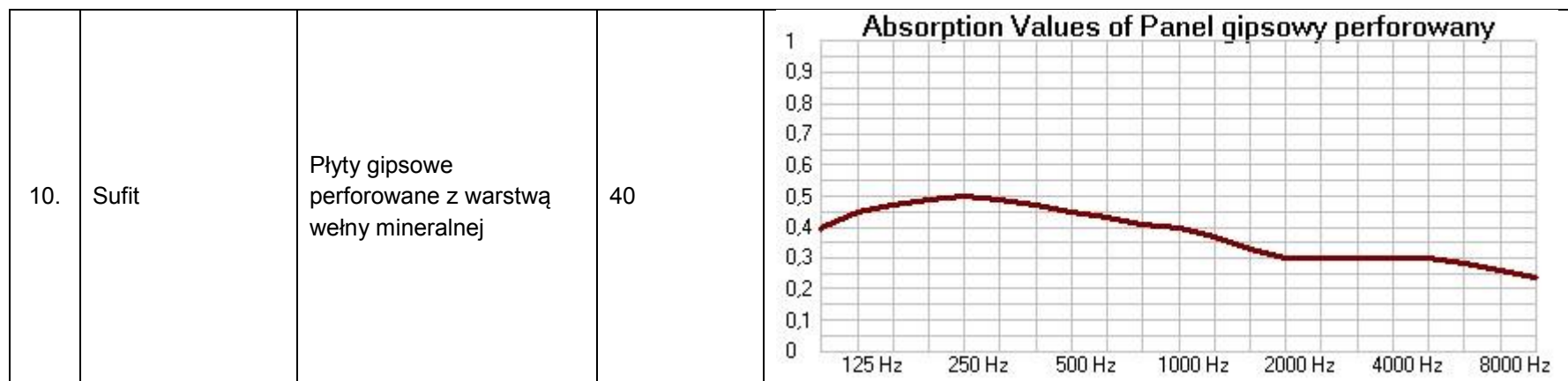
L.p.	Usytuowanie	Materiał	Powierzchnia [m ²]	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku α																
1.	Podłoga	Parkiet	40	<div><p>Absorption Values of Parkiet lub deska</p><table><caption>Approximate data for Parkiet absorption</caption><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption (α)</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.12</td></tr><tr><td>250</td><td>0.10</td></tr><tr><td>500</td><td>0.08</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.07</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.06</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.05</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.05</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption (α)	125	0.12	250	0.10	500	0.08	1000	0.07	2000	0.06	4000	0.05	8000	0.05
Frequency (Hz)	Absorption (α)																			
125	0.12																			
250	0.10																			
500	0.08																			
1000	0.07																			
2000	0.06																			
4000	0.05																			
8000	0.05																			
2.	Ściana naprzeciwko wejścia	Dyfuzor Schroedera 1D	4,32	<div><p>Absorption Values of Modffusor - dyfuzor 1D</p><table><caption>Approximate data for Dyfuzor Schroedera 1D absorption</caption><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption (α)</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.22</td></tr><tr><td>250</td><td>0.28</td></tr><tr><td>500</td><td>0.32</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.15</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption (α)	125	0.22	250	0.28	500	0.32	1000	0.20	2000	0.18	4000	0.20	8000	0.15
Frequency (Hz)	Absorption (α)																			
125	0.22																			
250	0.28																			
500	0.32																			
1000	0.20																			
2000	0.18																			
4000	0.20																			
8000	0.15																			

3.	Ściana naprzeciwko wejścia	Rezonansowy ustrój pochłaniający	2,16	<div><p>Absorption Values of Panel 1</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.68</td></tr><tr><td>250</td><td>0.28</td></tr><tr><td>500</td><td>0.18</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.14</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.12</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.10</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.68	250	0.28	500	0.18	1000	0.15	2000	0.14	4000	0.12	8000	0.10
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.68																			
250	0.28																			
500	0.18																			
1000	0.15																			
2000	0.14																			
4000	0.12																			
8000	0.10																			
4.	Ściana z drzwiami wejściowymi	Kamień dekoracyjny	18	<div><p>Absorption Values of Rock</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.02</td></tr><tr><td>250</td><td>0.03</td></tr><tr><td>500</td><td>0.04</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.05</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.06</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.07</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.08</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.02	250	0.03	500	0.04	1000	0.05	2000	0.06	4000	0.07	8000	0.08
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.02																			
250	0.03																			
500	0.04																			
1000	0.05																			
2000	0.06																			
4000	0.07																			
8000	0.08																			

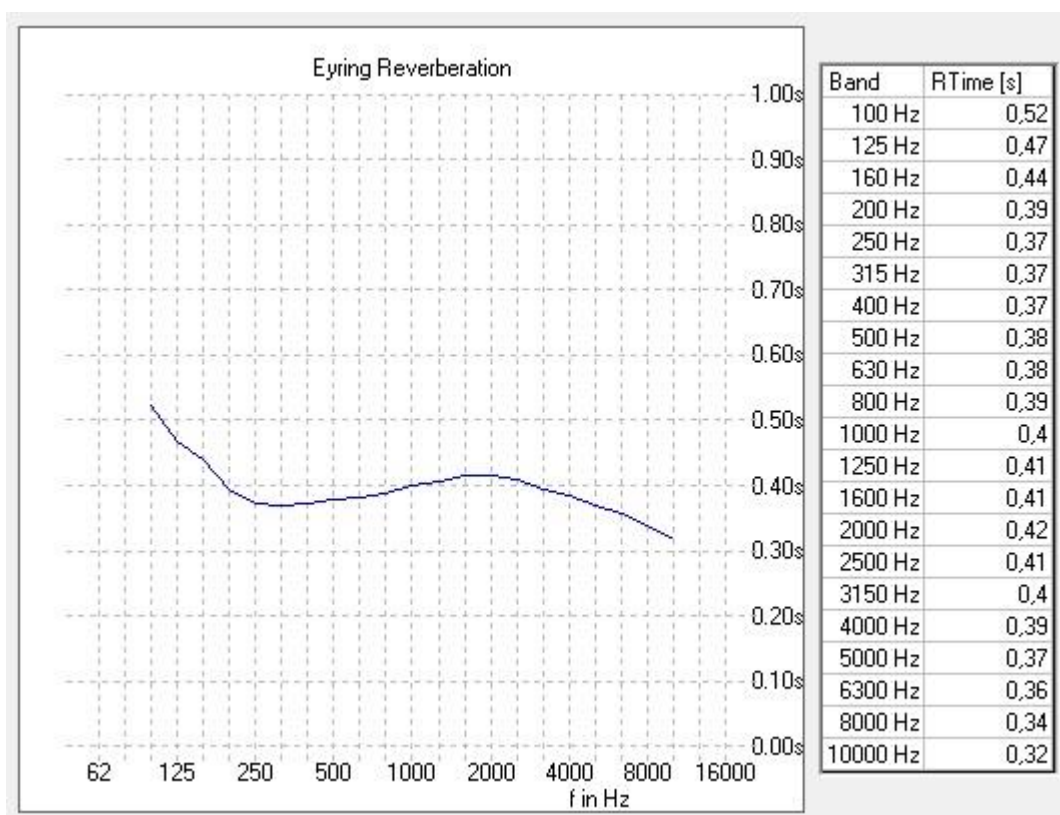
5.	Ściana	Ustrój regulowany	5,55	<div><p>Absorption Values of Ustój regulowany</p><table border="1"><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.1</td></tr><tr><td>250</td><td>0.85</td></tr><tr><td>500</td><td>1.0</td></tr><tr><td>1000</td><td>1.0</td></tr><tr><td>2000</td><td>1.0</td></tr><tr><td>4000</td><td>1.0</td></tr><tr><td>8000</td><td>1.0</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.1	250	0.85	500	1.0	1000	1.0	2000	1.0	4000	1.0	8000	1.0
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.1																			
250	0.85																			
500	1.0																			
1000	1.0																			
2000	1.0																			
4000	1.0																			
8000	1.0																			
6.	Ściana - pod ustrojem regulowanym	Rezonansowy ustrój pochłaniający	3	<div><p>Absorption Values of Panel 2</p><table border="1"><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.8</td></tr><tr><td>250</td><td>0.6</td></tr><tr><td>500</td><td>0.25</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.13</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.11</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.1</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.8	250	0.6	500	0.25	1000	0.15	2000	0.13	4000	0.11	8000	0.1
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.8																			
250	0.6																			
500	0.25																			
1000	0.15																			
2000	0.13																			
4000	0.11																			
8000	0.1																			

7.	Ściana - narożniki	Rezonansowy ustroje pochłaniające	3	<p>Absorption Values of Panel 3</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.98</td></tr><tr><td>250</td><td>0.85</td></tr><tr><td>500</td><td>0.55</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.13</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.98	250	0.85	500	0.55	1000	0.20	2000	0.18	4000	0.15	8000	0.13
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.98																			
250	0.85																			
500	0.55																			
1000	0.20																			
2000	0.18																			
4000	0.15																			
8000	0.13																			
8.	Ściana - narożniki	Rezonansowy ustroje pochłaniające	3	<p>Absorption Values of Panel 3</p> <table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.98</td></tr><tr><td>250</td><td>0.85</td></tr><tr><td>500</td><td>0.55</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.20</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.18</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.15</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.13</td></tr></tbody></table>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.98	250	0.85	500	0.55	1000	0.20	2000	0.18	4000	0.15	8000	0.13
Frequency (Hz)	Absorption Value																			
125	0.98																			
250	0.85																			
500	0.55																			
1000	0.20																			
2000	0.18																			
4000	0.15																			
8000	0.13																			

9.	Ściana pomiędzy studiem a Reżysernią	Panele z wełny szklanej	4	<div><p>Absorption Values of Wełna szklana</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.15</td></tr><tr><td>150</td><td>0.20</td></tr><tr><td>200</td><td>0.40</td></tr><tr><td>250</td><td>0.80</td></tr><tr><td>300</td><td>0.90</td></tr><tr><td>400</td><td>0.95</td></tr><tr><td>500</td><td>0.98</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.99</td></tr><tr><td>2000</td><td>1.00</td></tr><tr><td>4000</td><td>1.00</td></tr><tr><td>8000</td><td>1.00</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.15	150	0.20	200	0.40	250	0.80	300	0.90	400	0.95	500	0.98	1000	0.99	2000	1.00	4000	1.00	8000	1.00
Frequency (Hz)	Absorption Value																											
125	0.15																											
150	0.20																											
200	0.40																											
250	0.80																											
300	0.90																											
400	0.95																											
500	0.98																											
1000	0.99																											
2000	1.00																											
4000	1.00																											
8000	1.00																											
10.	Ściana pomiędzy studiem a Reżysernią – pod oknem	Rezonansowy ustrój pochłaniający	2	<div><p>Absorption Values of Panel 1</p><table><thead><tr><th>Frequency (Hz)</th><th>Absorption Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.65</td></tr><tr><td>150</td><td>0.55</td></tr><tr><td>200</td><td>0.40</td></tr><tr><td>250</td><td>0.25</td></tr><tr><td>300</td><td>0.22</td></tr><tr><td>400</td><td>0.18</td></tr><tr><td>500</td><td>0.16</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.14</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.13</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.11</td></tr><tr><td>8000</td><td>0.10</td></tr></tbody></table></div>	Frequency (Hz)	Absorption Value	125	0.65	150	0.55	200	0.40	250	0.25	300	0.22	400	0.18	500	0.16	1000	0.14	2000	0.13	4000	0.11	8000	0.10
Frequency (Hz)	Absorption Value																											
125	0.65																											
150	0.55																											
200	0.40																											
250	0.25																											
300	0.22																											
400	0.18																											
500	0.16																											
1000	0.14																											
2000	0.13																											
4000	0.11																											
8000	0.10																											



Program EASE umożliwia statystyczne oszacowanie wybranych parametrów akustycznych takich jak np. czas pogłosu. Na rysunku 10 pokazano czas pogłosu dla Studia Nagrań, uzyskany w programie EASE z zastosowaniem materiałów zestawionych w tabeli 13.



Rys 10. Czas pogłosu Studia Nagrań uzyskany w programie EASE 4.3

Uzyskane wartości czasu pogłosu dla Studia Nagrań spełniają założenia projektowe.

8. Wytczne akustyczne dla pomieszczenia Kinotechnicznego/Projektorowni

- Podłoga parkiet klejony do jastrychu
- Sufit akustyczny rastrowy np. Ecophon Master A z wysokością konstrukcji 50mm lub Ecophon Master B klejony bezpośrednio do stropu lub rozwiązania równoważne.
- Na ścianie z oknem projekcyjnym, powyżej linii okna należy zastosować panele Ecophon Akusto Wall A lub rozwiązanie równoważne
- Drzwi wejściowe akustyczne o izolacyjności akustycznej $R_{A2} \geq 38$ dB w klasie akustycznej D₂ – 35 [laboratoryjny wskaźnik izolacyjności akustycznej drzwi $R_{A2} = 37 - 41$ dB]

9. Wytczne akustyczne dla Amfiteatru

Kształt Muszli Koncertowej Amfiteatru powinien:

- gwarantować dobrą słyszalność na scenie tak, aby podczas koncertu zapewnić muzykom odpowiedni komfort odsłuchu oraz brak echa trzepoczącego
- ukierunkować energię akustyczną ze sceny do publiczności
- zapewnić brak ogniskowania energii akustycznej w obrębie Muszli

Należy unikać równoległych powierzchni Muszli Koncertowej. Przeciwległe przegrody pionowe i poziome powinny mieć kąt rozwarty min. 10-16°. Tylne ściany powinny być rozrzeźbione, najlepiej

spełniająca funkcję efektywnego rozpraszacza dźwięku. Pozostałe powierzchnie powinny być masywne, efektywnie odbijające dźwięk w szerokim paśmie akustycznym, np. z żelbetu lub ciężkich bloków betonowych.

Energia akustyczna jest silnie tłumiona przez naturalne podłoże. W celu uzyskania dobrej propagacji dźwięku w otoczeniu publiczności, należy zaprojektować twarde podłoże w przestrzeni amfiteatralnego układu siedzisk od proscenium po ostatni rząd widowni. Ponadto zaleca się zastosowanie bocznych ekranów odbijających i dyfuzyjnych, szczególnie dla dalszych rzędów widowni. W celu zapewnienia dobrego nagłośnienia na dużą odległość, w przypadku koncertów solowych, czy kameralnych Muszla Koncertowa powinna być wyposażona w odpowiedni system elektroakustyczny.

10. Wytyczne akustyczne dla branż

Hałas generowany przez system wentylacji i inne instalacje, oraz urządzenia wyposażenia technicznego budynku nie może przekraczać zalecanych wartości krzywych hałasowych NR, o których wspomniano w punkcie 5.4. W przypadku głośnej pracy systemu wentylacji, należy zastosować kanały wentylacyjne wyłożone odpowiednim materiałem tłumiącym, np. na bazie wełny mineralnej pokrytej jednostronnie wzmocnionym włóknem szklanym. Tego typu materiały są dedykowane do instalowania w kanałach wentylacyjnych, posiadają odpowiednie atesty i nadają się do mechanicznego czyszczenia. Zaleca się by kanały wentylacyjne instalowano na przekładkach czy wieszakach wibroizolacyjnych. Dodatkowo należy założyć, że prędkość przepływu powietrza w pomieszczeniach o akustyce kwalifikowanej, nie powinna przekraczać 3 m/s. W skrajnych przypadkach należy uwzględnić zastosowanie tłumików akustycznych.

11. Uwagi do projektu akustycznego

- Ze względu na zastosowanie niektórych z materiałów o przybliżonych wartościach pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku oraz symulację parametrów akustyki pomieszczenia z wykorzystaniem programu predykcyjnego EASE 4.3, rzeczywiste wartości parametrów takich jak czas pogłosu, wskaźniki i inne mogą odbiegać od zakresu tolerancji wartości projektowych.
- Niniejszy projekt wykonawczy nie jest projektem w rozumieniu przepisów Ustawy Prawo Budowlane.
- Dopuszcza się wykonanie zaprojektowanej adaptacji w oparciu o rozwiązania równoważne na zasadach określonych w ustawie PZP.
- 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.
- Współczynnik pochłaniania jest podstawowym parametrem materiału/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 akustycznych.
- Częstotliwości poniżej 125Hz nie są rozpatrywane w komputerowej geometrycznej symulacji akustyki wewnątrz.
- Sala Wielofunkcyjna wymaga strojenia akustycznego, w trakcie którego dokonywane są ustawienia ruchomych elementów systemu akustycznego, dobór optymalnych foteli widowni oraz dobór grubości i gęstości wełny mineralnej nad podwieszanymi panelami akustycznymi. Dlatego na tym etapie realizacji projektu akustycznego tzn. przed zamówieniem i montażem foteli (i paneli sufitowych), należy wykonać kontrolne pomiary akustyczne.
- Projekt wykonawczy adaptacji akustycznej należy rozpatrywać z projektem architektonicznym oraz pozostałymi projektami branżowymi.

- Projekt wykonawczy adaptacji akustycznej należy rozpatrywać całościowo ze wszystkimi jego częściami.
- Wszystkie zastosowane materiały adaptacji akustycznej powinny być instalowane zgodnie z obowiązującymi normami oraz spełniać wymagania ochrony ppoż. i przepisów BHP.

12. Specyfikacja techniczna materiałów

Ponieważ niniejsza dokumentacja będzie służyć dalszemu zamówieniu publicznemu na wykonanie zaprojektowanej adaptacji akustycznej, w poniższej tabeli podano minimalne wymagania w zakresie funkcjonalności oraz parametrów technicznych i jakościowych, jakim musi odpowiadać zaprojektowana adaptacja akustyczna Sali Widowiskowej, Reżyserni i Studia Nagrań oraz ich kluczowe 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 odstępianiem od projektu budowlanego w rozumieniu Art. 36a ust1 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 tego opracowania.

L.p.	Nazwa	Rodzaj materiału
1. Sala Wielofunkcyjna		
1.1 Panele ściennie okleinowe pełne		
1.1.1	Panele okleinowe pełne, wykonane z płyt gipsowo-włóknowych z warstwą wełny mineralnej i pustką powietrzną	Klasa akustyczna: niesklasyfikowane - poniżej klasy E Wskaźnik pochłaniania dźwięku: $\alpha_w = 0,10$ Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p : - 125Hz- 0,30 - 250Hz - 0,17 - 500Hz - 0,11 - 1kHz - 0,06 - 2kHz – 0,06 - 4kHz – 0,06

		<p>Uwaga! Dopuszcza się 5% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktaowych.</p> <p>Klasyfikacja reakcji na ogień nie gorsza niż: B-s1, d0</p>
1.2 Panele z wełny drzewnej		
1.2.1	Panele akustyczne z wełny drzewnej	<p>Klasa akustyczna: B</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku: $\alpha_w = 0,80$</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 125Hz- 0,15 - 250Hz - 0,75 - 500Hz - 1,00 - 1kHz – 0,75 - 2kHz – 0,80 - 4kHz- 0,80 <p>Uwaga! Dopuszcza się 5% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktaowych.</p> <p>Klasyfikacja reakcji na ogień nie gorsza niż: B-s1, d0.</p>
1.3 Panele z wełny szklanej		
1.3.1	Panele akustyczne z wełny szklanej	<p>Klasa akustyczna: A</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku: $\alpha_w = 1,00$</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 125Hz- 0,20 - 250Hz - 0,75 - 500Hz - 1,00 - 1kHz – 1,00 - 2kHz – 1,00 - 4kHz- 1,00 <p>Uwaga! Dopuszcza się 5% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktaowych.</p> <p>Klasyfikacja reakcji na ogień nie gorsza niż: A2-s1, d0.</p>
2. Zespół Studia Nagrań - Reżysernia		
2.1 Panele z wełny szklanej		
2.1.1	Panele akustyczne z wełny szklanej	<p>Klasa akustyczna: A</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku: $\alpha_w = 1,00$</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 125Hz- 0,20 - 250Hz - 0,75

		<p>- 500Hz - 1,00</p> <p>- 1kHz – 1,00</p> <p>- 2kHz – 1,00</p> <p>- 4kHz- 1,00</p> <p>Uwaga! Dopuszcza się 5% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktauwowych.</p> <p>Klasyfikacja reakcji na ogień nie gorsza niż: A2-s1, d0.</p>
3. Zespół Studia Nagrań – Studio Nagrań/Sala Prób		
3.1 Panele z wełny szklanej		
3.1.1	Panele akustyczne z wełny szklanej	<p>Klasa akustyczna: A</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku: $\alpha_w = 1,00$</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p:</p> <p>- 125Hz- 0,20</p> <p>- 250Hz - 0,75</p> <p>- 500Hz - 1,00</p> <p>- 1kHz – 1,00</p> <p>- 2kHz – 1,00</p> <p>- 4kHz- 1,00</p> <p>Uwaga! Dopuszcza się 5% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktauwowych.</p> <p>Klasyfikacja reakcji na ogień nie gorsza niż: A2-s1, d0.</p>
3.2 Ustroje z płyt gipsowych perforowanych z perforacją kwadratową grupową		
3.2.1	Płyta gipsowo-kartonowa do sufitów podwieszanych	<p>Klasa akustyczna: A</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku: $\alpha_w = 0,35$</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p:</p> <p>- 125Hz- 0,45</p> <p>- 250Hz - 0,50</p> <p>- 500Hz - 0,45</p> <p>- 1kHz – 0,35</p> <p>- 2kHz – 0,30</p> <p>- 4kHz- 0,30</p> <p>Uwaga! Dopuszcza się 5% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktauwowych.</p> <p>Klasyfikacja reakcji na ogień nie gorsza niż: A2.</p>

13. Spis załączników

Załącznik AK-1.1 – Rzut Sali Wielofunkcyjnej z ustrojami akustycznymi

Załącznik AK-1.2 – Przekrój Sali Wielofunkcyjnej z ustrojami akustycznymi

Załącznik AK-1.3 – Rezonansowy ustrój pochłaniający (pułapka basowa) przy scenie

Załącznik AK-1.4 – Rezonansowy ustrój pochłaniający (pułapka basowa) ściana przy scenie

Załącznik AK-1.5 – Rezonansowy ustrój pochłaniający (pułapka basowa) boczna ściana z tyłu Sali Wielofunkcyjnej

Załącznik AK-1.6 – Sufit akustyczny nad widownią – detal

Załącznik AK-1.7 – Sufit akustyczny nad proscenium – detal

Załącznik AK-1.7 – Sufit akustyczny nad proscenium – detal

Załącznik AK-2.1 – Rzut Reżyserni i Studio Nagrań

Załącznik AK-2.2 – Reżysernia ściana tylna

Załącznik AK-2.3 – Reżysernia - rezonansowe ustroje pochłaniające

Załącznik AK-3.1 – Studio Nagrań – układ ścian

Załącznik AK-3.2 - Studio Nagrań – sufit

Załącznik AK-3.3 - Studio Nagrań – ustrój regulowany

Załącznik AK-3.4 - Studio Nagrań – rezonansowy ustrój pochłaniający pod ustrojem regulowanym

Załącznik AK-3.5 - Studio Nagrań – rezonansowy ustrój pochłaniający pod oknem

Załącznik AK-3.6 - Studio Nagrań – rezonansowy ustrój pochłaniający narożny obok okna

Załącznik AK-3.7 - Studio Nagrań – rezonansowy ustrój pochłaniający narożny

Załącznik AK-3.8 - Studio Nagrań – rezonansowy ustrój pochłaniający między dyfuzorami