

1. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem opracowania jest zapewnienie odpowiednich parametrów akustycznych sali wielofunkcyjnej.

Dopuszcza się zamianę zaprojektowanych materiałów oraz wyposażenia pod warunkiem utrzymania parametrów użytkowych proponowanych rozwiązań.

Opracowanie zawiera:

- Określenie wymagań dotyczących
 - Ochrony przeciwdźwiękowej w zakresie:
 - Dopuszczalnych zakłóceń akustycznych w obiekcie
 - Wymaganych wartości wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej
 - Ochrony środowiska w zakresie ochrony terenów przyległych do inwestycji
 - Akustyki wnętrza Sali Wielofunkcyjnej:
 - Wymaganych wartości czasu pogłosu
 - Wymaganych wartości wskaźnika zrozumiałości mowy STI
 - Ukształtowania wnętrza sali
- Przyjęcie rozwiązań i ustaleń dotyczących
 - Ochrony przeciwdźwiękowej w zakresie:
 - eliminacji zakłóceń akustycznych w obiekcie
 - określenia wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej w części projektowanej
 - Akustyki wnętrza Sali wielofunkcyjnej w zakresie:
 - wymaganych wartości czasu pogłosu
 - wymaganych wartości wskaźnika zrozumiałości mowy STI
 - ukształtowania wnętrza Sali
 - wykończenia ścian Sali
 - Charakterystyka obiektu

Sala w zamierzeniu Inwestora ma być salą wielofunkcyjną, przeznaczoną dla 335 osób. Odbywać się tu będą występy, konferencje, prezentacje multimedialne, seanse filmowe, koncerty z nagłośnieniem elektroakustycznym itp.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

2.1. Formalna

- Umowa z Inwestorem.

2.2. Merytoryczna

- [1] Podkłady architektoniczne,
- [2] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. z dnia 3 grudnia 2004 r.),
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 roku w sprawie wartości dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. Nr 120, poz.826),
- [4] PN-87/B-02151/02 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń
w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach,
- [5] PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych,
- [6] Kucharski R. J. i in., Obliczeniowe metody oceny klimatu akustycznego w środowisku, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1988,
- [7] PN-EN ISO 717-1:1999, Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach
i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych,
- [8] EN 12354-1 Building Acoustics. Estimation of acoustic performance from the performance of products. Part 1: Airborne sound insulation between rooms. CEN, February 1997,
- [9] Maekawa Z., Lord P., Environmental and architectural acoustics, E&FN SPON London 1993,
- [10] W. Fasold, E. Sonntag, H. Winkler, Bau-und Raumakustik, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1987,
- [11] L.L. Beranek, Noise and Vibration Control, Inst. Noise Contr. Eng., Washington 1988,

- [12] Knudsen V., Harris C., Acoustical designing in architecture John Wiley & sons, INC Londyn 1950.
- [13] Konsultacje z Inwestorem.

3. WYMAGANIA

3.1. Ochrona przeciwdźwiękowa w pomieszczeniach – wymagania

3.1.1. Dopuszczalne zakłócenia akustyczne dla Sali wielofunkcyjnej

Hałas użytkowy na widowni i scenie

Stać w czasie tła akustycznego dotyczy sumarycznego średniego poziomu ciśnienia akustycznego dźwięków zakłócających w pomieszczeniu, niezależnie od źródeł dźwięku i dróg ich przenikania do pomieszczenia. Kryterium powinno być spełnione przy wszystkich urządzeniach technicznych oraz źródłach zakłóceń akustycznych działających równocześnie (klimatyzacja, system projekcyjny, inne systemy wewnętrzne, hałas drogowy, hałas kolejowy, grad), oprócz sygnałów akustycznych płynących ze sceny. Z tego względu poszczególne składowe tego tła akustycznego muszą mieć poziom odpowiednio mniejszy. Dopuszczalne zakłócenia akustyczne w salach widowiskowych określa się według standardu krzywych NC. Są one zbieżne z ogólnie przyjętymi wymaganiami dla sal widowiskowych i stanowią podstawę dalszych prac projektowych. Przy projektowaniu należy zakładać dopuszczalny poziom stałego w czasie tła akustycznego w sali ograniczony krzywą NC30. Sporadycznie występujące zakłócenia akustyczne nie powinny przekraczać NC35.

Hałas instalacyjny wewnętrzny na widowni i scenie

Parametr tła akustycznego w salach widowiskowych stosuje się w celu ograniczenia hałasu wytwarzanego przez systemy ogrzewania, wentylacja i klimatyzacji, hałasu wytwarzanego przez inne urządzenia mechaniczne lub elektryczne w budynku. Norma odnosi się do tła akustycznego o charakterze dźwięku stałego w czasie, bez silnej składowej zmiennej w czasie. Poziom zakłóceń akustycznych pochodzących od wyposażenia technicznego budynku, na wysokości głowy w sali (suma ze wszystkich źródeł) powinien być ograniczony do NC30 łącznie z $L_A < 35$ dB.

Izolacyjność akustyczna przegród

Dla spełnienia wymagań akustycznych, określonych wyżej, i zgodnie z ogólnymi zasadami ochrony przeciwdźwiękowej w budynkach określono parametry i rozwiązania projektowe.

Sala wielofunkcyjna

Tabela 1 Wymagana izolacyjność przegród wewnętrznych w budynku dla sali wielofunkcyjnej

Funkcje pomieszczeń rozdzielonych przegrodą		Wymagane wartości wskaźnika w dB Wartości minimalne	Wymagane wartości wskaźnika w dB L'n,w Wartości maksymalne
Sala widowiskowa	Ściany zewnętrzne	$R'_w = 50 \text{ dB}$	-
	Dach	$R'_w = 50 \text{ dB}$	-
	Okno do kabiny projekcyjnej	$R'_w = 37 \text{ dB}$	-
	Pomieszczenia sąsiadujące	$R'_w = 55 \text{ dB}$	-
	Drzwi na hol	$R_w = 40 \text{ dB}$	-
	Drzwi do zaplecza	$R_w = 35 \text{ dB}$	-
	Elewacja szklana	$R'_{A2} \geq 28 \text{ dB}$	-

3.1.2. Dopuszczalne zakłócenia akustyczne na obiekcie

Wartości dopuszczalnych poziomów dźwięku w pomieszczeniach przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 2 Dopuszczalne poziomy dźwięku na obiekcie

Pomieszczenie	Dopuszczalny poziom dźwięku w dBA
Sala fitness, siłownia	45
Sala ćwiczeń	35
Gastronomia	45
Pom. biurowe	40
Sauna	40

3.2. Dopuszczalne zakłócenia akustyczne w środowisku – wymagania

Wartości dopuszczalne hałasu regulowane są poprzez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. Nr 120, poz.826) – 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.

Tabela 3. Dopuszczalne poziomy dźwięku generowane przez inwestycje

L.p.	Przeznaczenie terenu	Pora dnia przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia	Pora nocy przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
1	tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży tereny szpitali w miastach tereny domów opieki	50	40
2	Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej z usługami rzemieślniczymi. Tereny zabudowy zagrodowej. Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe poza miastem	55	45

Źródło: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 czerwca 2007r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. Nr 120, poz. 826)

3.3. Akustyka wnętrz – wymagania projektowe

3.3.1. Sala wielofunkcyjna

Sala wielofunkcyjna jest przeznaczona dla ok. 335 osób. W zamierzeniu inwestora ma ona pełnić funkcję Sali wielofunkcyjnej.

Celem niniejszego opracowania jest poprawienie parametrów akustycznych Sali ze szczególnym uwzględnieniem dostosowania jej do użycia systemu elektroakustycznego.

Zakłada się osiągnięcie następujących parametrów akustycznych dla projektowanej sali wielofunkcyjnej:

Nazwa parametru, jednostka	Zalecana wartość
Stosunek sygnał-szum (S/N) [dB]	80 ÷ 95
STI	> 0,6
Średni czas pogłosu [s]	0,8 s
Nierównomierność nagłośnienia	± 5dB
C50	> 0

4. ROZWIĄZANIA

4.1. Ochrona przeciwdźwiękowa – rozwiązania projektowe

4.1.1. Sala wielofunkcyjna

System ochrony przeciwdźwiękowej Sali wielofunkcyjnej bazuje na dużej masie przegród budowlanych. Ściany masywne Sali zapewniają uzyskanie wymaganej izolacyjności akustycznej przy zachowaniu podstawowych zasad ochrony dźwiękowej.

Przebiecia instalacyjne przez ściany obwodowe Sali powinny być przeprowadzone z zachowaniem zasad ochrony dźwiękowej.

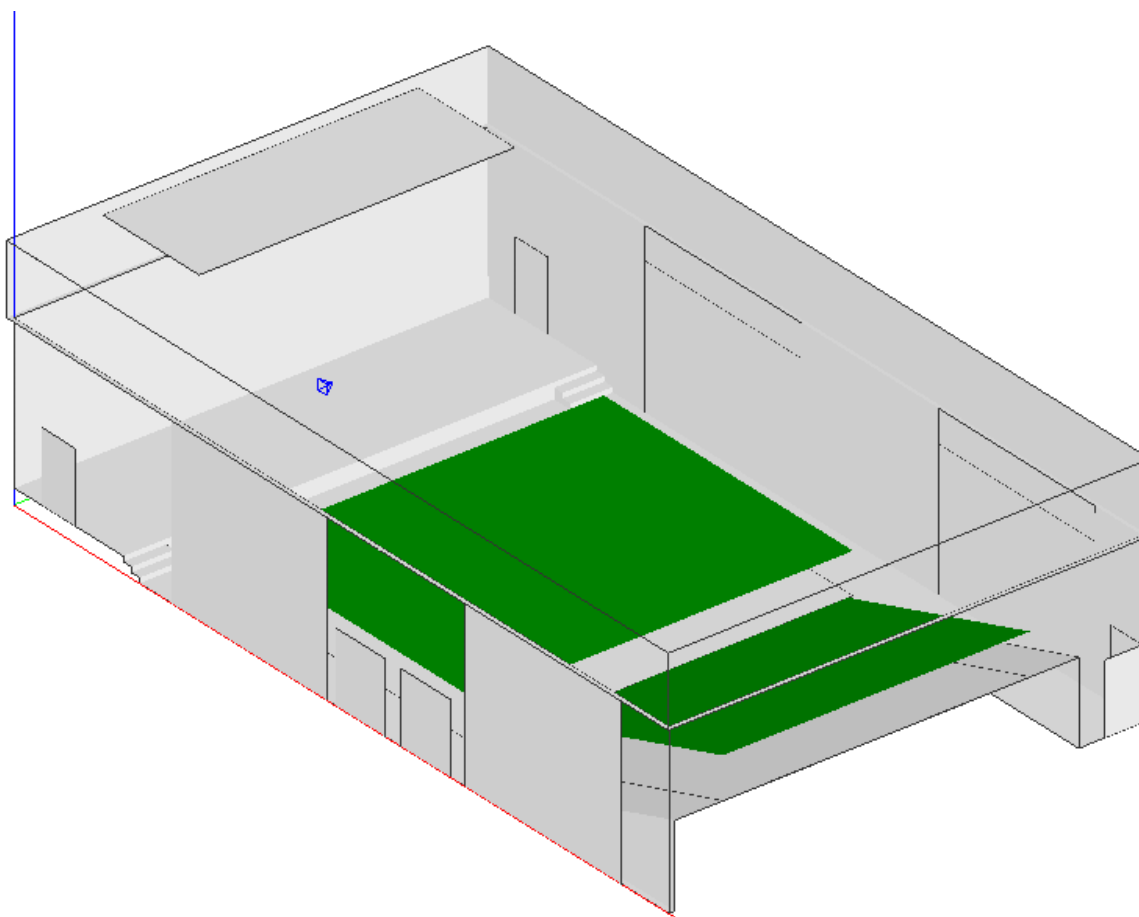
Drzwi do Sali z holu powinny charakteryzować się izolacyjnością akustyczną $R_w \geq 40$ dB. Drzwi do Sali z zaplecza powinny charakteryzować się izolacyjnością akustyczną $R_w \geq 35$ dB. Izolacyjność akustyczna elewacji szklanej powinna wynosić $R'_{A2} \geq 28$ dB.

Na dachu wokół wytwornicy wody lodowej należy wykonać żaluzje akustyczne o izolacyjności akustycznej $R_w \geq 13$ dB. Lokalizację żaluzji należy wykonać zgodnie z projektem architektury.

4.2. Akustyka wnętrz

4.2.1. Analiza warunków pogłosowych – model akustyczny

W celu analizy proponowanych rozwiązań adaptacji akustycznej Sali opracowano numeryczny model jej wnętrza. Model odzwierciedla bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu.



Rysunek 1 Trójwymiarowy model Sali wielofunkcyjnej wykonany w programie EASE 4.1

Analiza wyników

Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla częstotliwości tercjowych w zakresie 100 do 10000 Hz. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku dobrane na podstawie katalogów producenta urządzeń akustycznych, danych literaturowych lub skorzystano z biblioteki programu Ease 4.1. Symulacje akustyczne zostały przeprowadzone dla 1 źródła o charakterystyce wszechkierunkowej, umieszczonego w miejscu potencjalnego mówcy.

4.2.2. Sala wielofunkcyjna

Na podstawie symulacji akustycznych dobrano i ustalono rozmieszczenie urządzeń akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 3.3.1. W celu uzyskania zamierzonych parametrów akustycznych w Sali projektuje się:

Podłoga

Podłoga twarda, odbijająca dźwięk – parkiet drewniany.

Fotele

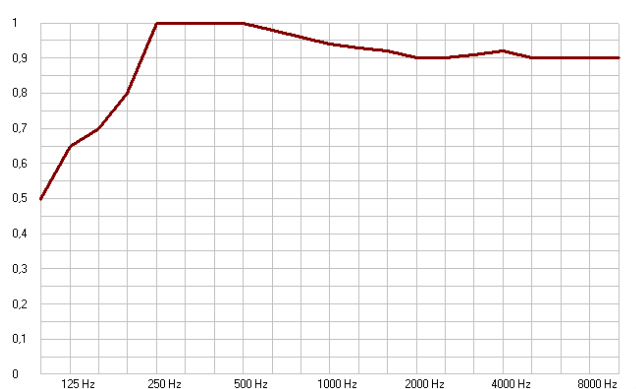
Projektuje się instalację foteli typowych dla sal wielofunkcyjnych o pogłosowej charakterystyce pochłaniania dźwięku takiej samej dla fotela z publicznością jak i bez.

Ściany

Ściana tylna, przednia i częściowo boczne zostaną wykończone panelami drewnopochodne perforowanymi szczelinowymi fornirowanymi o wysokim współczynniku pochłaniania w pełnym zakresie częstotliwości np. Wallton. Panele akustyczne wykonane są z zabezpieczonego ogniowo MDF. Zewnętrzna warstwa panela jest okleinowana naturalnym fornirem stosownie do wymogów projektowych oraz malowana dwukrotnie farbami UV. W celu zwiększenia chłonności w zakresie niskich częstotliwości między panelami a ścianą masywną należy zachować pustkę powietrzną szerokości 10cm. W pustce powietrznej 5cm wełny mineralnej o gęstości minimum 45 kg/m³.

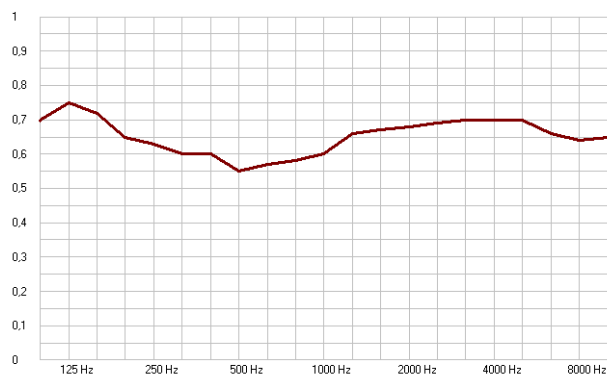
Cały system okładzin ściennych drewnianych musi być sklasyfikowany w zakresie reakcji na ogień zgodnie z normą EN 13501-1:2007 co najmniej jako C-s2,d0.

Wymaganą charakterystykę pochłaniania przedstawia poniższy wykres:



Rysunek 2 Charakterystyka pochłaniania paneli MDF perforowanych szczelinowych

Częściowo na ścianach bocznych wykonane zostaną ustroje akustyczne rezonansowo-porowate z napiętą tkaniną tekstylną na bazie Trevira CS o gramaturze minimum 340 g/m².

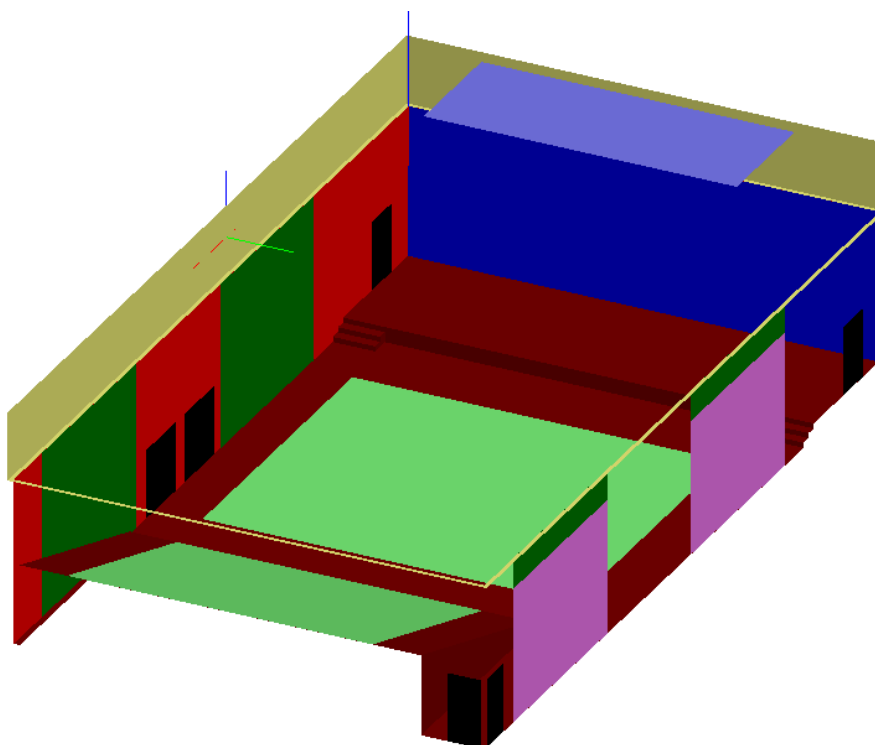


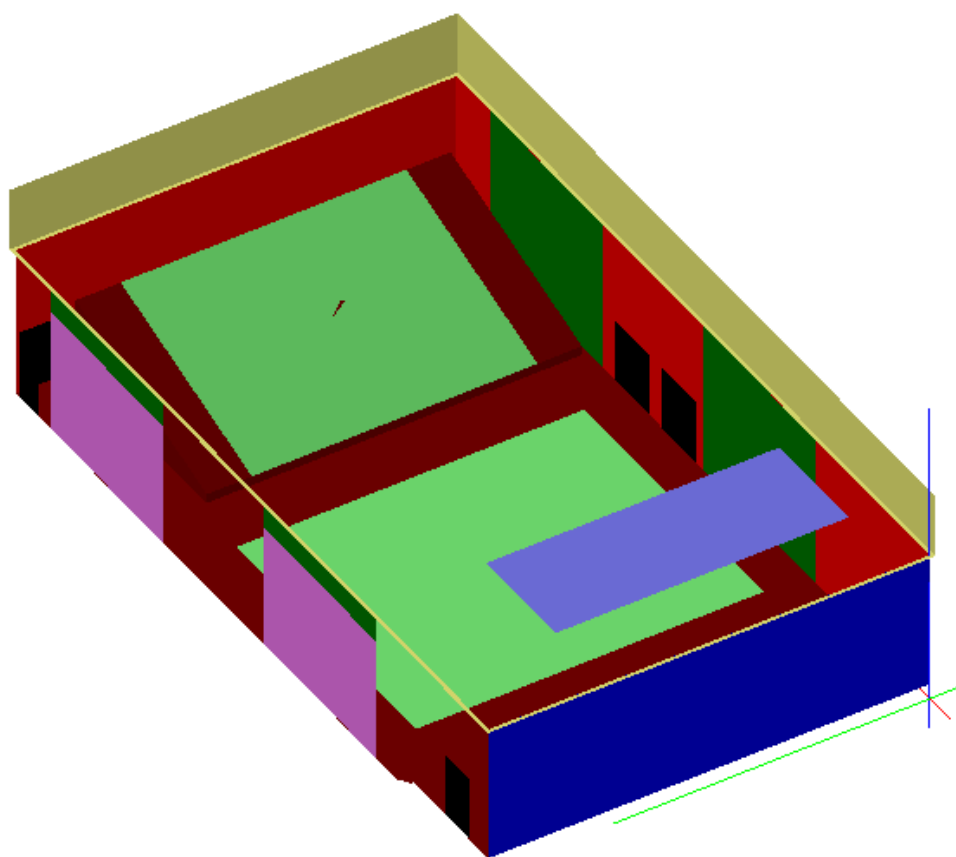
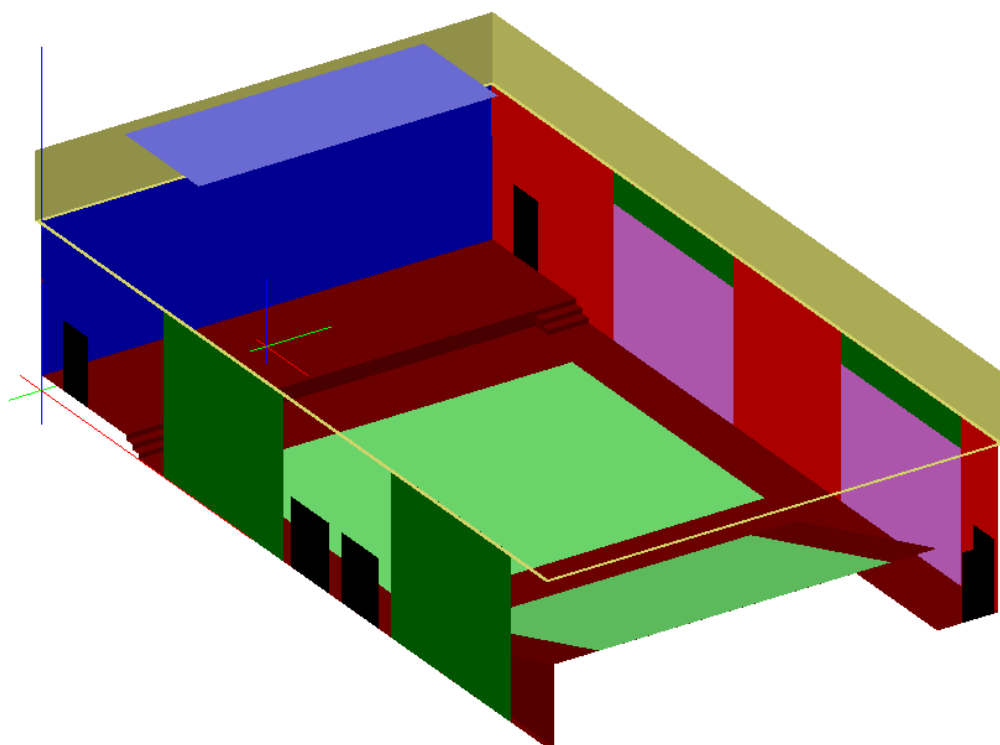
Rysunek 3 Charakterystyka pochłaniania ustroju rezonansowo-porowatego z napiętą tkaniną tekstylną

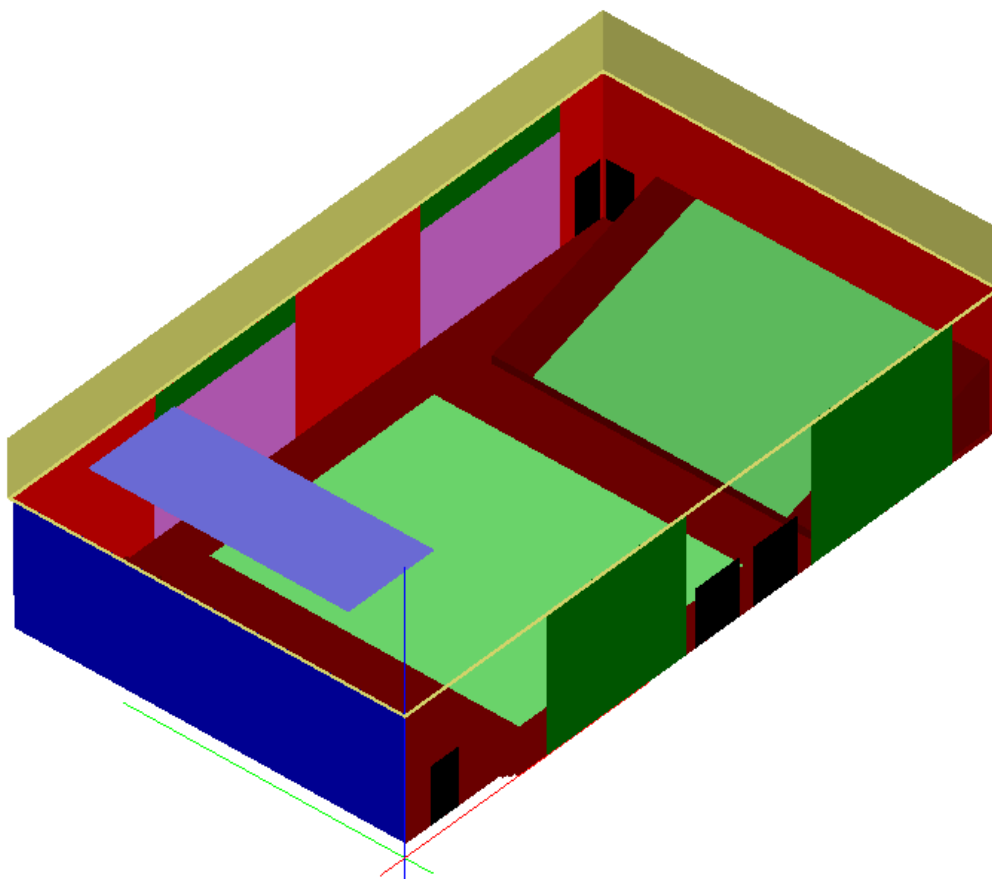
Sufit

Sufit wykonany z blachy trapezowej. Nad centralną częścią sceny projektuje się sufit pochłaniający dźwięk w szerokim zakresie częstotliwości z napiętą tkaniną tekstylną o gramaturze minimum 260 g/m².

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych przedstawiono na poniższych rysunkach:







Kolor materiału	Rodzaj materiału
	Kurtyna
	Ściana tynkowana
	Panele akustyczne perforowane szczelinowe
	Fotele
	Zasłony okienne
	Parkiet drewniany
	Ustrój akustyczny sufitowy z napiętą tkaniną tekstylną
	Drzwi
	Ustrój akustyczny rezonansowo-porowaty z napiętą tkaniną tekstylną

Dokładny rozkład materiałów akustycznych we wnętrzu Sali przedstawiony jest na rysunkach branży architektura.

4.2.3. Hol

Na holach wykonać sufity akustyczne pochłaniające dźwięk o klasie chłonności akustycznej minimum C. Rozmieszczenie sufitów zgodnie z projektem architektury.

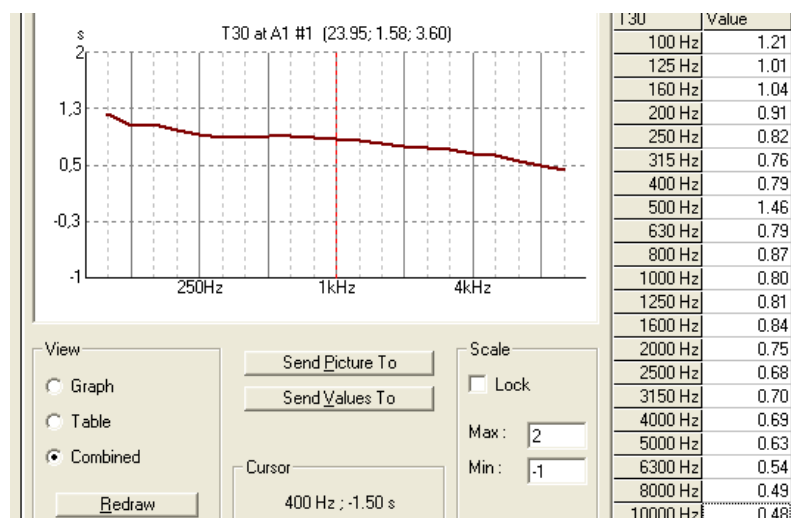
4.2.4. Reżyserka

W reżyserce wykonać sufit akustyczny pochłaniający dźwięk o klasie chłonności akustycznej minimum C. Rozmieszczenie sufitu zgodnie z projektem architektury.

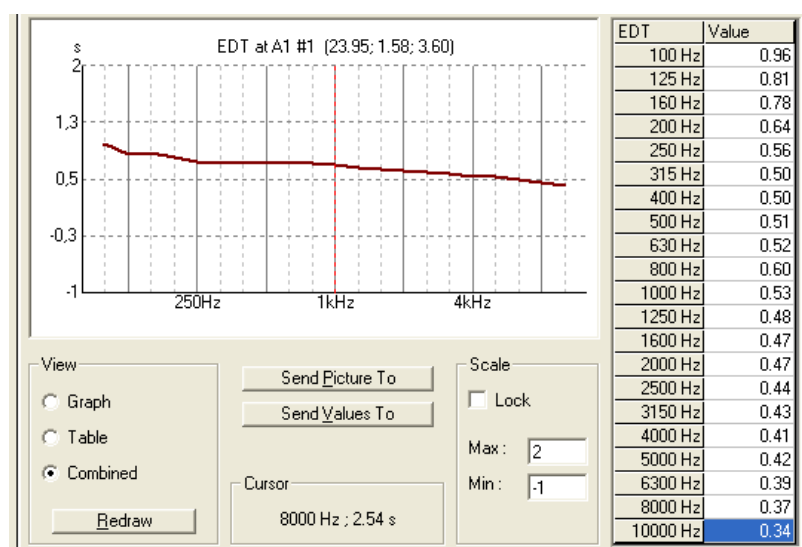
4.2.3. Sala wielofunkcyjna – symulacje akustyczne

Wykonano symulacje parametrów akustycznych:

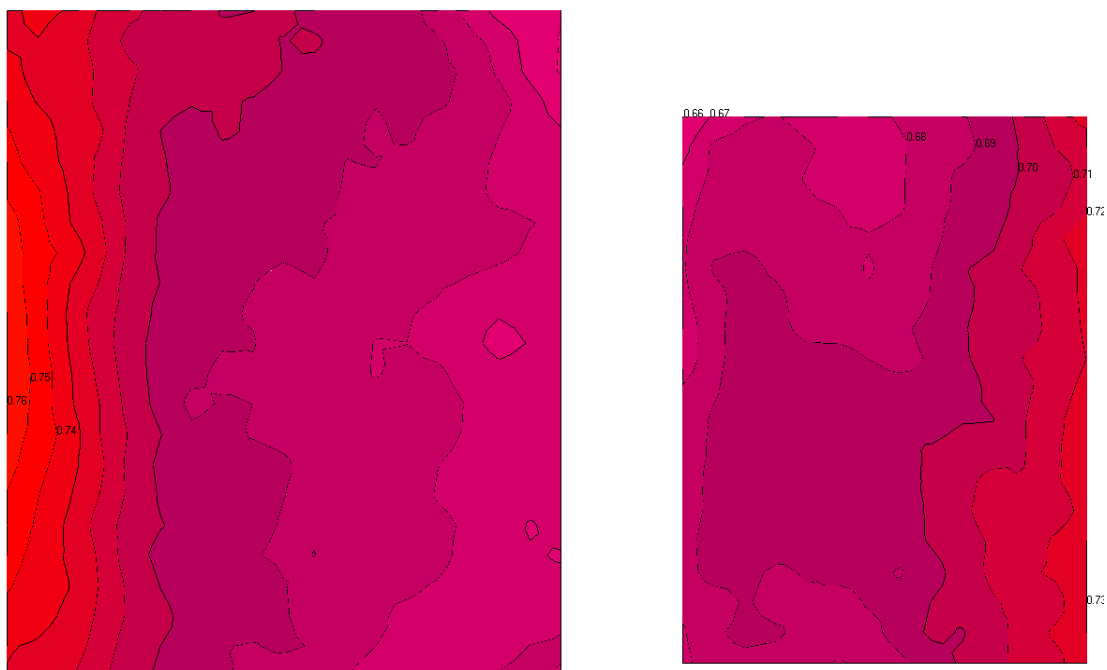
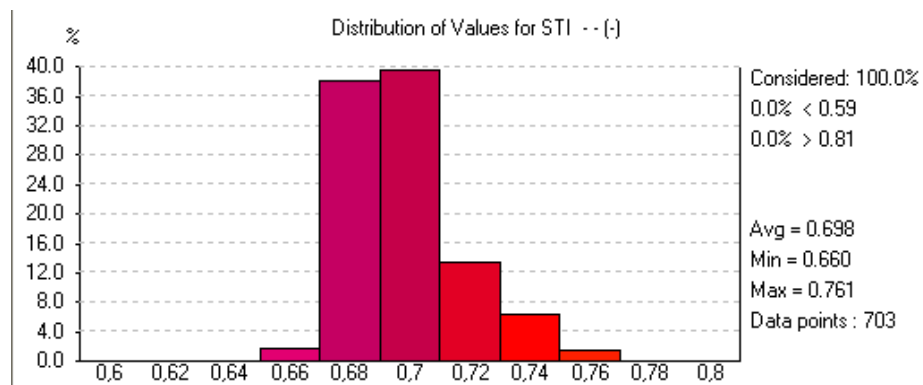
- Czas pogłosu T30
- Czas pogłosu EDT
- Wskaźnik zrozumiałości mowy STI
- Siła dźwięku



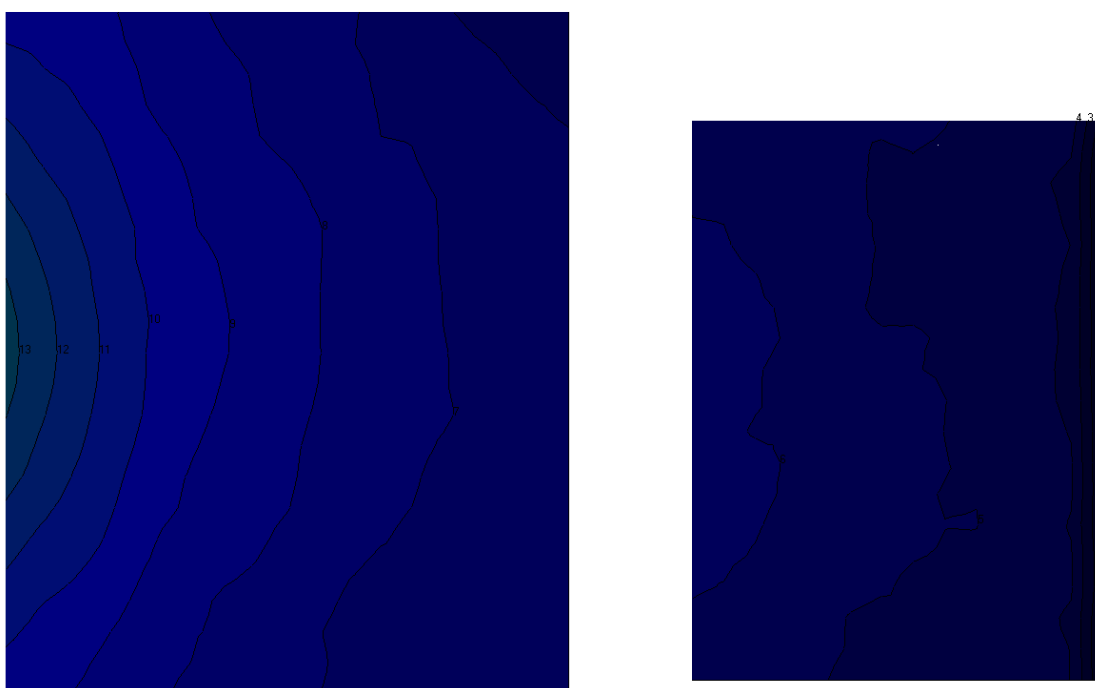
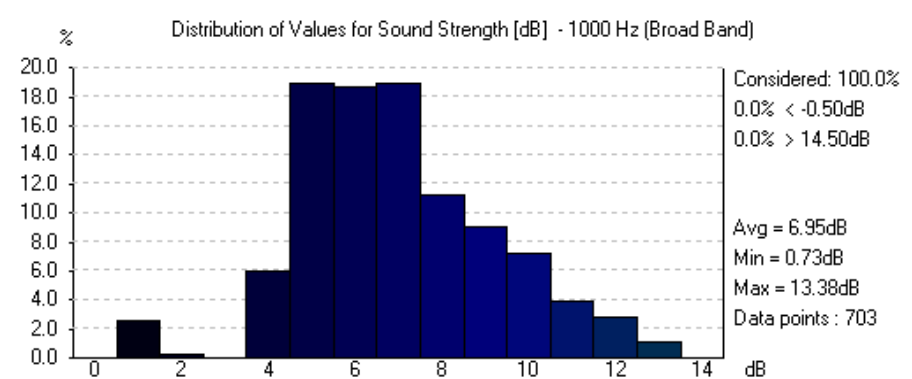
Rysunek 3 Projektowana charakterystyka czasu T30 pogłosu Sali wielofunkcyjnej



Rysunek 6 Projektowana charakterystyka czasu EDT pogłosu Sali wielofunkcyjnej



Rysunek 4 Rozkład przestrzenny wraz z dystrybucją wskaźnika zrozumiałości mowy (STI)



Rysunek 5 Rozkład przestrzenny wraz z dystrybucją wskaźnika siły dźwięku

4.2.4. Sala audiowizualna – symulacje akustyczne – wnioski

Osiągnięto zakładany czas pogłosu i wskaźnik zrozumiałości mowy

Minimalna wartość wskaźnika zrozumiałości mowy STI to 0,66 co spełnia założenia projektowe ($STI > 0,6$).

Siła dźwięku > 0 . Oznacza to odpowiednie wzmocnienie dźwięku naturalnego w porównaniu do warunków pola swobodnego (przestrzeń otwarta)