

SOUND & SPACE

TEMAT: **ZADANIE NR 3- PROJEKT I DOBÓR WYPOSAŻENIA DLA
POMIESZCZEŃ CENTRUM MEDIALNEGO
ZLOKALIZOWANEGO W BUDYNKU D GMACHU
GŁÓWNEGO KATOLICKIEGO UNIwersYTETU
LUBELSKIEGO IM. JANA PAWŁA II**

OBIEKT: **KATOLICKI UNIwersYTET LUBELSKI JANA PAWŁA II**

ADRES: **ADRES: AL. RACŁAWICKIE 14, 20 - 950 LUBLIN**

NUMERY DZIAŁEK: **NR DZIAŁKI NR 2/5, 3/4, AM-4, OBRĘB 41 WIENIAWA, AL.
RACŁAWICKIE 14, 20-950 LUBLIN**

INWESTOR: **KATOLICKI UNIwersYTET LUBELSKI JANA PAWŁA II**

ADRES: **ADRES: AL. RACŁAWICKIE 14, 20 - 950 LUBLIN**

PROJEKTANT: **SOUND & SPACE SP. Z O.O.**

ADRES: **UL. BIEGAŃSKIEGO 61A, 60-682 POZNAŃ**

PROJEKT WYKONAWCZY ZADANIE NR 3 TOM IV AKUSTYKA

BRANŻA AKUSTYKA

GŁÓWNY PROJEKTANT

mgr inż. arch. ROBERT LEBIODA

.....

Grudzień 2019

Zawartość

1. Część ogólna	5
1.1 Merytoryczna podstawa opracowania	5
1.2 Zakres opracowania.....	5
1.3 Definicje	6
1.3.1 Decybel (dB).....	6
1.3.2 dB(A)	6
1.3.3 Współczynnik pochłaniania	6
1.3.4 Czas pogłosu RT.....	6
1.3.5 Zrozumiałość mowy STI, RaSTI	7
1.3.6 Izolacyjność akustyczna.....	7
2. Analiza emisji hałasu do środowiska przez Inwestycję	9
2.1 Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku	9
3. Ochrona przeciwdźwiękowa	10
3.1 Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach.....	10
3.2 Izolacyjność akustyczna okien zewnętrznych	12
3.3 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych	12
3.3.1 Wymagania.....	12
3.3.2 Rozwiązania projektowe – ściany	16
3.3.3 Rozwiązania projektowe - stropy	17
3.4 Izolacyjność akustyczna okien oraz drzwi wewnętrznych	18
3.5 Wytyczne branżowe	18
3.5.1 Budowlane.....	18
3.5.2 Instalacje wentylacyjne	19
3.5.3 Instalacja C.O. C.W i węzłów ciepłych	20
3.5.4 Instalacja wodno - kanalizacyjna.....	20
3.5.5 Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne	21
4. Akustyka Wnętrz.....	21
4.1 Wymagania.....	21
4.2 Rozwiązania projektowe – Studio radiowe	23
4.2.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych.....	23
4.2.2 Analiza zaprojektowanego rozwiązania.....	23

4.2.3	Wyniki symulacji akustycznych.....	25
4.3	Rozwiązania projektowe – Reżyserka radiowa.....	26
4.3.1	Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych.....	26
4.3.2	Analiza zaprojektowanego rozwiązania.....	26
4.3.3	Wyniki symulacji akustycznych.....	28
4.4	Rozwiązania projektowe – Reżyserka telewizyjna.....	29
4.4.1	Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych.....	29
4.4.2	Analiza zaprojektowanego rozwiązania.....	29
4.4.3	Wyniki symulacji akustycznych.....	30
4.5	Rozwiązania projektowe – studio telewizyjne.....	32
4.5.1	Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych.....	32
4.5.2	Analiza zaprojektowanego rozwiązania.....	32
4.5.3	Wyniki symulacji akustycznych.....	33
4.6	Rozwiązania projektowe – pracownia montażu AV	35
4.6.1	Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych.....	35
4.6.2	Analiza zaprojektowanego rozwiązania.....	35
4.6.3	Wyniki symulacji akustycznych.....	36
4.7	Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych	38

1. Część ogólna

1.1 Merytoryczna podstawa opracowania

- [1] Podkłady architektoniczne,
- [2] PN-B-02151-2:1987 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [3] PN-B-02151-3:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
- [4] PN-B-02151-4:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) (Dz. U. 2007.120.826, Dz. U. 2012 poz. 1109).
- [6] PN-EN ISO 717-1:2013-08E Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
- [7] ITB, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 448/2009 Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego, Warszawa 2009.
- [8] ITB, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 369/2002 Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów, Warszawa 2002.
- [9] Sadowski J., Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie, Arkady, 1971
- [10] Everest F. Alton, Podręcznik akustyki, Sonia Draga 2013,
- [11] Egan M. David, Architectural Acoustics, J. Ross Publishing Classics 2007,
- [12] W. Föhl, E. Höft, H. Winkl; Bau- und Raumakustik, Berlin 1987.

1.2 Zakres opracowania

Opracowanie dotyczy analizy akustycznej Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego Jana Pawła II w Lublinie w zakresie ochrony przed hałasem oraz akustyki wnętrz w zakresie objętym zleceniem.

Celem opracowania jest określenie przewidywanych rozwiązań wynikających z zastosowania norm i standardów akustycznych będących przedmiotem dalszych prac. Obejmuje dobór rozwiązań materiałowo-systemowych o odpowiednich parametrach akustycznych.

1.3 Definicje

1.3.1 Decybel (dB)

Stosunek dwóch wielkości wyrażony miarą logarytmiczną. Stosunek ciśnienia akustycznego percypowanego przez ucho ludzkie ma się jak 10000000 (najgłośniejsze dźwięki) do 1 (najcichsze dźwięki). Stosunek chwilowego ciśnienia dźwięku do najmniejszego percypowanego nazywany jest poziomem ciśnienia dźwięku (Lp). Dla decybeli obowiązują prawa logarytmicznego dodawania i odejmowania.

1.3.2 dB(A)

Jednostka używana do określenia ważonego poziomu ciśnienia dźwięku, który lepiej koresponduje subiektywnemu postrzeganiu jego głośności. Ważenie krzywą A obrazuje percepcję układu słuchowego, który jest znacznie mniej wrażliwy na dźwięki o wysokich i niskich częstotliwościach, niż na te mieszczące się w zakresie 500Hz – 4kHz.

1.3.3 Współczynnik pochłaniania

Współczynnik pochłaniania jest miarą zdolności powierzchni do pochłaniania fal dźwiękowych. Definiowany jest jako stosunek energii fali pochłoniętej do energii fali padającej na przegrodę.

$$\alpha = \frac{E_1}{E_2}$$

gdzie:

E1 - energia fali pochłoniętej,

E2 - energia fali padającej.

1.3.4 Czas pogłosu RT

Czas pogłosu RT (ang.Reverberation Time) jest jednym z podstawowych kryteriów oceny jakości sal przeznaczonych zarówno dla przedstawień słownych jak i występów muzycznych. Jest to czas, w którym energia dźwiękowa zawarta w stanie ustalonym w pomieszczeniu od kulistego źródła dźwięku zmaleje po wyłączeniu tego źródła o 60 dB. Dla każdego pomieszczenia, w zależności od funkcji, jak też od jego objętości, zalecane są optymalne przedziały wartości czasu pogłosu i jego optymalna charakterystyka częstotliwościowa.

$$Tp(f) = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \ln(1 - \alpha(f))}$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia w [m³],

S – powierzchnia ścian pomieszczenia,

$\alpha(f)$ - średni współczynnik pochłaniania w danym paśmie częstotliwości.

1.3.5 Zrozumiałość mowy STI, RaSTI

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są współczynniki STI i RaSTI. Odzwierciedlają one w bezpośredni sposób zrozumiałość mowy w pomieszczeniu. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie (MTF – Modulation Transfer Function).

Oprócz wartości współczynników STI w oktawach oblicza się wartość średnią STI_{śr}. Współczynnik STI_{śr} określa zrozumiałość mowy w pomieszczeniu i w zależności od jego wartości następuje ocena globalna pomieszczenia:

Tabela 1. Klasy jakości sal ze względu na współczynnik zrozumiałości mowy.

STI _{śr}	< 0,30	0,30÷0,45	0,45÷0,60	0,60÷0,75	>0,75
Ocena	Zła	Słaba	Dostateczna	Dobra	Znakomita

RaSTI jest parametrem określającym zrozumiałość mowy na podstawie uproszczonej metody pomiarowej parametru STI.

1.3.6 Izolacyjność akustyczna

R_W – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej

$R_{A,1}$ – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C.

$$R_{A,1} = R_W + C \text{ [dB]}$$

C – widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu nr 1 wg PN-EN ISO 717-1.

$R_{A,2}$ – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C_{tr} .

$$R_{A,2} = R_W + C_{tr} \text{ [dB]}$$

C_{tr} – widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu nr 2 wg PN-EN ISO 717-1.

$R_{A,1,R}$ – projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniającej widmowy wskaźnik adaptacyjny C.

$$R_{A,1,R} = R_{A,1} - 2 \text{ [dB]}$$

$R'_{A,1}$, $R'_{A,2}$ – Wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej, R', uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny

$$R'_{A,1} = R_{A,1,R} - K_a \text{ [dB]}$$

$$R'_{A,2} = R_{A,2,R} - K_a \text{ [dB]}$$

K_a - poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny $R'_{A,1}$ ($R'_{A,2}$) [dB] ($K_a \geq 0$ dB) zależna od rodzaju przegrody rozdzielającej i przegród bocznych oraz od parametrów geometrycznych.

2. Analiza emisji hałasu do środowiska przez Inwestycję

2.1 Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku

Na podstawie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) określono warunki ochrony dźwiękowej dla przyległych terenów.

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) (Dz. U. 2007.120.826, Dz. U. 2012 poz. 1109) podano w Tabeli 2. Dopuszczalne poziomy hałasu zależą od rodzaju źródła i przeznaczenia terenu. Ochronie przed hałasem podlegają przede wszystkim tereny zabudowy mieszkaniowej, tereny związane ze stałym pobytem dzieci i młodzieży, tereny szpitali, domów opieki a także tereny o charakterze wypoczynkowo-rekreacyjnym. Dla terenów przemysłowych, usługowych a także leśnych oraz terenów upraw rolnych nie ma określonych dopuszczalnych poziomów hałasu.

Tabela 2. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu - z wyłączeniem hałasu powodowanego przez linie elektroenergetyczne oraz starty, lądowania i przeloty statków powietrznych

Lp.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		L _{Aeq} D przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	L _{Aeq} N przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	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) Strefa ochronna "A" uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	50	45	45	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	61	56	50	40
3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej	65	56	55	45

	c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe ¹ d) Tereny mieszkaniowo-usługowe				
4	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. Mieszkańców ²	68	60	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.

² Strefa śródmiejska miast powyżej 100 tys. mieszkańców to teren zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych. W przypadku miast, w których występują dzielnice o liczbie mieszkańców pow. 100 tys., można wyznaczyć w tych dzielnicach strefę śródmiejską, jeżeli charakteryzuje się ona zwartą zabudową mieszkaniową z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych.

Podane w tabeli wartości odnoszą się do:

- L_{AeqD} – równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla 8 kolejnych najmniej korzystnych godzin w ciągu dnia (od 6:00 do 22:00),
- L_{AeqN} – równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla 1 najmniej korzystnej godziny w ciągu nocy (od 22:00 do 6:00).

Dla działek sąsiadujących nie określono przeznaczenia terenu. W związku z tym, na potrzeby analizy dopuszczalne poziomy dźwięku określono na podstawie funkcji terenów.

W sąsiedztwie inwestycji znajdują się:

- Od strony północnej tereny rekreacyjna - wypoczynkowe, dopuszczalne poziomy dźwięku wynoszą odpowiednie $L_{A,eq,D} = 55$ dB dla pory dnia oraz $L_{A,eq,N} = 45$ dB dla pory nocy.
- Od strony wschodniej, południowej, zachodniej tereny zabudowy w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców, dopuszczalne poziomy dźwięku wynoszą odpowiednie $L_{A,eq,D} = 55$ dB dla pory dnia oraz $L_{A,eq,N} = 45$ dB dla pory nocy.

W związku z powyższym, urządzenia generujące hałas, objęte zakresem inwestycji, będą odpowiednio dobrane oraz zabezpieczone tak, aby nie powodować przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku na wymienionych wyżej terenach chronionych.

3. Ochrona przeciwdźwiękowa

3.1 Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach

Norma określająca wymagania PN-B-02151-2:1987 obowiązuje na podstawie §326 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Wymagania stawiane obiektowi są wypadkową założonych norm i standardów. Jako podstawę przyjęto wartości parametrów akustycznych zapewniające komfort akustyczny w obiekcie zgodnie z przeznaczeniem obiektu.

Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu instalacyjnego przenikającego do pomieszczeń chronionych dotyczy:

- Średniego poziomu dźwięku A dla hałasu ustalonego (hałas pochodzący od instalacji c.o., wentylacyjnej, stacji transformatorowej).
- Równoważnego i maksymalnego poziomu dźwięku A dla hałasu nieustalonego (hałas pochodzący od urządzeń dźwigowych, instalacji wodno-kanalizacyjnej).

Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku A obowiązują przy następujących warunkach:

- Źródłem hałasu są instalacje nie regulowane i nie wyłączane z danego pomieszczenia.
- Źródłem hałasu nie są urządzenia będące wyposażeniem biura (np. komputery, drukarki itp.).
- Dopuszczalny poziom dźwięku A jest określony dla wnętrza pomieszczenia przy zamkniętych drzwiach i oknach, lecz przy zapewnieniu wymiany powietrza w pomieszczeniu zgodnie z wymaganiem określonym przez odrębne przepisy.
- Dopuszczalny poziom dźwięku A dotyczy pomieszczeńumeblowanych i wyposażonych zgodnie z ich przeznaczeniem.

Jeżeli pomieszczenia, dla których podano w tabelach dopuszczalne poziomy dźwięku tylko dla okresu dziennego są użytkowane również w nocy zgodnie ze swym przeznaczeniem, wówczas wymagania dla tych pomieszczeń należy traktować jako niezależne od pory doby przyjmując wartości jak dla dnia.

W Tabeli 3 przedstawiono dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987.

Tabela 3. Dopuszczalny poziom dźwięku A w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987

Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego od wszystkich źródeł hałasu łącznie		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
	$L_{A\text{ eq}}$ [dB]		$L_{A\text{ eq}}$ [dB]		$L_{A\text{ max}}$ [dB]	
	dzień	noc	dzień	noc	dzień	noc
Klasy i pracownie szkolne, sale wykładowe, audytoria	40	-	35	-	40	-

Ponadto w obiekcie przewidziane są pomieszczenia do pracy z dźwiękiem, które nie są objęte wymaganiami polskich norm akustycznych. Wymagania tego typu pomieszczeniom stawia literatura specjalistyczna.

Poziom tła akustycznego w pomieszczeniach nie może przekraczać wartości określonych w Tabeli 4.

Tabela 4. Dopuszczalne tło akustyczne w pomieszczeniach

Lp.	Pomieszczenie	Dopuszczalne tło akustyczne [dBA]	Dopuszczalny łączny hałas od systemu wentylacji, klimatyzacji oraz wyposażenia technicznego [dBA]
1	Pomieszczenie do montażu audio i video	35	30
2	Studio radiowe	30	25
3	Reżyserka radiowa	30	25
4	Reżyserka telewizyjna	30	25
5	Studio telewizyjne	30	25

3.2 Izolacyjność akustyczna okien zewnętrznych

Poniższa tabela przedstawia wymagane wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej, R , uwzględniającego widmowy wskaźnik adaptacyjny C_{tr} oraz wartości elementarnej znormalizowanej różnicy poziomów, $D_{n,e}$, która określa właściwości dźwiękoizolacyjne nawiewnika powietrza. Wymagania z uwzględnieniem powierzchni okien, liczby nawiewników w pomieszczeniu, procentowego udziału okien do powierzchni ściany zewnętrznej oraz lokalizacji pomieszczeń narożnych przedstawione zostały niżej oraz na rysunkach projektu architektury.

Tabela 5. Wymagana izolacyjność akustyczna stolarki okiennej

Lp.	Pomieszczenie	Okna	Nawiewnik
		$R_{A,2}$ [dB]	$D_{n,e}$ [dB]
1	Pomieszczenia centrum medialnego	≥ 42	Nie stosować

UWAGA:

Wskazane wartości izolacyjności akustycznej dotyczą całych okien (razem z ramą okienną, okuciem, oszkleniem itp.).

Nie dopuszcza się ofert od dostawców przedstawiających deklaracje tylko dla szklenia, gdyż nie są w niej uwzględnione wpływy ramy i okucia na parametr wyrobu budowlanego, jakim jest okno jako całość.

3.3 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

3.3.1 Wymagania

Norma określająca wymagania PN-B-02151-3:2015 obowiązuje na podstawie §326 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Minimalne wymagania dotyczące parametrów przegród wewnętrznych w budynkach charakteryzuje norma PN-B-02151-3:2015 „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.”

Izolacyjność przegród wewnętrznych od dźwięków powietrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według Tabela 6.

W odniesieniu do wszystkich przegród, z wyjątkiem drzwi, wymagania dotyczą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$ tj. wskaźnika izolacyjności uwzględniającej wpływ pośredniego, w tym bocznego przenoszenia dźwięku.

Izolacyjność akustyczna drzwi dotyczy projektowanego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej, $R_{A,1,R}$, tj. wskaźnika izolacyjności od dźwięków powietrznych określonej na podstawie badań laboratoryjnych, zmniejszonego o 2 dB.

Dopuszczalny poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według Tabela 7.

Wymagania dotyczą ważonego wskaźnika przybliżonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego $L'_{n,w}$ tj. poziomu uwzględniającego wpływ bocznego przenoszenia dźwięku.

Tabela 6. Wymagane wartości izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika [dB]
1	2	3	4
I	Budynki szkół wyższych i placówek badawczych		
	Ściany i drzwi		
I.1	Ściany między salami wykładowymi, audytoriami, salami konferencyjnymi, pracowniami laboratoryjnymi bez urządzeń będących źródłem zakłóceń akustycznych, między tymi pomieszczeniami a czytelniami, między pokojami pracowników naukowych i dydaktycznych, między ww. pomieszczeniami i pomieszczeniami administracyjnymi	$R'_{A,1}$	≥ 48
I.2	Ściana i drzwi między pomieszczeniami wyszczególnionymi w VI.1 a obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe)		
I.2.1	- ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	≥ 48
I.2.2	- drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 35
I.3	Ściana między salami dydaktycznymi, wykładowymi, audytoriami i pokojami pracowników dydaktycznych a ogólnodostępnymi pomieszczeniami sanitarnymi	$R'_{A,1}$	≥ 50
I.4	Ściana między salami wyszczególnionymi w I.1 a pomieszczeniem ze źródłami hałasu (laboratoria, pomieszczenia techniczne)	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie ^a przy zachowaniu warunku ≥ 55 ^b
I.5	Ściany i drzwi między pomieszczeniami w części administracyjnej	-	Wg. II
	Stropy		
I.6	- strop między pomieszczeniami wyszczególnionymi w I.1 – w	$R'_{A,1}$	≥ 50

	dowolnym układzie		
I.7	Strop między pomieszczeniami wyszczególnionymi w I.1 a pomieszczeniem ze źródłami hałasu wyszczególnionymi w I.4	$R'_{A,1}$	Jak w I.4
I.8	Strop między pomieszczeniem administracyjnym oraz między pomieszczeniem administracyjnym a pomieszczeniem ze źródłami hałasu	$R'_{A,1}$	Wg. II

^a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane maksymalne poziomy hałasu w pomieszczeniu ze źródłami zakłóceń akustycznych.

^b Równocześnie należy spełnić wymagania wg. PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu.

^c W przypadku małych punktów handlowych typu kiosk przyjmuje się wartość $R'_{A1} \geq 53$ dB.

^d Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych.

^e Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.

^f Przy indywidualnym ustalaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń (np. uderzenia o podłogę, skoki, przesuwanie przedmiotów lub częste przemieszczanie się ludzi).

^g Zalecana jest większa wartość.

^h Wymaganie odnosi się do źródeł hałasu występujących w ciągu dnia.

ⁱ Dopuszcza się przyjęcie niższych wymagań w przypadku, gdy z uwagi na inne względy użytkowe wymaganie wartości $R'_{A1} \geq 40$ dB powodowałoby istotne trudności techniczne.

Tabela 7. Dopuszczalne poziomy dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015

Lp.	Wymaganie	Wskaźnik $L'_{n,w}$ [dB]
1	2	
	Budynki szkół wyższych i placówek badawczych	
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między salami dydaktycznymi, wykładowymi, audytoriami i pokojami pracowników dydaktycznych	≤ 58
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń wyszczególnionych w I.1 z pomieszczeniem o innym przeznaczeniu:	
	- z obszarów komunikacji ogólnej oraz z pomieszczeń administracyjnych	≤ 58
	- z pomieszczeń ze źródłami zakłóceń akustycznych (laboratoria, pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnego wyposażenia budynku)	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku ≤ 48 ^b
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń w części administracyjnej	Wg. II

^a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane rodzaje źródeł zakłóceń akustycznych.

^b Wymaganie dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu wg PN-B-02151-02 również powinno być spełnione.

^c Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.

^d Niezaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych

^e Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń akustycznych.

^f W szpitalach wymaganie należy zaostrzyć o 5 dB (tj. $L'_{n,w} \leq 53$ dB) w przypadku przenoszenia dźwięków uderzeniowych z izby przyjęć, łącznie z poczekalnią, do pomieszczeń łóżkowych

^g Wymaganie dotyczy źródeł zakłóceń akustycznych występujących w ciągu dnia.

Pomiędzy pomieszczeniami do pracy z dźwiękiem w centrum medialnym niezbędne jest zastosowanie przegród pozwalających spełnić wymagania związane z dopuszczanym tłem akustycznym.

Pomiędzy pomieszczeniem studio a reżyserkami niezbędne jest dobranie rozwiązań o izolacyjności akustycznej zapewniającej możliwość niezależnej pracy dwóch pomieszczeń przy założeniu, że w studio jest źródło dźwięku na poziomie 80-90 dB.

Pomieszczenia studyjne oraz realizatorskie należy wykonać w technologii pudełko w pudełku. Ściany pudełek należy od siebie oddylać. Stolarka drzwiowa oraz okienna powinna zostać wykonana w formie podwójnych drzwi oraz okien.

W pomieszczeniach do pracy z dźwiękiem oraz w sąsiadujących z nimi pomieszczeniach komunikacyjnych należy wykonać podłogi pływające/oddylane od konstrukcji obiektu. W przypadku braku możliwości zastosowania powyższych rozwiązań na klatkach schodowych oraz ciągach komunikacyjnych należy zastosować rozwiązania podłogowe o możliwie dużej izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych.

Z uwagi na funkcje sal oraz wymagania określone w normach, niezbędne jest zastosowanie odpowiedniej ochrony przeciwdźwiękowej. Tabela 8 przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej R'_{A1} nowoprojektowanych przegród między pomieszczeniami.

Tabela 8. Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 2	Ściany	Stropy		Rozwiązanie
			R'_{A1} [dB]	R'_{A1} [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	
1	Pom. montażu AV	Komunikacja	≥ 50			MC200
2		Korytarz	≥ 50			MS24
3		Wentylatornia	≥ 62			MS15+15
4		Studio radiowe		≥ 60		ST1
5		Reżyserka radiowa		≥ 60		ST1
6	Studio radiowe	Pom. montażu AV		≥ 60		ST1
7		Komunikacja	≥ 60			MC120
8		Korytarz	≥ 50			GK
9		Reżyserka radiowa	≥ 60			MS15+12
10		Pom. biurowe		≥ 60	≤ 50	ST2
11	Reżyserka radiowa	Pom. montażu AV		≥ 60		ST1
12		Wentylatornia		≥ 60		ST1
13		Studio radiowe	≥ 60			MS15+12
14		Komunikacja	≥ 60			MC98
15		Korytarz	≥ 50			GK
16		Reżyserka telewizyjna	≥ 62			MS15+15
17		Pom. biurowe		≥ 60	≤ 50	ST2
18	Reżyserka telewizyjna	Barek		≥ 60		ST1
19		Reżyserka radiowa	≥ 62			MS15+15
20		Komunikacja	≥ 60			MC98
21		Studio telewizyjne	≥ 55			MS15+12
22		Pom. biurowe		≥ 60	≤ 50	ST2
23	Studio telewizyjne	Barek		≥ 60		ST1
24		Reżyserka telewizyjna	≥ 55			MS15+12
25		Studio fotograficzne	≥ 60			MS15+12

26		Komunikacja	≥ 55			MC98
27		Pom. biurowe		≥ 60	≤ 50	ST2

3.3.2 Rozwiązania projektowe – ściany

- GK**

Ściana w technologii GK o grubości min. 370 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=66$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 14$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 52$ dB.

- MC300**

Ściana murowana ceglana o grubości około 200 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=80$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 2$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 78$ dB.

- MC120**

Ściana murowana ceglana o grubości około 120 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=76$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 2$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 74$ dB.

- MC98**

Ściana murowana ceglana o grubości około 98 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=73$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 2$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 71$ dB.

- MS15+12**

Ściana warstwowa składająca się z:

- Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 15 cm, tynkowana,
- dystans 10 cm wypełniony wełną mineralną,
- Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 12 cm, tynkowana

o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=66$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 5$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 61$ dB.

- **MS15+15**

Ściana warstwowa składająca się z:

- Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 15 cm, tynkowana,
- dystans 10 cm wypełniony wełną mineralną,
- Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 15 cm, tynkowana

o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=68$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 5$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 63$ dB.

Dopuszcza się zmianę technologii ścian z murowanych na żelbetowe pod warunkiem zachowania grubości

3.3.3 Rozwiązania projektowe - stropy

- **ST1**

Strop masywny murowany o grubości około 40 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=63$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 3$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 60$ dB.

- **ST2**

Poniższa tabela przedstawia układ stropowy (Kleina) o projektowym wskaźniku oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=65$ dB oraz projektowym wskaźniku ważonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w}=47$ dB.

Tabela 9. Warstwy stropowe: ST1

Lp.	Warstwa	Grubość [mm]
1	Wylewka betonowa	60
2	Wełna mineralna lub styropian elastyczny o wartości sztywności dynamicznej $SD \leq 20 \text{ MN/m}^3$	40
3	Strop WPS	90
4	Pustka	100
5	Cegły	65

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 3$ dB a dla wskaźnika ważonego przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ przyjęto $K = 2$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegrod wynosi $R'_{A1} = 62$ dB i $L'_{n,w} = 49$ dB.

3.4 Izolacyjność akustyczna okien oraz drzwi wewnętrznych

Poniższe tabele przedstawiają wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej drzwi oraz okien określone na podstawie punktu 3.2.

Tabela 10. Wymagana izolacyjność akustyczna drzwi

Lp.	Opis pomieszczenie	$R_{A,1}$ [dB]
1	Sala audytoryjna	≥ 42
2	Pomieszczenie do montażu audio i video	≥ 40
3	Studio radiowe	≥ 42
4	Reżyserka radiowa	≥ 42
5	Reżyserka telewizyjna	≥ 42
6	Studio telewizyjne	≥ 42

3.5 Wytyczne branżowe

3.5.1 Budowlane

- Wszelkie przegrody objęte wytycznymi akustycznymi, szczególnie w technologii suchej zabudowy, należy wykonywać od stropu do stropu ze szczelnym wypełnieniem pustych przestrzeni.
- Podłogi pływające należy wykonywać wewnątrz pomieszczeń, po podziale ścianami.
- Wszelkie otwory po szalunkach należy uzupełnić zaprawą.
- Wszelkie łączenia przegród należy całkowicie wypełnić zaprawą (szczególnie w spoinach pionowych). W systemach murowanych z elementów zazębiających się i bez konieczności wypełniania zaprawą styków pionowych należy bezwzględnie zachować określone przez producenta maksymalne szerokości odstępów pionowych.
- Szyby dźwigowe muszą być oddylatowane od konstrukcji budynku

3.5.2 Instalacje wentylacyjne

- Instalacje wentylacyjne należy wykonywać z kanałów blaszanych (stalowych) z izolacją akustyczną wewnętrzną z wełny mineralnej (gęstość 60 kg/m³) o grubości min. 50 mm.,
- Kanały elastyczne (łącznie elementy nawiewno-wywiewne z kanałem głównym) należy wykonać na bazie kanałów tłumiących, np. Sonodec, o długości minimum 2 m. Tłumienie kanału musi wynosić $\Delta L_{125 \text{ Hz}} \geq 20 \text{ dB}$, $\Delta L_{250 \text{ Hz}, 500 \text{ Hz}, 1000 \text{ Hz}, 2000 \text{ Hz}} \geq 28 \text{ dB}$,
- Kanały należy prowadzić pod stropem w obudowie 1x GK 12,5 z wypełnieniem wełną mineralną o grubości 50mm.,
- Należy zastosować odpowiednie tłumiki oraz kanały tłumiące tak, aby spełnić wymogi dotyczące tła akustycznego w pomieszczeniach (3.1) oraz zredukować ewentualne przesłuchy, mające wpływ na izolacyjność akustyczną, między pomieszczeniami chronionymi akustycznie,
- W salach chronionych szybkość przepływu powietrza nie powinna przekraczać:
 - w kanałach głównych 8 m/s,
 - w odgałęzieniach 5 m/s,
 - na kratkach 3 m/s.
- Wszelkie instalacje systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
- Wszelkie urządzenia systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań $D \geq 90\%$) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
- Do pomieszczeń należy prowadzić niezależne kanały obsługujące jedynie dane pomieszczenia rozdzielone przed wejściem do pomieszczenia,

- Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje,
- Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo,
- Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,

3.5.3 Instalacja C.O. C.W i węzłów ciepłych

- Łączenia urządzeń systemów instalacji sanitarnych z siecią przewodów, rur, kanałów należy wykonywać z wykorzystaniem wstawek amortyzujących,
- Posadowienia pomp na masywnych fundamentach całkowicie odylowanych od konstrukcji budynku lub w ostateczności na specjalnie przygotowanej podłodze.
- Wszelkie instalacje należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków elastycznych zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
- Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji (rur) do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
- Wszelkie należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań $D \geq 90\%$) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
- W obrębach sal chronionych akustycznie należy stosować instalacje niskoszumowe,
- W celu wyeliminowania hałasu pochodzącego od części instalacji c.o. prowadzonej poza pomieszczeniem węzła ciepłego należy montować przy grzejnikach zawory termostatyczne o nowoczesnej konstrukcji, zawory odpowietrzające, na pionach c.o. automatyczne odpowietrzniki,
- Należy ograniczyć gwałtowne zmiany prowadzenia instalacji na pionach,
- Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo (elastyczne przejścia rur przez przegrody),
- Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje.

3.5.4 Instalacja wodno - kanalizacyjna

- Wszelkie instalacje systemów hydraulicznych należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
- Wszelkie urządzenia systemów hydraulicznych należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań $D \geq 90\%$) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,

- Należy stosować izolację akustyczną pionów kanalizacyjnych z PCV
- W obrębach sal chronionych akustycznie należy stosować instalacje niskoszumowe,
- Należy unikać prowadzenia instalacji tranzytowo przez pomieszczenia chronione akustycznie,
- Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanyymi przez dane instalacje,
- Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo (elastyczne przejścia rur przez przegrody),
- Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji (rur) do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
- Należy ograniczyć gwałtowne zmiany prowadzenia instalacji na pionach,
- ograniczenie ciśnienia w wewnętrznych instalacjach w.c. i w.z. pomieszczeń do 0,1 MPa – poprzez zastosowanie reduktorów ciśnienia na indywidualnych przyłączach,
- zastosowanie zaworów kulowych zamiast zaworów grzybkowych – wyeliminowanie ruchomego grzybka jako elementu najczęściej zakłócającego przepływ strumienia wody,
- powszechne stosowanie armatury czerpalnej nowej generacji, tzw. armatury ceramicznej jednouchwytowej.
- Przy kolanku instalacja powinna być wykonana w systemie żeliwnym,
- Szachty instalacyjne powinny być minimum na dwóch sąsiadujących ze sobą ścianach, po wewnętrznej stronie wykończone wełną mineralną (5 cm, 50-70 kg/m³) zabezpieczoną flizeliną.

3.5.5 Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne

- Okablowanie należy prowadzić wewnątrz pomieszczenia minimalizując otworowanie przegród,
- Wszelkie przejścia przez przegrody objęte wytycznymi akustycznymi nie mogą obniżać wypadkowej izolacyjności akustycznej przegrody,
- W obszarze sal widowiskowych okablowanie należy instalować natynkowo. W przypadku konieczności stosowania bruzd nie mogą być one głębsze niż 10% grubości danej ściany,
- Niedopuszczalne jest montowanie instalacji na przestrzał przez ścianę, np. symetryczne rozmieszczenie gniazdek na jednej przegrodzie.

4. Akustyka Wnętrz

4.1 Wymagania

Biorąc pod uwagę funkcje sal niżej przedstawione są wymagane parametry określone na podstawie literatury specjalistycznej oraz wymagań norm.

Tabela 11 przedstawia wymagania dotyczące parametrów akustycznych wnętrz.

Tabela 11. Zalecane wartości parametrów akustycznych

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość zalecana
1	Pomieszczenie do montażu audio i video	Czas pogłosu RT60	$\leq 0,6$ s.
2	Studio radiowe	Czas pogłosu RT60	0,25 s.
3	Reżyserka radiowa	Czas pogłosu RT60	0,25 s.
4	Reżyserka telewizyjna	Czas pogłosu RT60	0,20 s.
5	Studio telewizyjne	Czas pogłosu RT60	0,30 s.

4.2 Rozwiązania projektowe – Studio radiowe

4.2.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych

Na podstawie analiz oraz symulacji akustycznych dobrano i ustalono rozmieszczenie ustrojów akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 4.1 W sali projektuje się:

- **A100** – na ścianach od wysokości 0,5 m do 2,0 m.,
- **S1** – na suficie, pełna powierzchnia, rzędna sufitu podwieszanego: 3,4 m

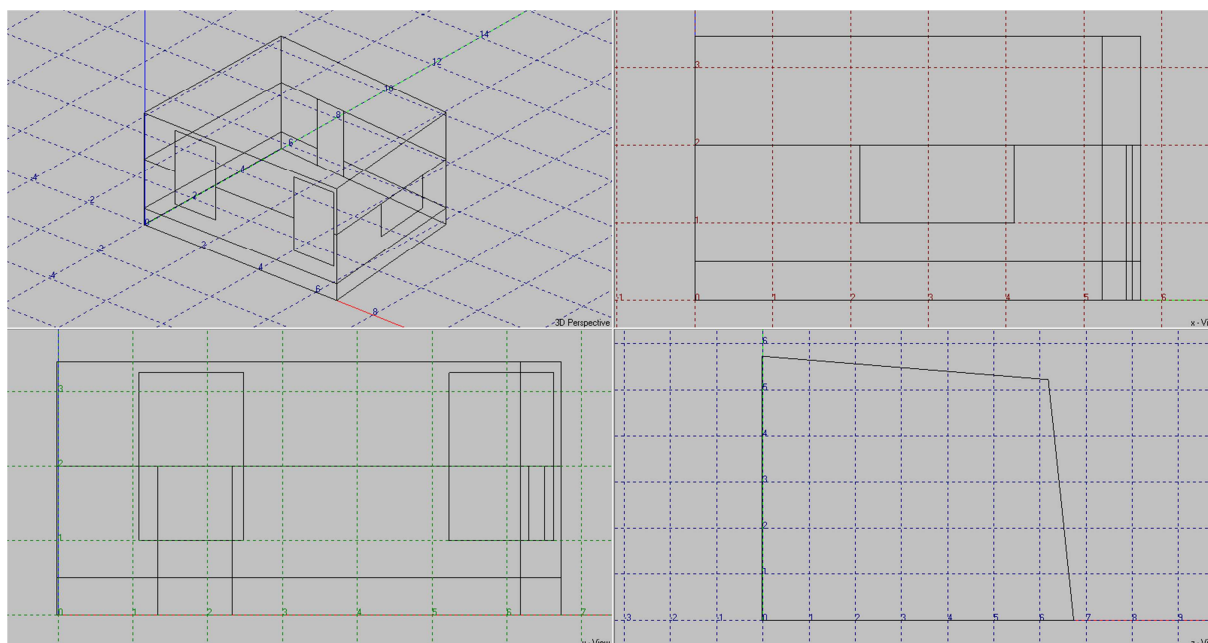
Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych przedstawiona w dalszej części opisu.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych został przedstawione graficznie w dalszej części opracowania.

4.2.2 Analiza zaprojektowanego rozwiązania

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.3. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 120 m^3 , powierzchnia efektywna to: 152 m^2 .

Rysunek 1 przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



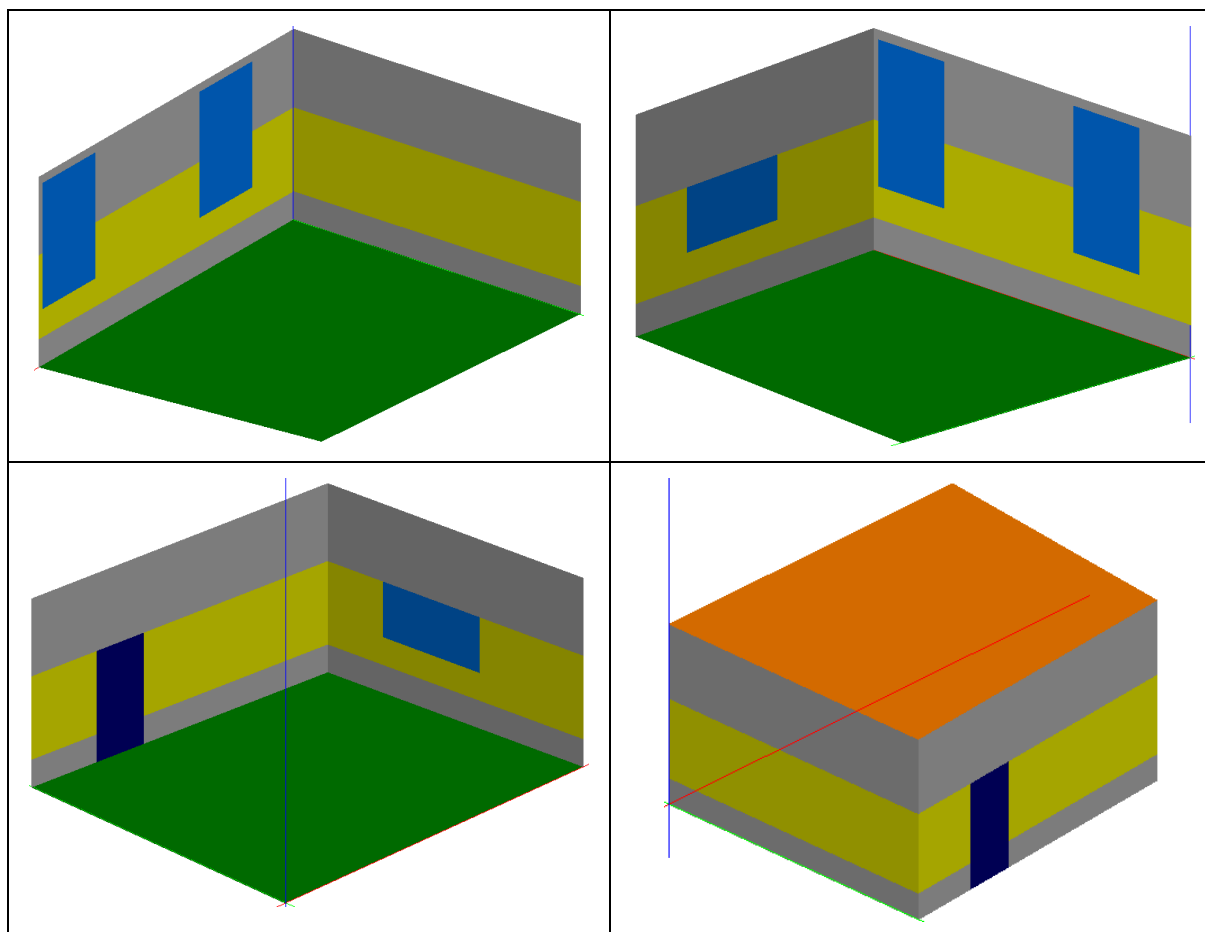
Rysunek 1. Geometria modelu numerycznego analizowanego pomieszczenia

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem akustyki oraz architektury.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.3, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów.

Tabela 12. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Ściana masywna malowana		41,4	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Wykładzina na betonie		35,3	0,04	0,04	0,15	0,30	0,50	0,60
S1		35,3	0,80	0,85	0,70	0,60	0,50	0,35
A100		29,6	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Okno		8,3	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Drzwi pełne		2	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07



Rysunek 2. Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

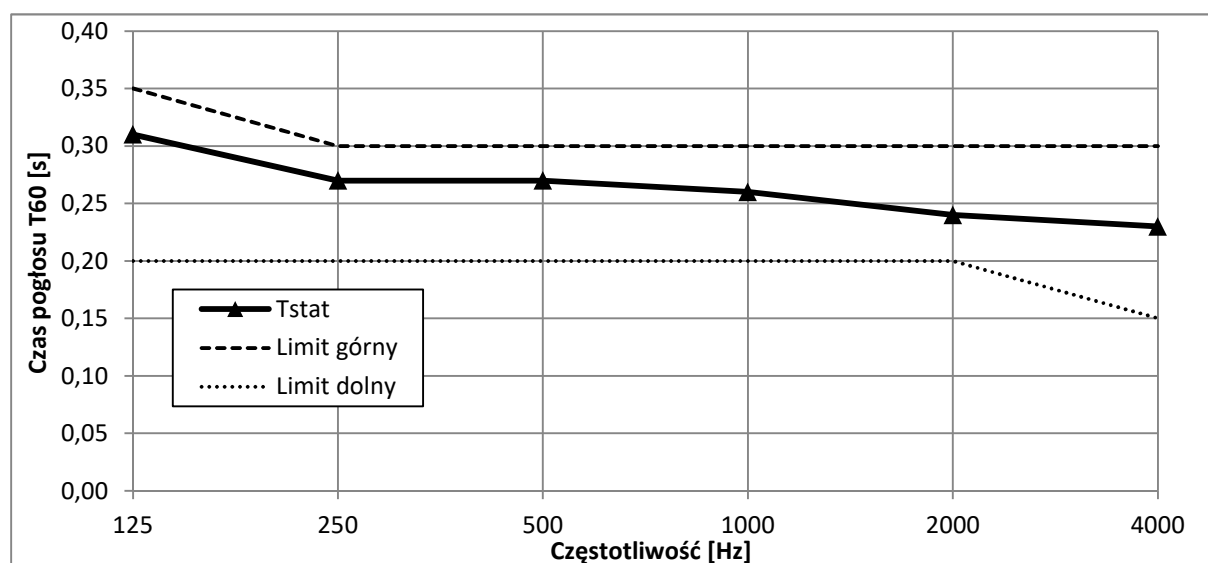
4.2.3 Wyniki symulacji akustycznych

Symulacja akustyczna została przeprowadzona statystyczną. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnie parametry akustyczne przedstawione na poniższych rysunkach oraz tabeli.

Tabela 13. Średnie wartości wyników symulacji

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
1	Reżyserka	Czas pogłosu, T (125 Hz – 4000 Hz)	0,26 s.

Poniższy wykres przedstawia wyznaczony metodą statystyczną czas pogłosu analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji



Rysunek 3. Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji

4.3 Rozwiązania projektowe – Reżyserka radiowa

4.3.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych

Na podstawie analiz oraz symulacji akustycznych dobrano i ustalono rozmieszczenie ustrojów akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 4.1 W sali projektuje się:

- **A100** – na ścianach od wysokości 0,5 m do 2,05 m.,
- **S1** – na suficie, pełna powierzchnia, rzędna sufitu podwieszanego: 3,4 m.

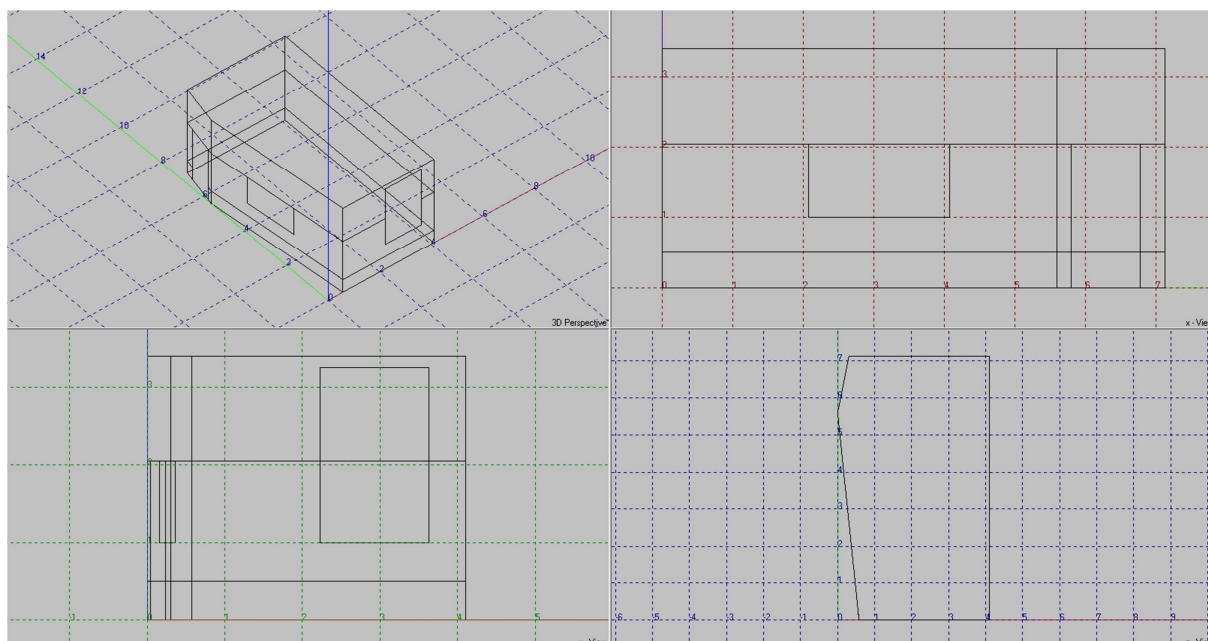
Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych przedstawiona w dalszej części opisu.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych został przedstawione graficznie w dalszej części opracowania.

4.3.2 Analiza zaprojektowanego rozwiązania

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.3. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 93 m^3 , powierzchnia efektywna to: 128 m^2 .

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



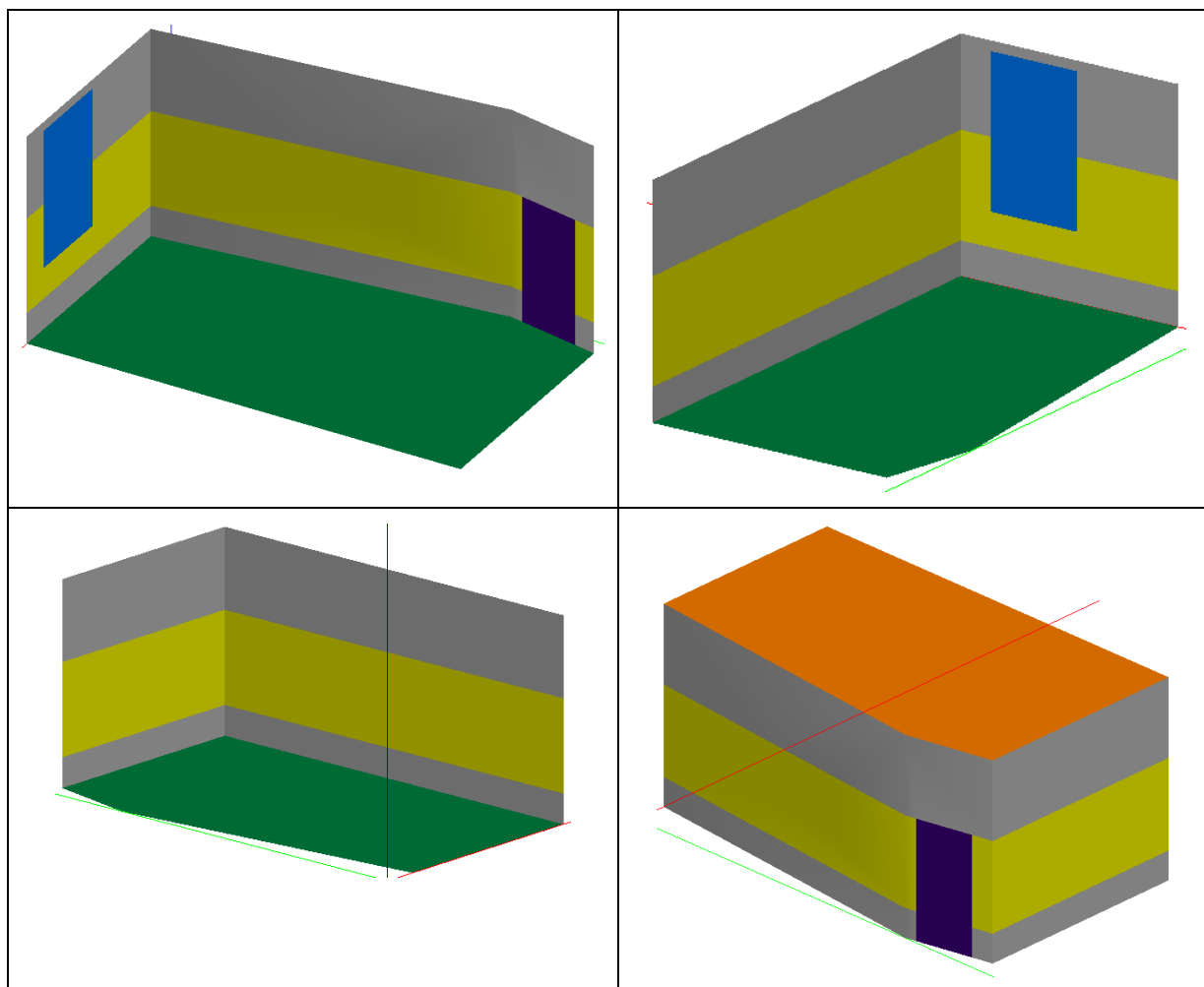
Rysunek 4. Geometria modelu numerycznego analizowanego pomieszczenia

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem akustyki oraz architektury.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.3, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów.

Tabela 14. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Ściana masywna malowana		37,7	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Wykładzina na betonie		27,5	0,04	0,04	0,15	0,30	0,50	0,60
S1		27,5	0,80	0,85	0,70	0,60	0,50	0,35
A100		30,4	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Okno		5,2	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Drzwi pełne		2	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07



Rysunek 5. Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

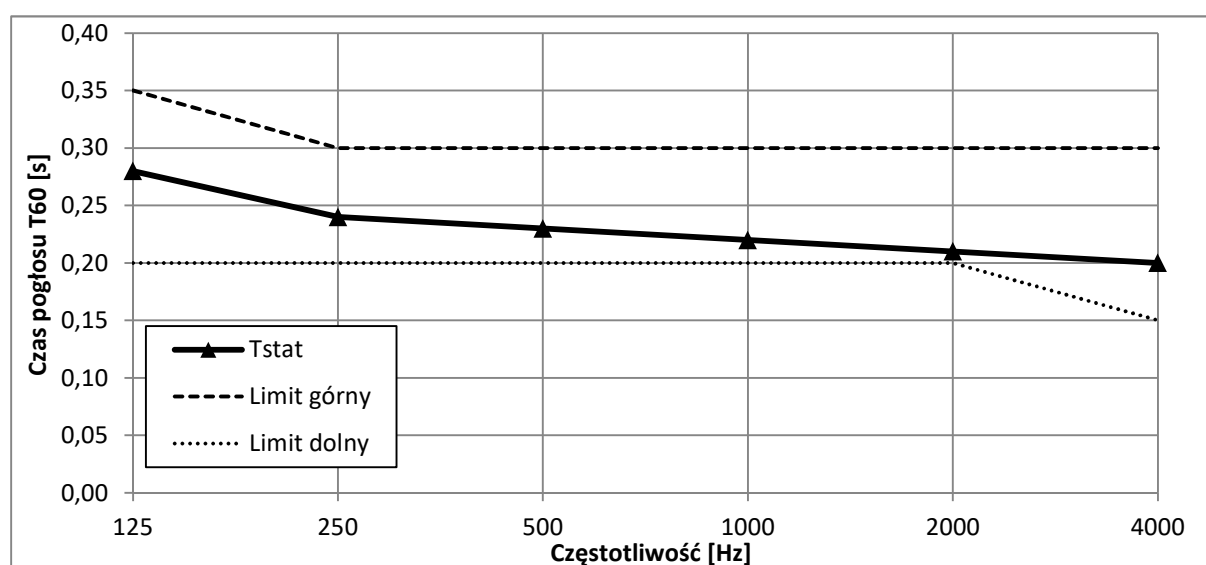
4.3.3 Wyniki symulacji akustycznych

Symulacja akustyczna została przeprowadzona statystyczną. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnie parametry akustyczne przedstawione na poniższych rysunkach oraz tabeli.

Tabela 15. Średnie wartości wyników symulacji

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
1	Reżyserka	Czas pogłosu, T (125 Hz – 4000 Hz)	0,23 s.

Poniższy wykres przedstawia wyznaczony metodą statystyczną czas pogłosu analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji



Rysunek 6. Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji

4.4 Rozwiązania projektowe – Reżyserka telewizyjna

4.4.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych

Na podstawie analiz oraz symulacji akustycznych dobrano i ustalono rozmieszczenie ustrojów akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 4.1 W sali projektuje się:

- **A100** – na ścianach od wysokości 0,7 m do 2,25 m.,
- **S1** – na suficie, pełna powierzchnia, rzędna sufitu podwieszanego: 3,4 m.

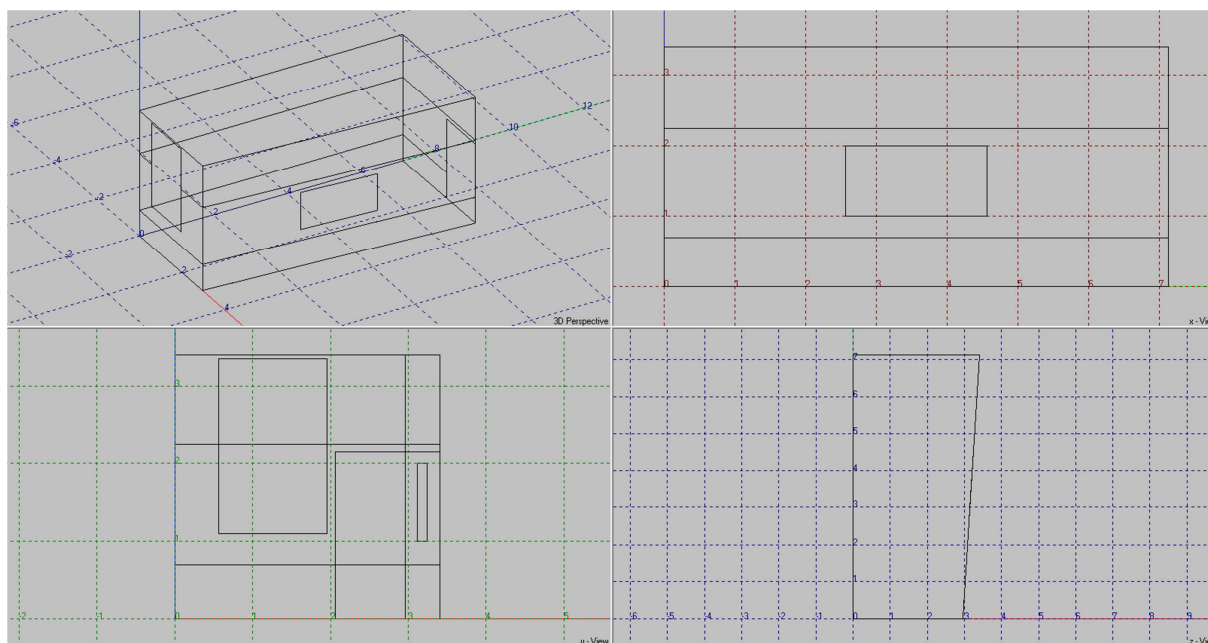
Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych przedstawiona w dalszej części opisu.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych został przedstawione graficznie w dalszej części opracowania.

4.4.2 Analiza zaprojektowanego rozwiązania

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.3. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 77 m^3 , powierzchnia efektywna to: 115 m^2 .

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



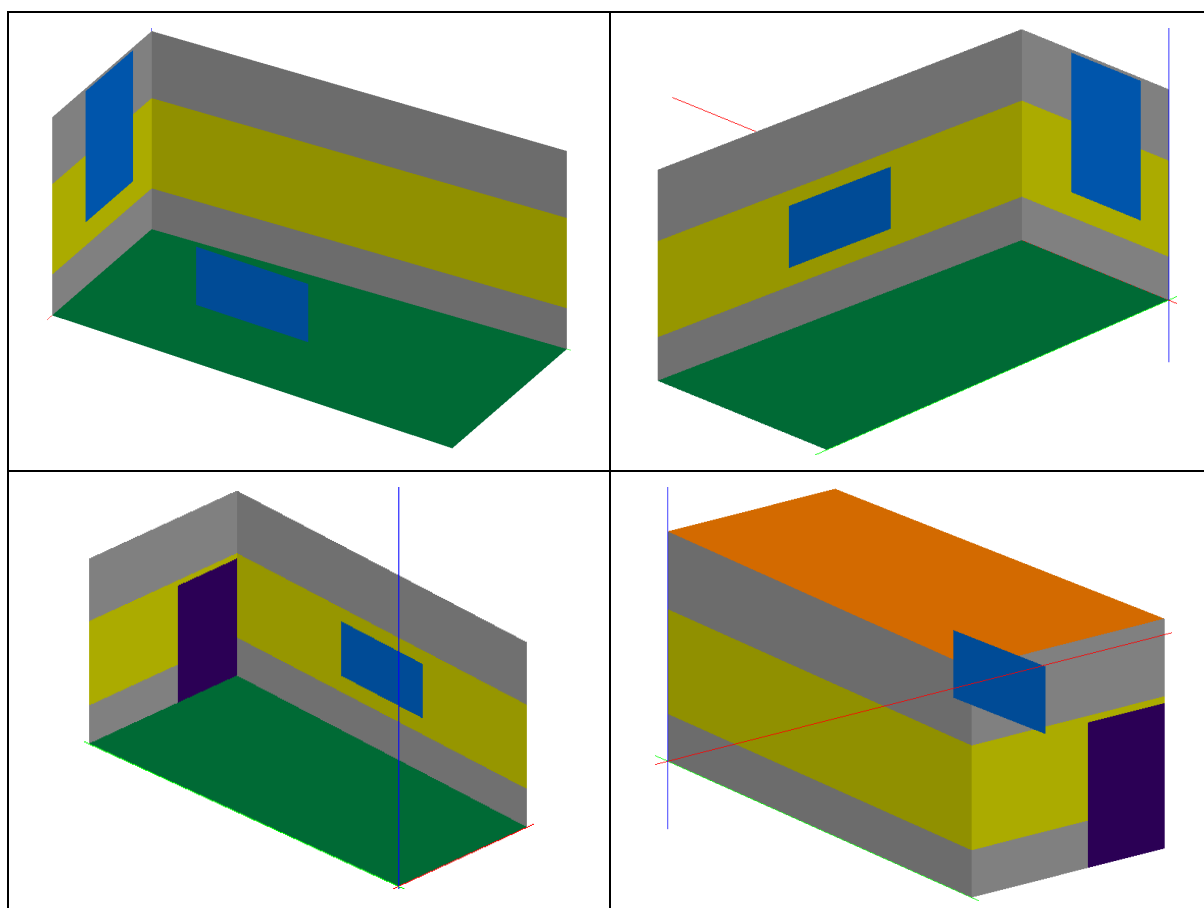
Rysunek 7. Geometria modelu numerycznego analizowanego pomieszczenia

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem akustyki oraz architektury.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.3, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów.

Tabela 16. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Ściana masywna malowana		35,5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Wykładzina na betonie		22,6	0,04	0,04	0,15	0,30	0,50	0,60
S1		22,6	0,80	0,85	0,70	0,60	0,50	0,35
A100		25,8	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Okno		5,1	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Drzwi pełne		2,9	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07



Rysunek 8. Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

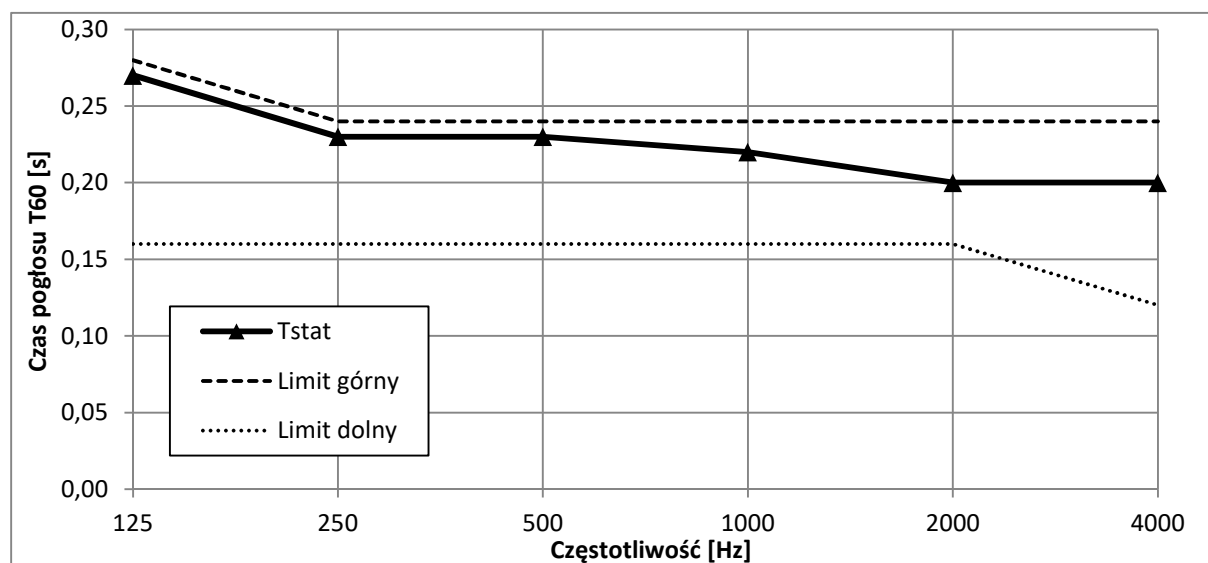
4.4.3 Wyniki symulacji akustycznych

Symulacja akustyczna została przeprowadzona statystyczną. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnie parametry akustyczne przedstawione na poniższych rysunkach oraz tabeli.

Tabela 17. Średnie wartości wyników symulacji

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
1	Reżyserka	Czas pogłosu, T (125 Hz – 4000 Hz)	0,22 s.

Poniższy wykres przedstawia wyznaczony metodą statystyczną czas pogłosu analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji



Rysunek 9. Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji

4.5 Rozwiązania projektowe – studio telewizyjne

4.5.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych

Na podstawie analiz oraz symulacji akustycznych dobrano i ustalono rozmieszczenie ustrojów akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 4.1 W sali projektuje się:

- **A100** – na ścianach od wysokości 0,5 m do 2,9 m.,
- **S1** – na suficie, pełna powierzchnia, rzędna sufitu podwieszanego: 3,5 m.

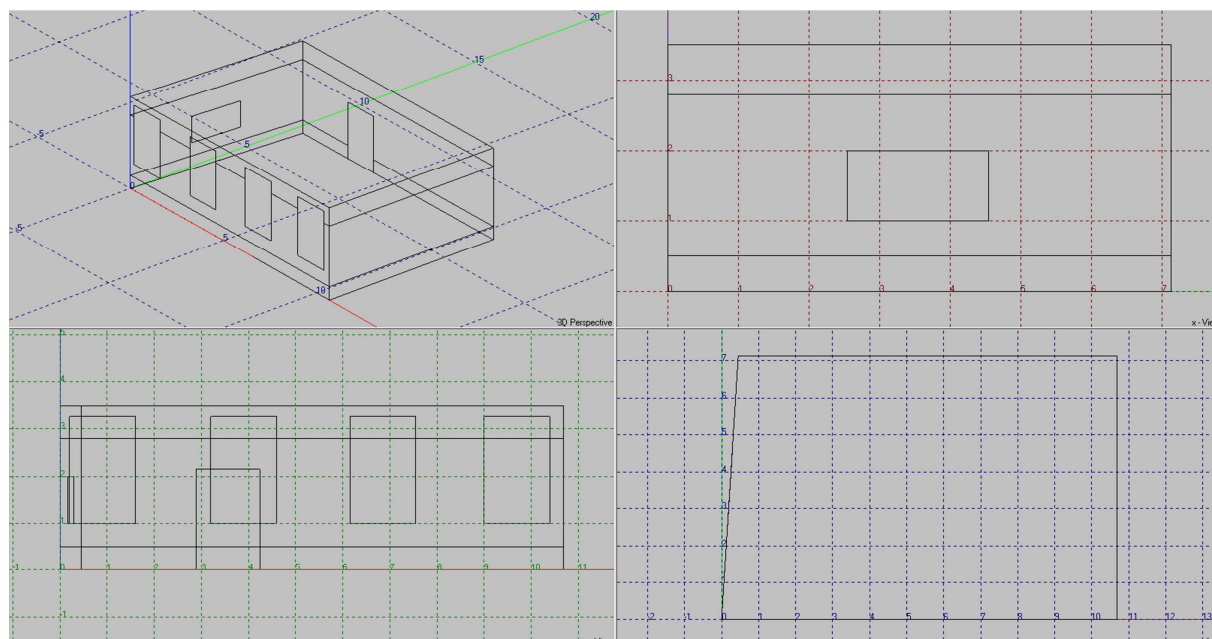
Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych przedstawiona w dalszej części opisu.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych został przedstawione graficznie w dalszej części opracowania.

4.5.2 Analiza zaprojektowanego rozwiązania

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.3. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 261 m^3 , powierzchnia efektywna to: 272 m^2 .

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



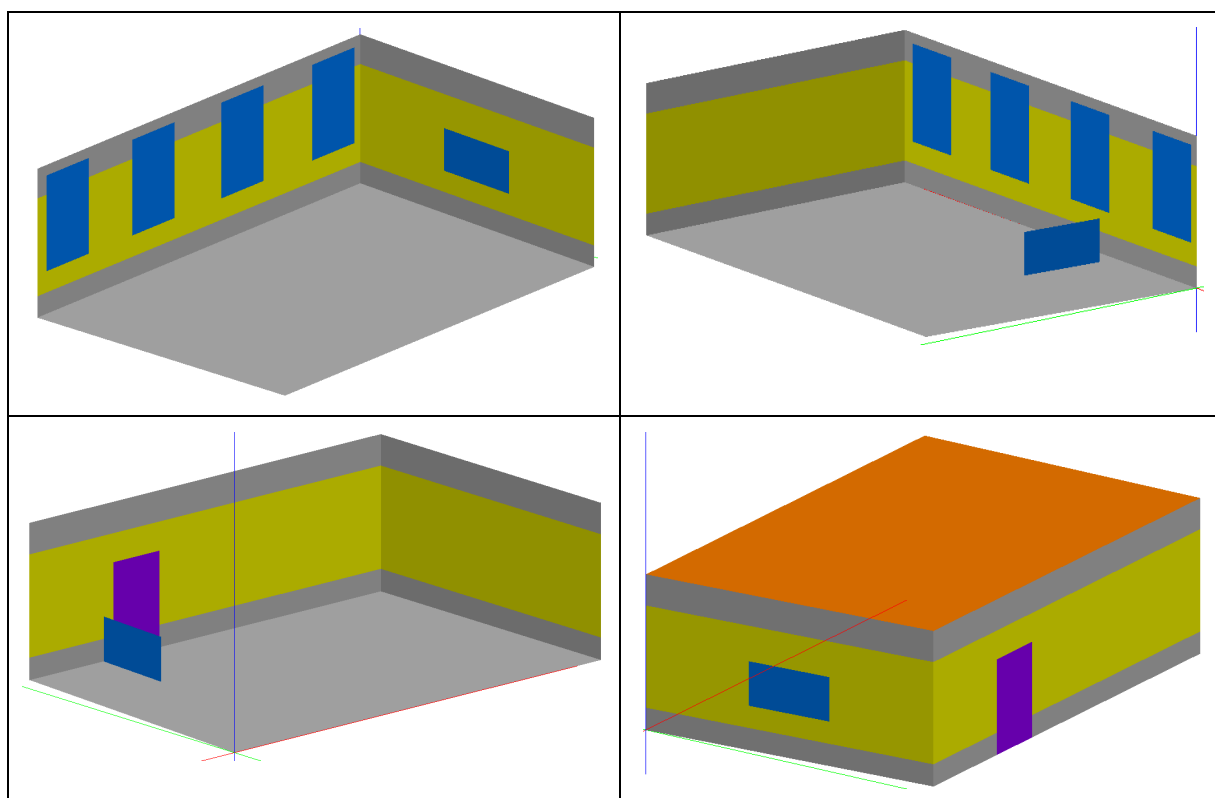
Rysunek 10. Geometria modelu numerycznego analizowanego pomieszczenia

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem akustyki oraz architektury.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.3, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów.

Tabela 18. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Ściana masywna malowana		113,5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Podłoga betonowa		74,5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
S1		74,5	0,80	0,85	0,70	0,60	0,50	0,35
A100		66,8	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Okno		14,6	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Drzwi pełne		2,9	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07



Rysunek 11. Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

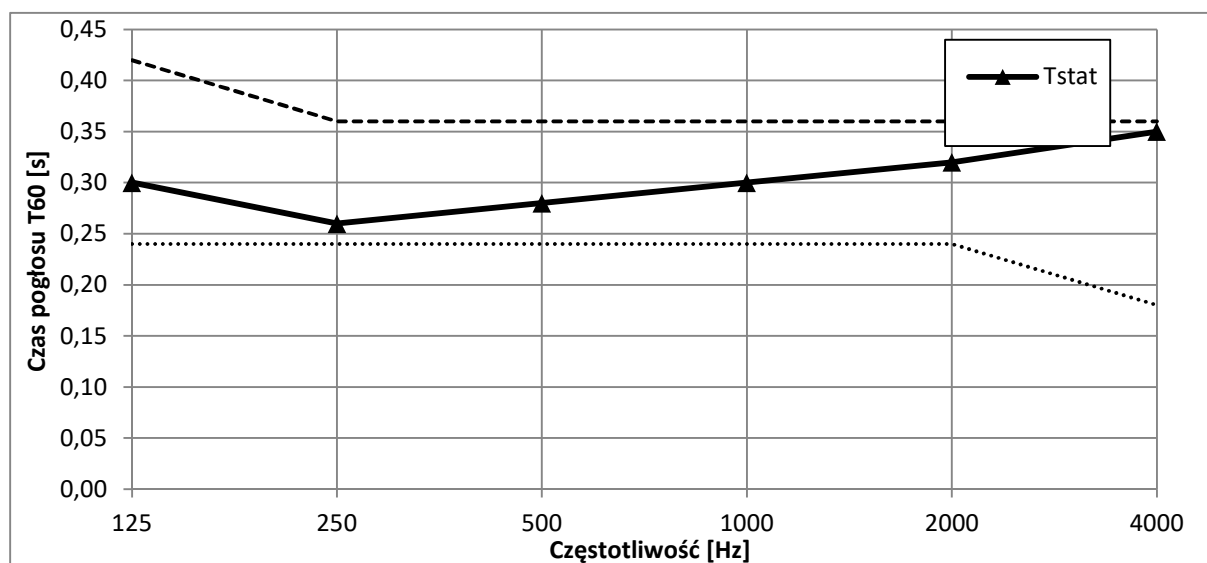
4.5.3 Wyniki symulacji akustycznych

Symulacja akustyczna została przeprowadzona statystyczną. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnie parametry akustyczne przedstawione na poniższych rysunkach oraz tabeli.

Tabela 19. Średnie wartości wyników symulacji

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
1	Reżyserka	Czas pogłosu, T (125 Hz – 4000 Hz)	0,29 s.

Poniższy wykres przedstawia wyznaczony metodą statystyczną czas pogłosu analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji



Rysunek 12. Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji

Czas pogłosu jest dłuższy w zakresie dużych częstotliwości celowo. Po wprowadzeniu do pomieszczenia scenografii, czas pogłosu w funkcji częstotliwości wyrówna się.

4.6 Rozwiązania projektowe – pracownia montażu AV

4.6.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych

Na podstawie analiz oraz symulacji akustycznych dobrano i ustalono rozmieszczenie ustrojów akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 4.1 W sali projektuje się:

- **A100** – na ścianach bocznych od wysokości 0,7 m do 2,0 m.,
- **S1** – na suficie, pełna powierzchnia, rzędna sufitu podwieszanego: 2,4 m.

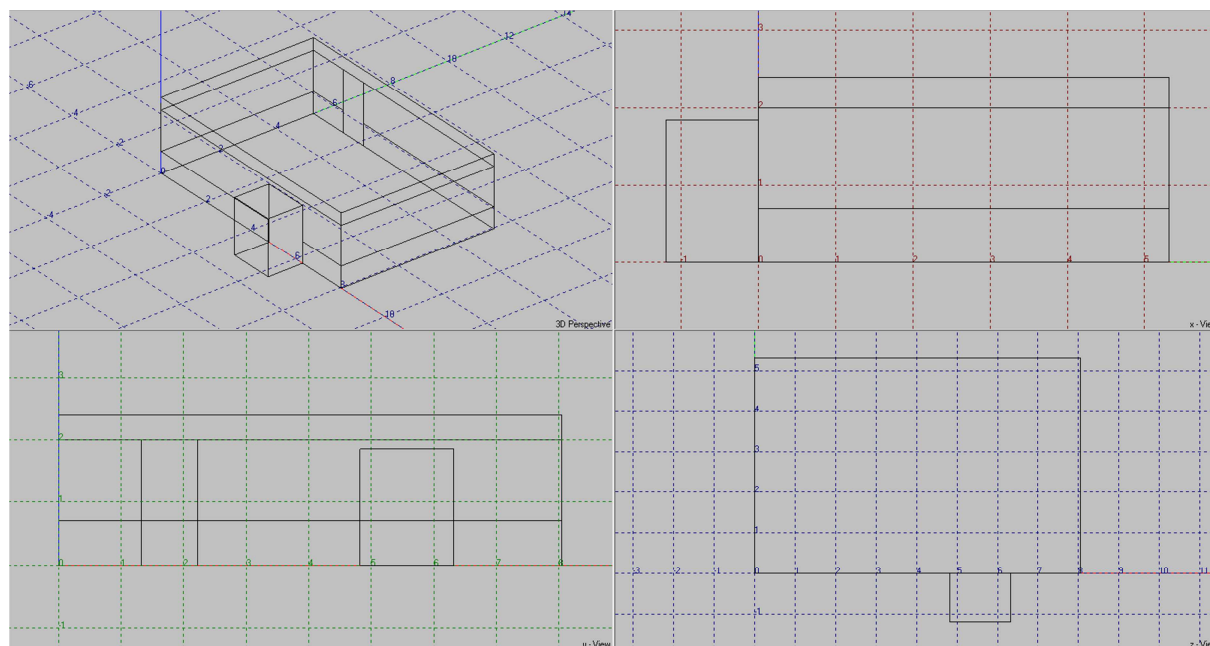
Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych przedstawiona w dalszej części opisu.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych został przedstawione graficznie w dalszej części opracowania.

4.6.2 Analiza zaprojektowanego rozwiązania

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.3. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 106 m^3 , powierzchnia efektywna to: 158 m^2 .

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



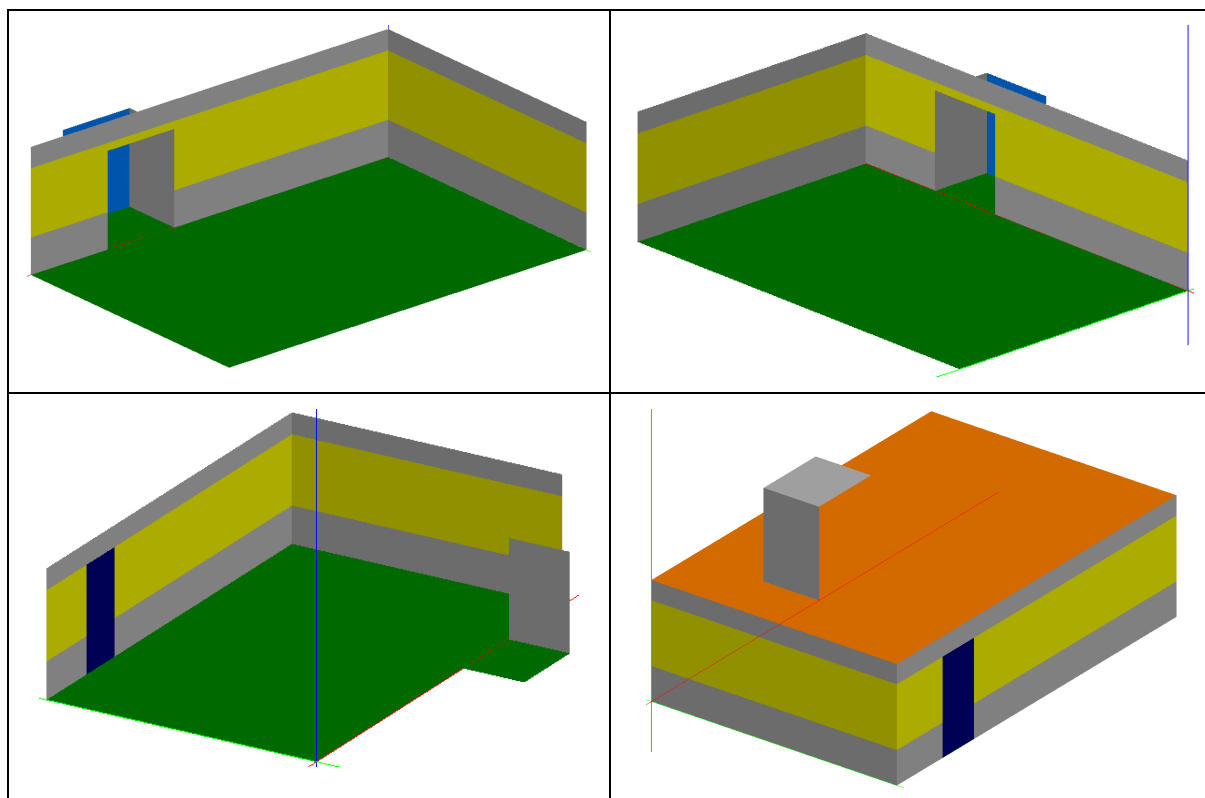
Rysunek 13. Geometria modelu numerycznego analizowanego pomieszczenia

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem akustyki oraz architektury.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.3, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów.

Tabela 20. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Ściana masywna malowana		34	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Wykładzina na betonie		44,7	0,04	0,04	0,15	0,30	0,50	0,60
S1		44,7	0,80	0,85	0,70	0,60	0,50	0,35
A100		31,9	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Okno		2,8	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Drzwi pełne		1,8	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07



Rysunek 14. Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

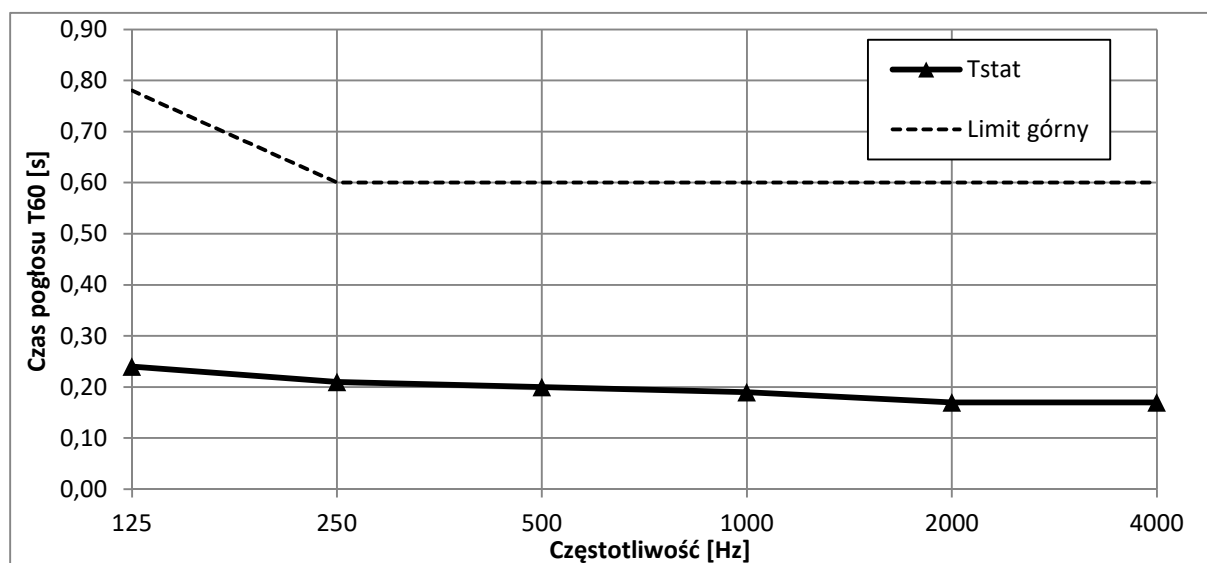
4.6.3 Wyniki symulacji akustycznych

Symulacja akustyczna została przeprowadzona statystyczną. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnie parametry akustyczne przedstawione na poniższych rysunkach oraz tabeli.

Tabela 21. Średnie wartości wyników symulacji

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
1	Reżyserka	Czas pogłosu, T (125 Hz – 4000 Hz)	0,19 s.

Poniższy wykres przedstawia wyznaczony metodą statystyczną czas pogłosu analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji



Rysunek 15. Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości wraz z zakresem tolerancji

4.7 Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych

Użyte w dokumentach nazwy materiałów i urządzeń lub jakichkolwiek wyrobów czy produktów służą jedynie określeniu pożądanego standardu wykonania i określenia właściwości oraz wymogów techniczno - użytkowych założonych w dokumentacji technicznej dla danego typu rozwiązań. Za równoważne Zamawiający uzna takie, które charakteryzują się właściwościami funkcjonalnymi i jakościowymi takimi samymi lub zbliżonymi do tych, które zostały określone, lecz oznaczone innym znakiem towarowym, patentem lub pochodzeniem.

Tabela 22. Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych

Lp.	Element	Opis
1	A100	Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości np. Wallton (lub równoważny). Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 100 mm (gęstość: $130\text{kg/m}^3 \pm 10\text{ kg/m}^3$) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze $400\text{ g/m}^2 \pm (10\%)$ i $R_s \leq 600\text{ kg/sm}^2$. Dopuszcza się zabudowę powierzchni bocznych paneli materiałami twardymi (np. mdf).
2	S1	Sufit podwieszany perforowany pochłaniający w zakresie małych częstotliwości. Perforacja okrągła o średnicy 6 mm rozmieszczona równomiernie w siatce 18 mm na 18 mm. Całkowita wysokość konstrukcji min. 400mm. Bezpośrednio nad płytami min. 100 mm wełny mineralnej ($\rho \approx 50\text{ kg/m}^3$). Parametry akustyczne: $\alpha_w \geq 0,90$; klasa pochłaniania dźwięku: A. Praktycznych współczynnik pochłaniania dźwięku α_p : 125 Hz $\geq 0,80$ 250 Hz $\geq 0,85$ 500 Hz $\geq 0,70$ 1000 Hz $\geq 0,60$ 2000 Hz $\geq 0,50$ 4000 Hz $\geq 0,35$

Wszystkie elementy muszą spełniać wymogi przeciwpożarowe.

Kolorystyka i wykończenie powinna zostać uzgodniona z projektantem architektury.

Każda zmiana materiałowa musi być konsultowana i zatwierdzona przez projektanta akustyki.