



# SONITUS

akustyka wnętrz • ochrona przeciwdźwiękowa

Sonitus Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. k.  
ul. Strachocińska 124  
51-511 Wrocław  
NIP: 8952076658

tel. 71 718 34 34  
fax 71 718 37 34  
sonitus@sonitus.pl  
www.sonitus.pl

---

**ZLECENIODAWCA:** GROUP-ARCH Sp. Z o.o. Sp. k.  
Al. Kasztanowa 14a  
53-125 Wrocław

**OBIEKT:** Budowa filii Miejskiej Biblioteki Publicznej we Wrocławiu, Brochów

**TEMAT:** Wytyczne adaptacji akustycznej filii Miejskiej Biblioteki Publicznej we Wrocławiu, Brochów

**OPRACOWAŁ:** mgr inż. Marcin Biegaj

inż. Sara Niechciał

Wrocław, kwiecień 2025 r.

## Spis treści

1	Cel i zakres opracowania .....	3
2	Podstawa opracowania .....	3
3	Opis i charakterystyka pomieszczenia.....	4
4	Wymagania parametrów akustycznych .....	6
5	Model komputerowy.....	7
6	Wytyczne adaptacji akustycznej .....	7
7	Wyniki obliczeń czasu pogłosu .....	14
8	Wnioski.....	16
9	Zalecenia .....	16



## **1 CEL I ZAKRES OPRACOWANIA**

Celem opracowania jest przedstawienie rozwiązań technicznych mających na celu zapewnienie prawidłowych warunków akustycznych powstającej sali bibliotecznej we Wrocławiu, Brochów.

Zakres pracy:

- określenie wymagań akustycznych dla sali bibliotecznej w odniesieniu do jej funkcji,
- wykonanie przestrzennego modelu pomieszczenia w programie służącym do modelowania akustyki wewnątrz na podstawie rysunków dostarczonych przez zleceniodawcę,
- opracowanie wytycznych adaptacji akustycznej pomieszczenia, dobór i lokalizacja materiałów akustycznych,
- obliczenie parametru czasu pogłosu  $T_{20}$  po uwzględnieniu proponowanych rozwiązań.

## **2 PODSTAWA OPRACOWANIA**

- [1] Aktualne rysunki architektoniczne,
- [2] Ustawa z dnia 07.07.1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz.U. 2023 poz. 689),
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity Dz.U. 2022 poz. 1225),
- [4] PN-B-02151-4:2015 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach,
- [5] Dane katalogowe producentów,



### **3 OPIS I CHARAKTERYSTYKA POMIESZCZENIA**

Projektowana sala biblioteczna jest na parterze w projektowanym budynku biblioteki we Wrocławiu, Brochów.

Pomieszczenie składa się z strefy wejściowej z recepcją, przestrzeni ekspozycji książek, przestrzeni dla dzieci i multimedialnej. Łączna powierzchnia sali wynosi ok. 270 m<sup>2</sup>.

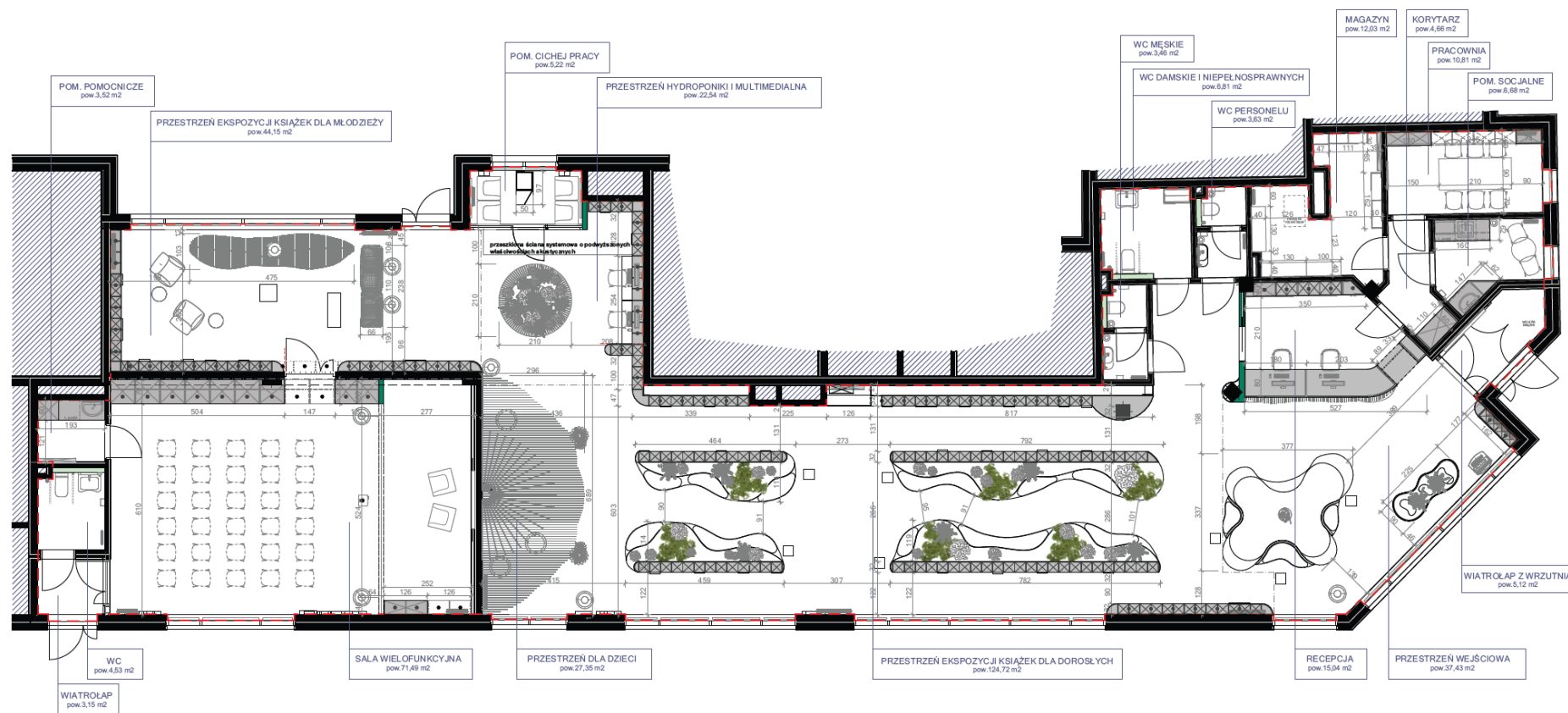
Objętość całego analizowanego pomieszczenia, obliczona na podstawie rysunków przedstawiających rzut i przekroje hali, wynosi ok. 1090 m<sup>3</sup>.

Na powierzchniach ograniczających pomieszczenie zaprojektowano:

- ściany masywne i masywne oraz słupy konstrukcyjne pokryte tynkiem
- regały książkowe oraz okładziny drewniane
- twardą posadzkę
- sufit podwieszany rastrowy w całym obszarze pomieszczenia, z elementami zieleni
- drzwi i okna, szklane i masywne
- drewniane elementy przezierne, dekoracyjne
- zieloną ścianę

Plan przedstawiono na Rys. 3.1.





Rys. 3.1 Rzut biblioteki



## 4 WYMAGANIA PARAMETRÓW AKUSTYCZNYCH

### 4.1 Czas pogłosu

Czas pogłosu jest czasem zmniejszenia poziomu ciśnienia akustycznego o 60 dB po wyłączeniu źródła dźwięku, wyrażonym w sekundach.

Zgodnie z art. 323 ust. 2 pkt 4 rozporządzenia Ministra Infrastruktury [3] wynikającego z ustawy Prawo budowlane [2], pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy chronić przed hałasem pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie. Natomiast art. 326 pkt 5 mówi, że w pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej, których funkcja związana jest z odbiorem mowy lub innych pożądaných sygnałów akustycznych, należy stosować takie rozwiązania budowlane oraz dodatkowe adaptacje akustyczne, które zapewnią uzyskanie w pomieszczeniach odpowiednich warunków określonych odrębnymi przepisami. Adaptacje akustyczne należy wykonywać z materiałów o potwierdzonych właściwościach pochłaniania dźwięku wyznaczonych zgodnie z Polską Normą określającą metodę pomiaru pochłaniania dźwięku przez elementy budowlane.

Wymagania dotyczące ograniczenia hałasu pogłosowego w pomieszczeniach użyteczności publicznej związanych z funkcją parków wodnych określa Polska Norma PN-B-02151-4 [4] za pomocą parametru dopuszczalnego czasu pogłosu  $T$  [s].

Według wytycznych zawartych w ww. normie maksymalna wartość czasu pogłosu  $T$  [s] w holach, w zależności od wysokości pomieszczenia, powinna wynosić zgodnie z tabelą poniżej.

Tabela 4.1 Wymagane dopuszczalne wartości czasu pogłosu  $T$  w pomieszczeniach hal basenowych [4]

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość pomieszczenia $V$ [m <sup>3</sup> ]	Czas pogłosu $T$ [s]
6	Czytelnie, wypożyczalnie oraz inne pomieszczenia księgozbiorów z wolnym dostępem w bibliotekach	$\leq 4$ m	$\leq 0,6$
		$> 4$ m	$\leq 0,8$

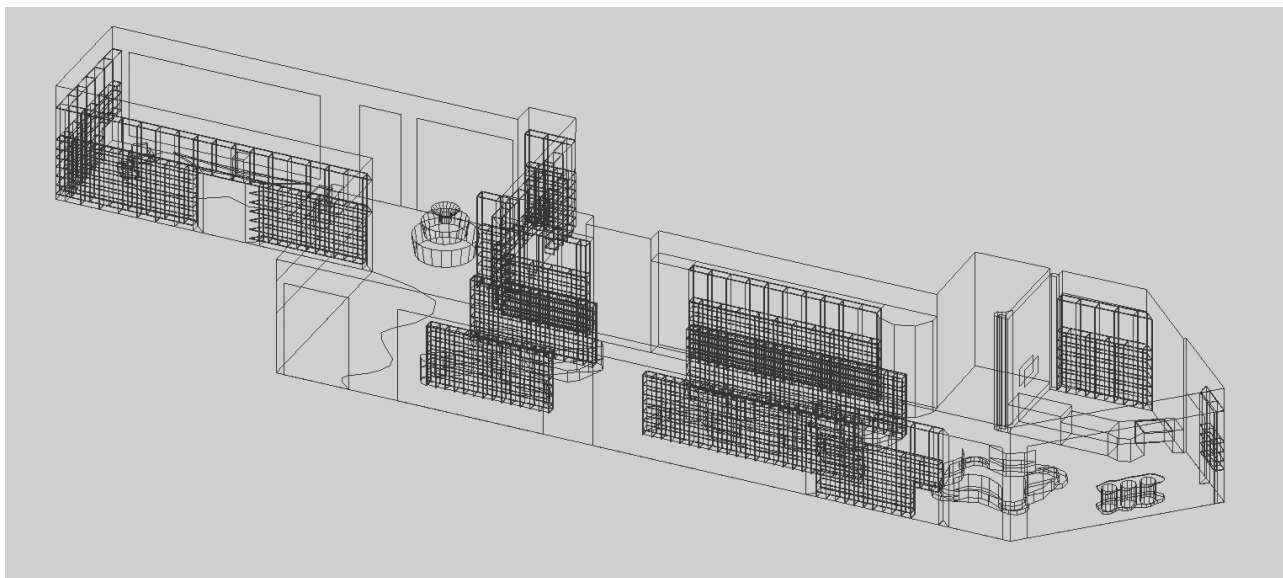
Norma określa dopuszczalne wartości czasu pogłosu w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych  $f$  wynoszących 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz. W pomieszczeniach o dużej kubaturze, w których przewiduje się zainstalowanie systemu nagłośniającego, zaleca się, aby czas pogłosu  $T$  w paśmie częstotliwości  $f=125$ Hz był zbliżony do wartości czasu pogłosu w pasmach częstotliwości  $f=500$ Hz i  $f=1000$ Hz. Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementami umeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi.

### Założenia projektowe

- Obliczona na podstawie rysunków objętość sali wynosi około  $V \approx 1090 \text{ m}^3$ ,
- Wysokość pomieszczenia wynosi 4,03 m w stanie surowym, po zabudowie  $h < 4$  m,
- Wymagana wartość dopuszczalnego czasu pogłosu dla holu o wysokości  $h < 4$  m wynosi  
 $T_{\text{wym}} \leq 0,6$  s (wg poz. 1.2 w Tabeli 4.1),
- Biorąc pod uwagę wysokość holu oraz wartości dopuszczalne normy, przyjęto, że **wymagany czas pogłosu** w analizowanym pomieszczeniu musi wynosić  $T_{\text{wym}} \leq 0,6$  s dla częstotliwości oktaowych z zakresu **250 Hz ÷ 4kHz**,

## 5 MODEL KOMPUTEROWY

W celu obliczenia parametrów akustycznych wnętrza hali basenowej wykonano model komputerowy w programie EASE (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) Version 4.2.4.37 (Acoustics, Aura, Vision). Poniżej przedstawiono widok hali basenowej w 3D stanowiący wydruk z ww. programu. Wartości współczynników pochłaniania dźwięku materiałów przyjęto wg normy [4], literatury fachowej oraz danych katalogowych producentów [6].



Rys. 5.1 Model 3D

## 6 WYTYCZNE ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ

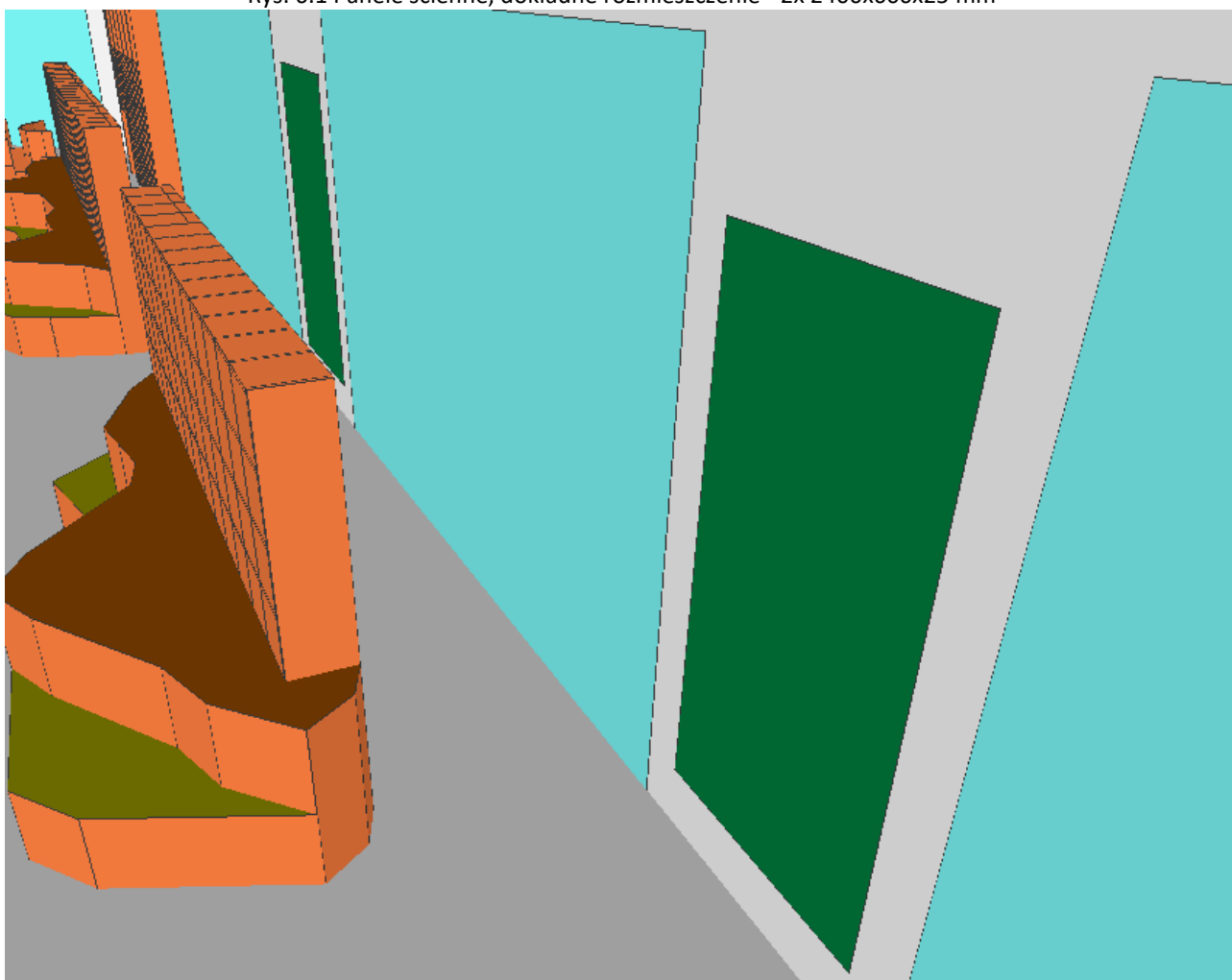
Materiały pochłaniające dźwięk zaleca się stosować na płaszczyźnie sufitu ze względu na jego dużą powierzchnię, którą można wykorzystać do adaptacji akustycznej. W celu zmniejszenia efektu tzw. trzepoczącego echa (flutter echo – wielokrotnego odbicia dźwięku od dwóch równoległych, odległych ścian) należy zastosować ustroje pochłaniające lub rozpraszające dźwięk na przynajmniej jednej z przeciwnych ścian na wysokości poniżej 3m. Poniżej adaptację sufitu wraz z panelami ściennymi.

W celu uzyskania wymaganych wartości czasu pogłosu proponuje się zastosowanie następujących rozwiązań:

- Na całej powierzchni stropu w montaż sufitu akustycznego **Ecophon Industry Modus S**, o grubości **100 mm** zamocowanych bezpośrednio do stropu, całkowita wysokość konstrukcyjna **c.w.k. 100 mm**. Całkowita powierzchnia paneli wynosi **~270 m<sup>2</sup>**, bez uwzględnienia lokalizacji wentylacji, paneli oświetleniowych, itp.
- Na powierzchni wybranych ścian bocznych, montaż paneli ściennych akustycznych **Ecophon Saga B, wariant elegant** o grubości **25 mm**, zamocowanych bezpośrednio do ściany, całkowita odległość konstrukcyjna **c.w.k. 25 mm**. Dokładne wymiary i rozmieszczenie paneli znajduje się na rysunkach 6.1-5:



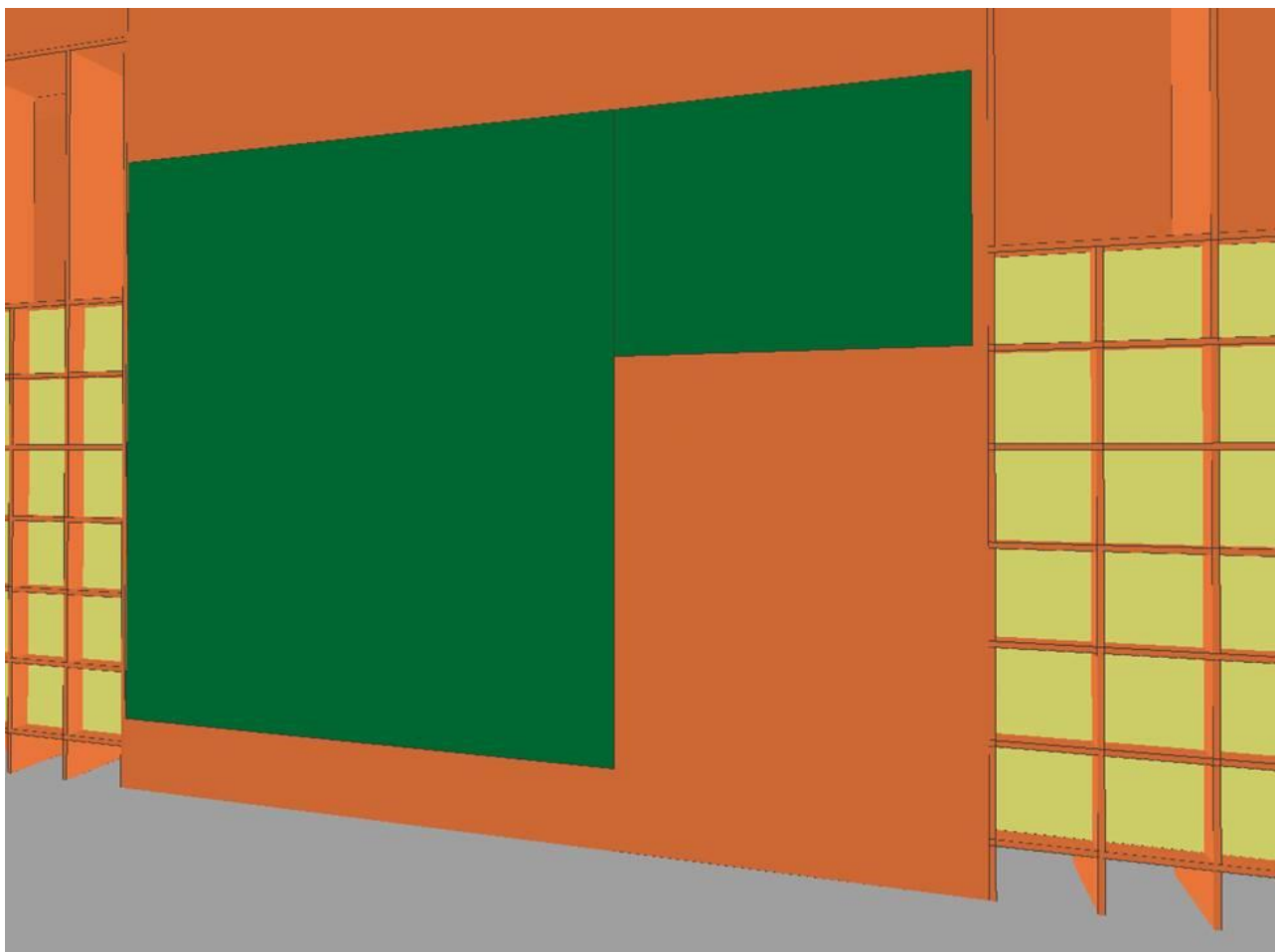
Rys. 6.1 Panele ściennie, dokładne rozmieszczenie - 2x 2400x600x25 mm



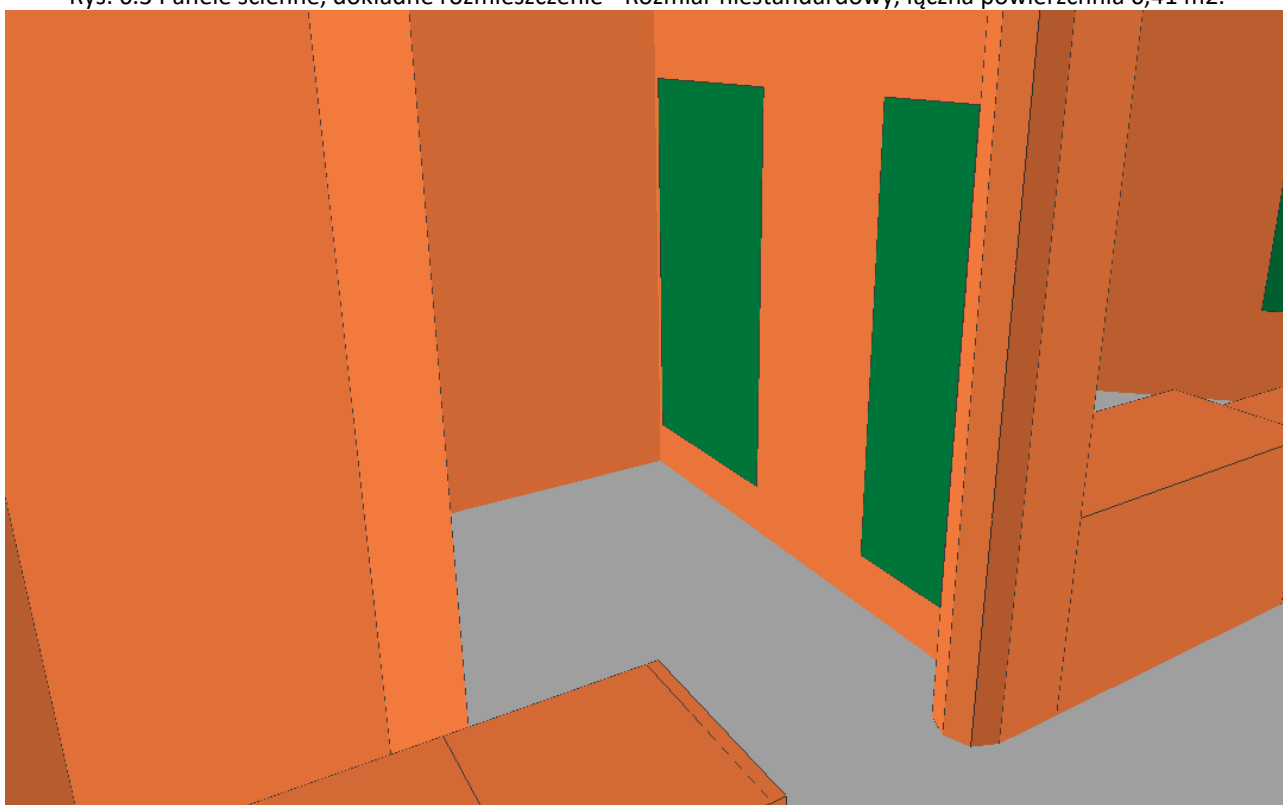
Rys. 6.2 Panele ściennie, dokładne rozmieszczenie - 2x 2400x600x25 & 2x 2400x600x25





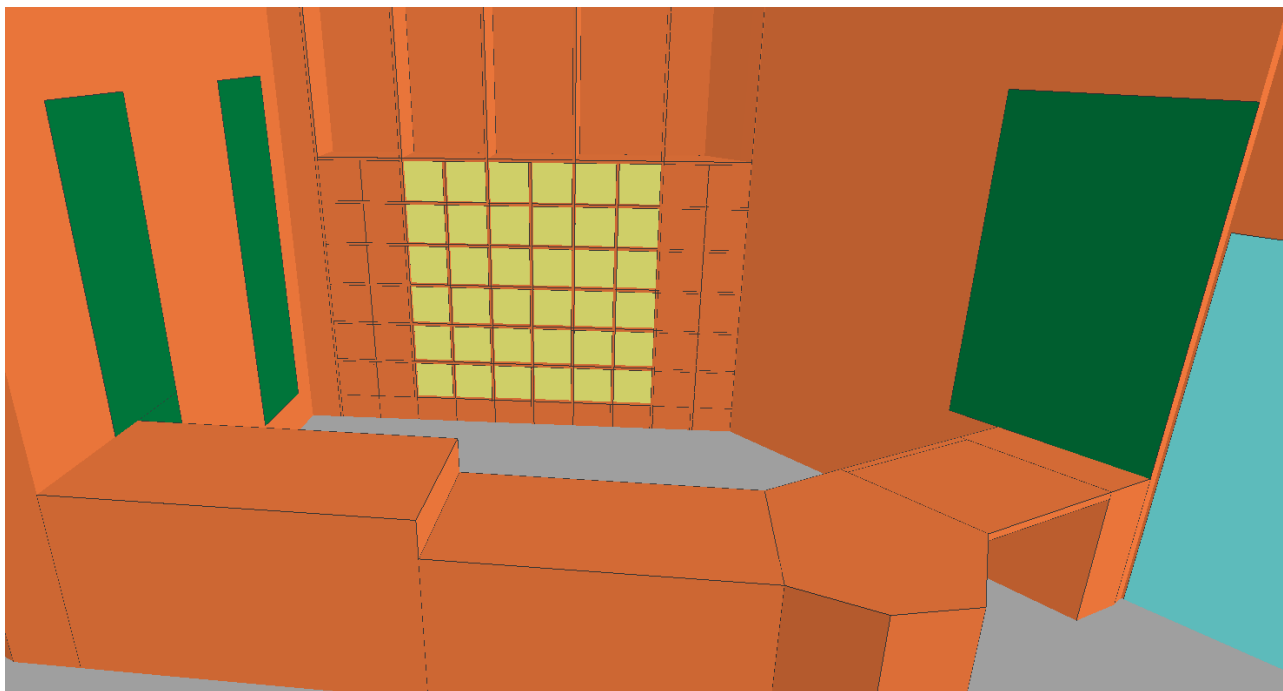


Rys. 6.3 Panele ściennie, dokładne rozmieszczenie - Rozmiar niestandardowy, łączna powierzchnia 6,41 m<sup>2</sup>.

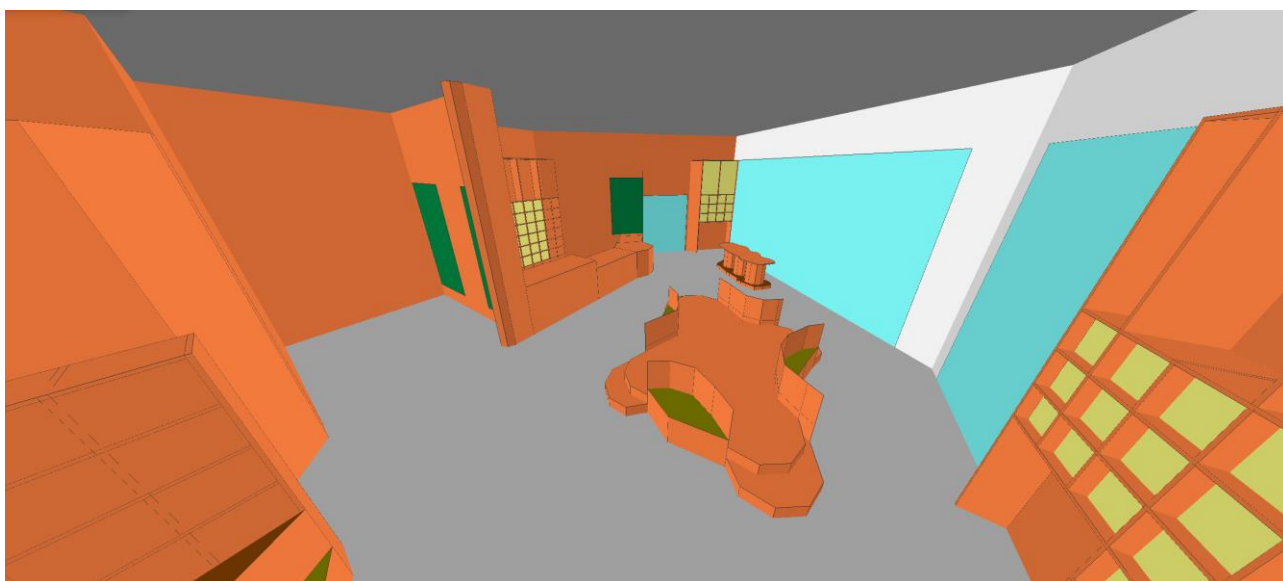


Rys. 6.4 Panele ściennie, dokładne rozmieszczenie - 2400x1200x25 mm & 2400x600x25 mm

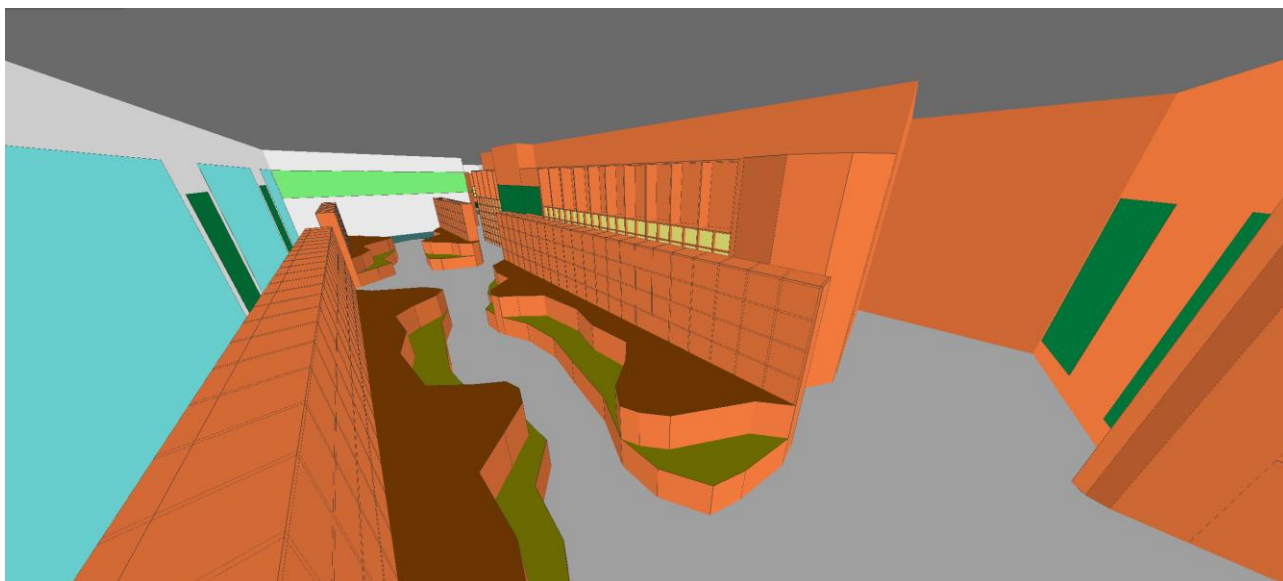




Rys. 6.5 Panele ściennie, dokładne rozmieszczenie paneli z lewej strony: 2400x600x25 mm & Rozmiar niestandardowy panele o wymiarach 2400x600x25 mm z wycięciem na umeblowanie - powierzchnia 1,3 m<sup>2</sup>. Panel z prawej strony - rozmiar niestandardowy panele o wymiarach 1100x1900, powierzchnia 2,1 m<sup>2</sup>.



Rys. 6.6 Wizualizacja



Rys. 6.7 Wizualizacja

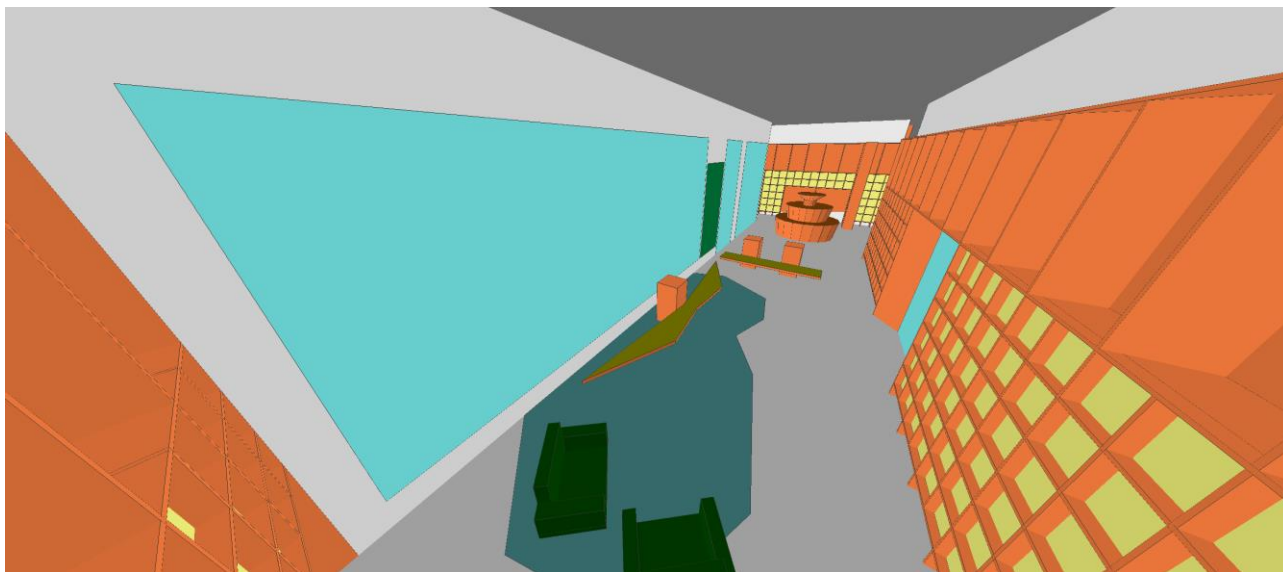


Rys. 6.8 Wizualizacja

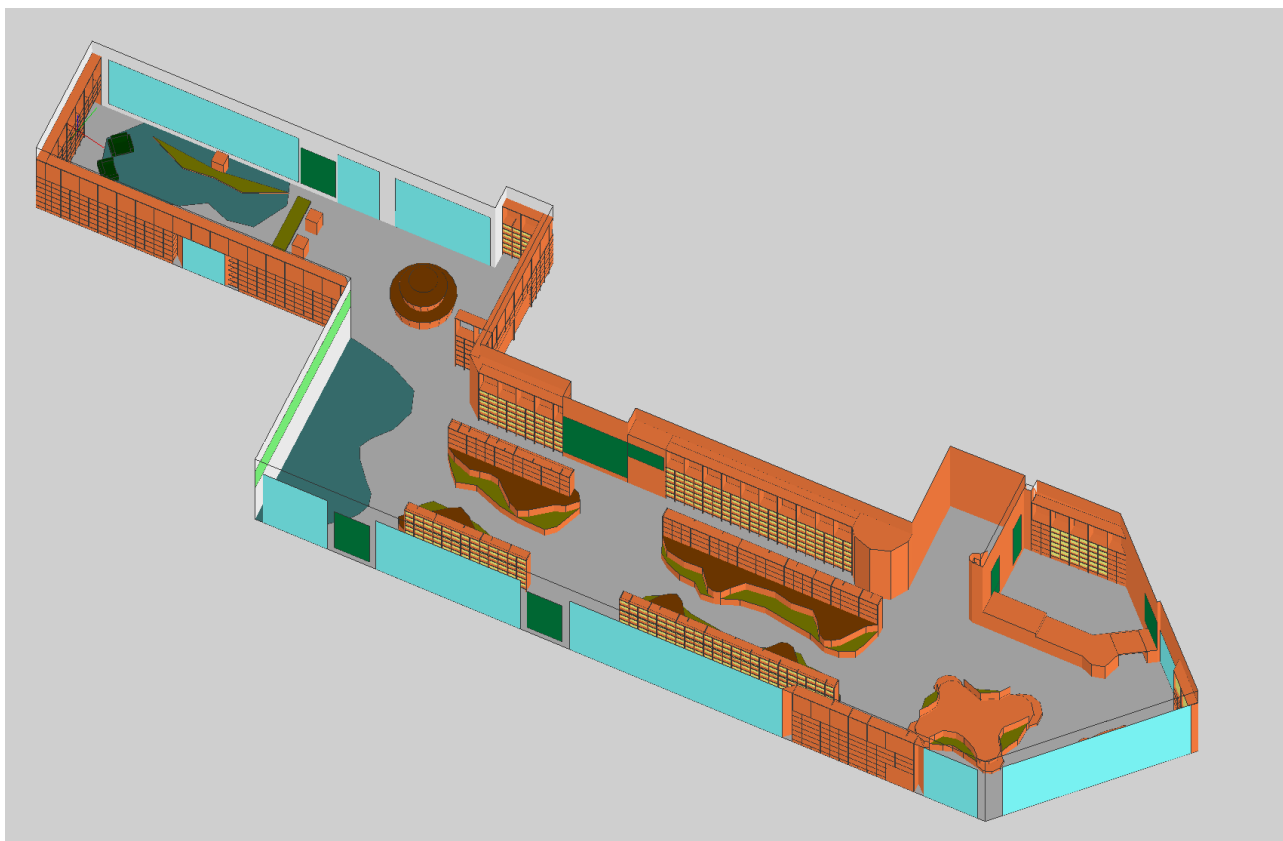


Rys. 6.9 Wizualizacja

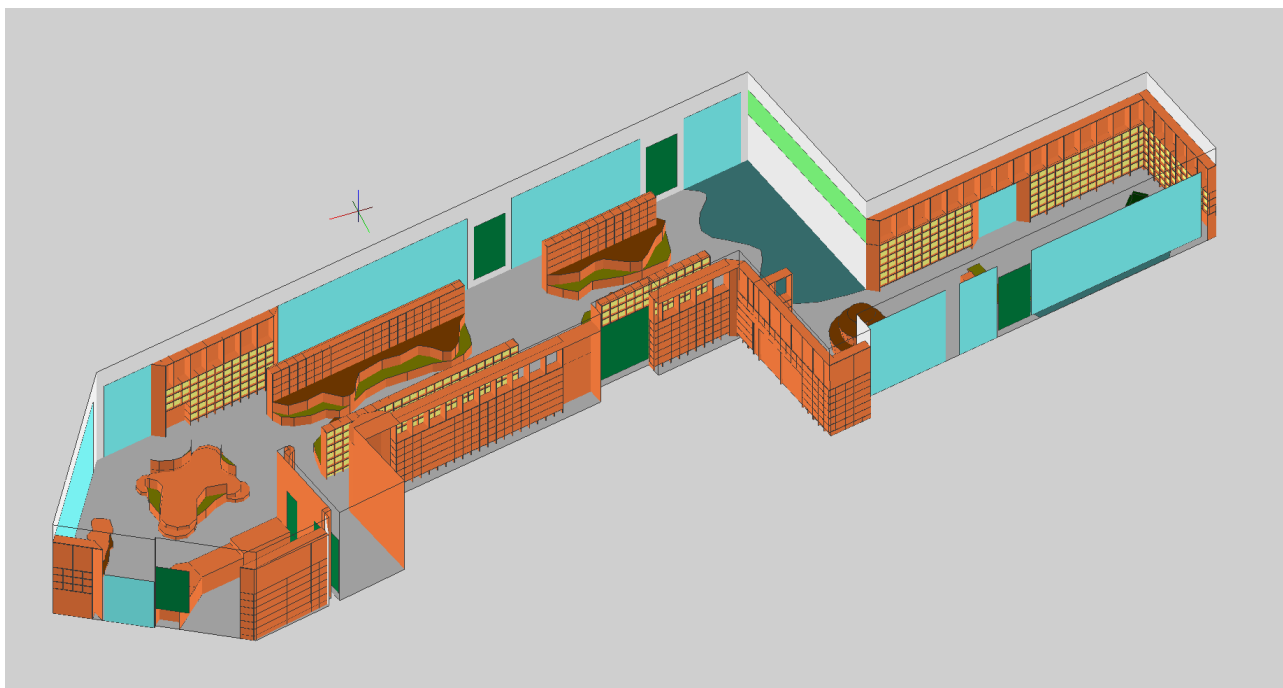




Rys. 6.10 Wizualizacja



Rys. 6.11 Wizualizacja



Rys. 6.12 Wizualizacja

Całkowita powierzchnia płyt sufitowych **Ecophon Focus SQ** wynosi ok. **270 m<sup>2</sup>**.

Całkowita powierzchnia płyt ściennych **Ecophon Akusto Wall C Akutex FT** wynosi ok. **24,2 m<sup>2</sup>**.

## Legenda:

	Sufit akustyczny <b>Ecophon Industry Modus S 100 mm</b>
	Panele ściennie akustyczne <b>Ecophon Saga B, wariant elegant 25 mm</b>
	Ściana tynkowana
	Fasada szklana / okno / witryna szklana
	Posadzka twarda
	Elementy drewniane
	Ziemia
	Siedziska
	Wypełnienie regałůw książkami
	Zieleń na ścianie
	Pufy/kanapy/krzesła o miękkim siedzisku

c.w.k. – całkowita wysokość / odległość konstrukcyjna od powierzchni stropu / ściany



**7 WYNIKI OBLICZEŃ CZASU POGŁOSU**

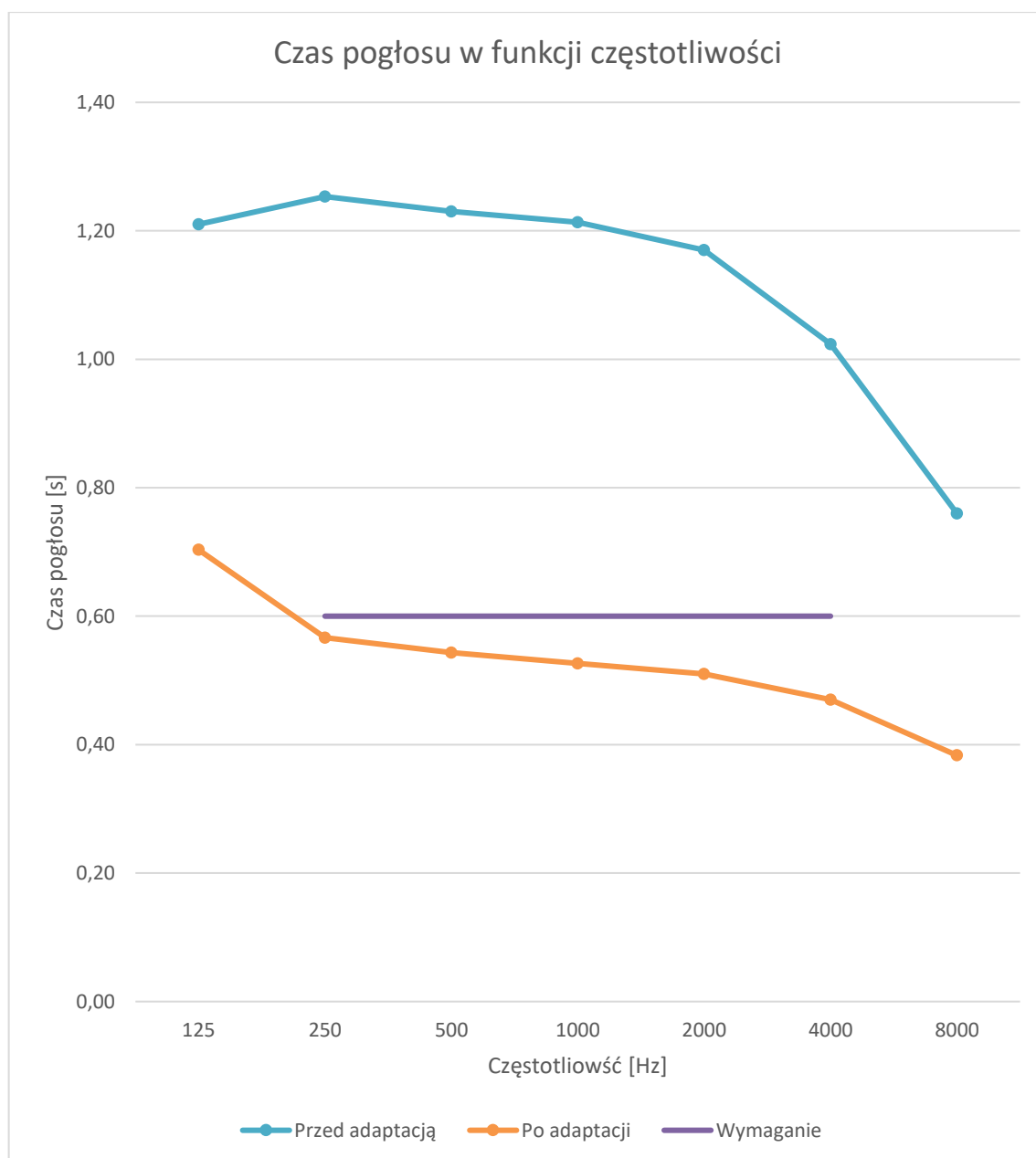
Za źródło dźwięku w modelu obliczeniowym przyjęto 5 dookólnych źródeł szerokopasmowych zlokalizowanych równomiernie na całym obszarze holu na wysokości 1,6m od poziomu posadzki. Powierzchnie obliczeniowe, dla których przeprowadzono obliczenia czasu pogłosu, wyznaczono na całym obszarze, w miejscach przebywania użytkowników na wysokości 1,2m od poziomu podłogi. Zgodnie z wymaganiami normy [4] obliczenia wykonano dla sali pustej, bez użytkowników.

Wyniki obliczeń parametru czasu pogłosu  $T_{20}$  w pasmach tercjowych i oktaowych przed i po adaptacji akustycznej sali bibliotecznej przedstawiono w tabeli i na wykresie poniżej. Uzyskane wartości odniesiono do wymagań Polskiej Normy [4].

Tabela 7.1 Wyniki obliczeń czasu pogłosu  $T_{20}$  w hali basenowej przed i po adaptacji akustycznej

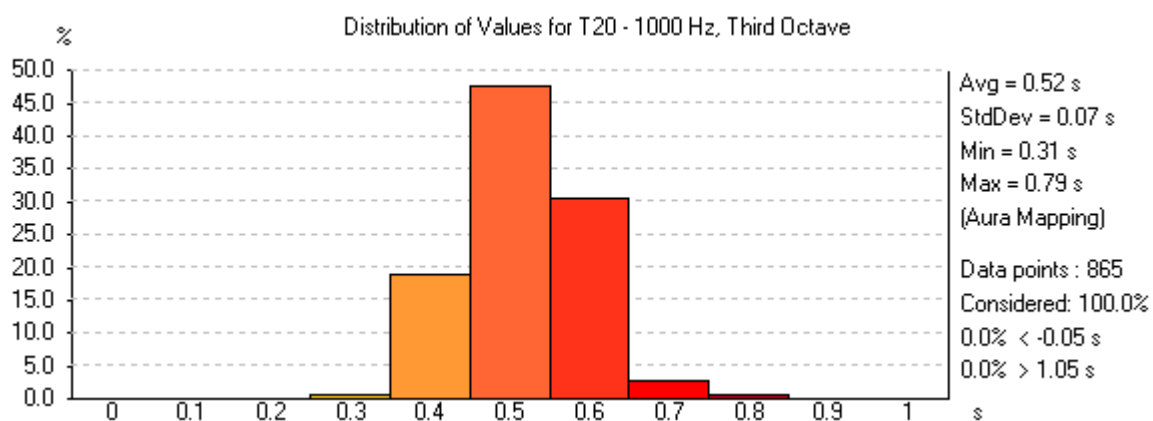
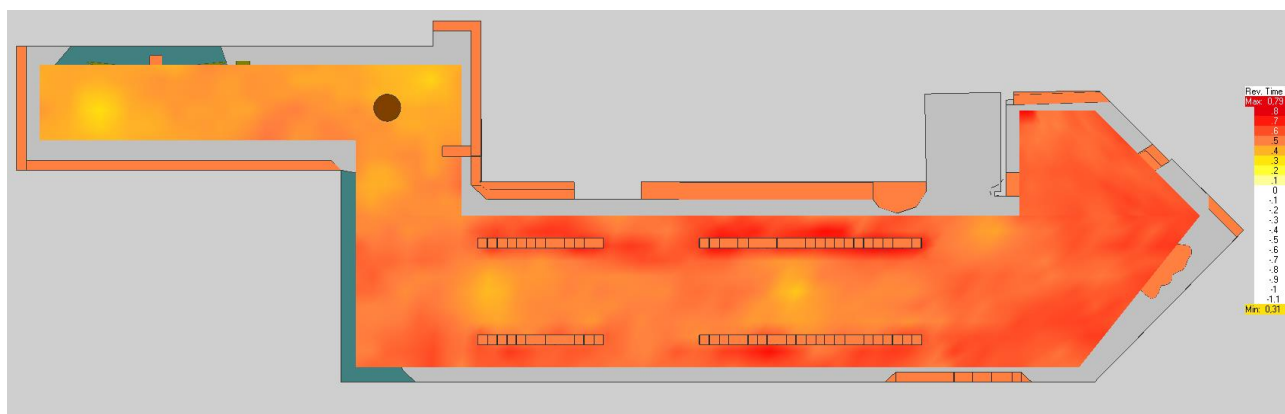
częstotliwość f [Hz]		Czas pogłosu T <sub>20</sub> [s]				
		PRZED adaptacją akustyczną		PO adaptacji akustycznej		WYMAGANIE wg PN [4]
100	125	1,21	1,21	0,83	0,70	–
125		1,2		0,69		
160		1,22		0,59		
200	250	1,25	1,25	0,59	0,57	≤ 0,6
250		1,26		0,56		
315		1,25		0,55		
400	500	1,24	1,23	0,55	0,54	≤ 0,6
500		1,23		0,54		
630		1,22		0,54		
800	1000	1,22	1,21	0,53	0,53	≤ 0,6
1000		1,22		0,52		
1250		1,2		0,53		
1600	2000	1,19	1,17	0,53	0,51	≤ 0,6
2000		1,18		0,5		
2500		1,14		0,5		
3150	4000	1,08	1,02	0,49	0,47	≤ 0,6
4000		1,02		0,47		
5000		0,97		0,45		
6300	8000	0,88	0,76	0,43	0,38	–
8000		0,77		0,38		
10000		0,63		0,34		
średni czas pogłosu 400÷1250 Hz T <sub>20 śr</sub> [s]		1,22		0,54		





Rys. 7.1 Charakterystyka czasu pogłosu w funkcji częstotliwości w holu po adaptacji akustycznej w odniesieniu do wymagań i zaleceń





Rys. 7.2 Rozkład przestrzenny i statystyczny parametru czasu pogłosu  $T_{20}$  dla częstotliwości oktaawowej 1000 Hz w holu po adaptacji akustycznej

## 8 WNIOSKI

Zastosowanie proponowanych ustrojów pochłaniających wpłynie na znaczną poprawę warunków akustycznych panujących w projektowanym holu wejściowym.

Wyznaczona charakterystyka czasu pogłosu we wszystkich rozpatrywanych pasmach częstotliwości oktaawowych **250Hz ÷ 4kHz** mieści się poniżej dopuszczanej wartości  $T_{wym} \leq 0,6$  s, tym samym spełnia wymaganą wartość czasu pogłosu określoną w Polskiej Normie [4].

## 9 ZALECENIA

Ze względu na duże znaczenie jakości wykonywanych prac budowlanych, jak również z uwagi na niedoskonałości modelu obliczeniowego, zaleca się, aby po realizacji adaptacji akustycznej, wykonać pomiary czasu pogłosu sali. Pozwoli to na zweryfikowanie uzyskanych wyników i ewentualne wprowadzenie korekt do wytycznych.