

OPRACOWANIE nr PS-01/2016

## Wytyczne akustyczne dla hali sportowej

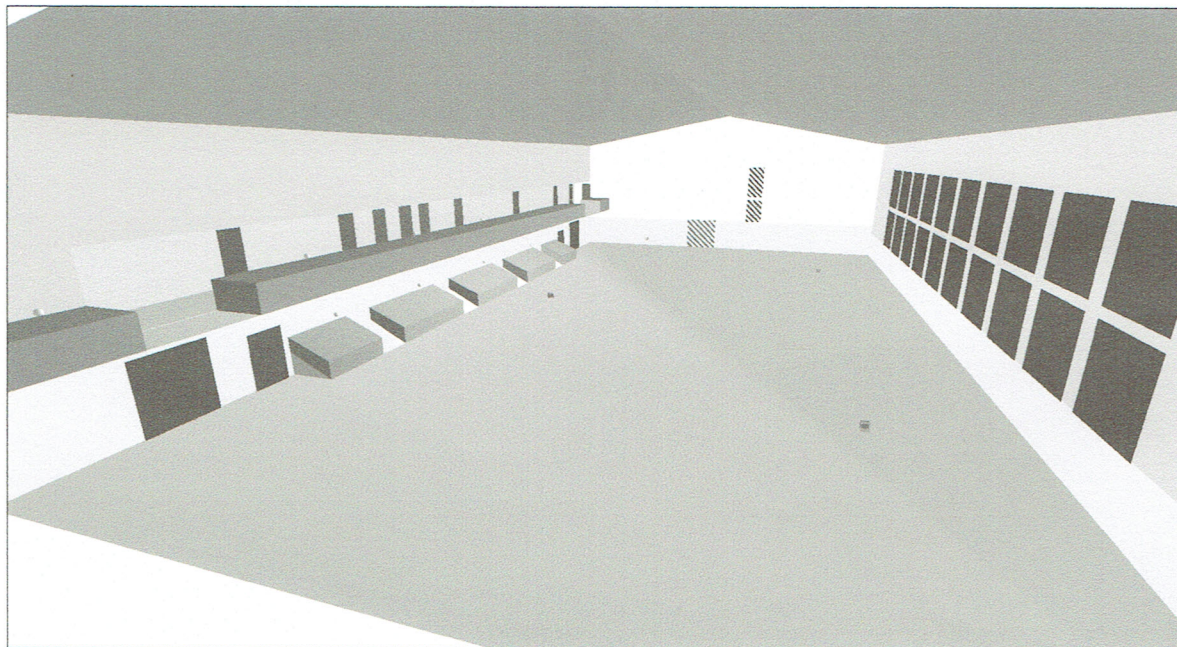
### Zleceniodawca:

Gmina Cegłów

Ul. T. Kościuszki 4; 05-319 Cegłów

### Umowa:

Nr IZP.7013.31.2016 z dnia 28 czerwca 2016



Częstochowa, czerwiec 2016

## Spis treści

Spis treści .....	2
1 Wstęp.....	3
1.1 Przedmiot i zakres opracowania.....	3
1.2 Podstawa opracowania.....	3
2 Opis pomieszczenia.....	4
3 Założenia akustyczne.....	6
4 Modelowanie komputerowe akustyki wnętrza .....	7
4.1 Rozmieszczenie materiałów dla proponowanej adaptacji akustycznej .....	7
4.2 Opis i właściwości zastosowanych materiałów .....	8
4.3 Parametry symulacji:.....	11
4.4 Wyniki symulacji.....	12
5 Kontrola poprawności wykonanych prac .....	13
6 Podsumowanie i wnioski .....	15

# 1 Wstęp

## 1.1 Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem pracy było sformułowanie wytycznych akustycznych dla inwestycji „Rozbudowa szkoły polegająca na budowie hali sportowej wraz z łącznikiem i klatką schodową oraz utwardzenie terenu i budową miejsc parkingowych” w gminie Ceglów.

Praca obejmowała:

- Określenie wymagań akustycznych przestrzeni o podanych funkcjach w oparciu o zalecenia literaturowe oraz ustalenia z Zleceniodawcą,
- Wykonanie modelu komputerowego przestrzeni,
- Symulację parametrów akustycznych,
- Dobór ustrojów i materiałów dźwiękochłonnych na podstawie wyników symulacji,
- Schemat rozmieszczenia materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych wraz ze wskazaniem sposobu ich wykonania i mocowania,
- Określenie procedury weryfikującej poprawność wykonanych prac

## 1.2 Podstawa opracowania

- a) Oferta PS/O/03/2016.
- b) Umowa nr IZP.7013.31.2016 z dnia 28 czerwca 2016 oraz uzgodnienia ze Zleceniodawcą.
- c) Dokumentacja sali w postaci plików PDF, zawierających przekroje, rzuty oraz widoki pomieszczenia.
- d) Literatura przedmiotu:

- [1] PN-EN ISO 3382-2:2010 - Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń - Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach.

## 2 Opis pomieszczenia

**Nazwa** Hala sportowa.

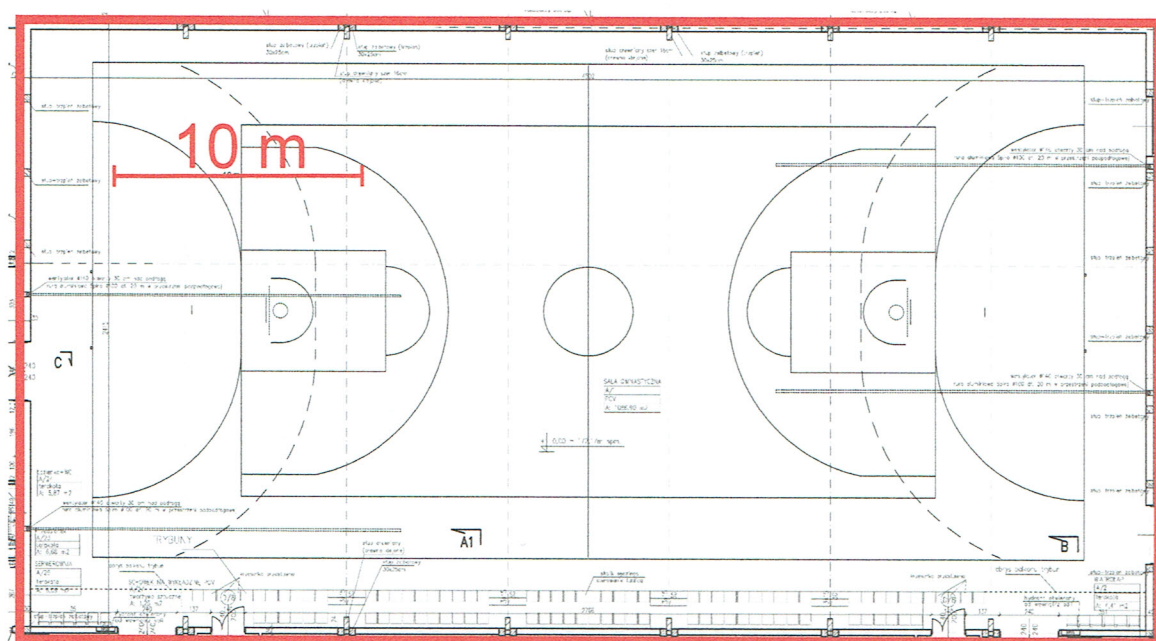
**Lokalizacja** Obiekt usytuowany jest przy Zespole Szkolnym w Cegłowie, ul. Poprzeczna 27, 05-319 Cegłów woj. Mazowieckie.

**Kształt** Przestrzeń w kształcie prostopadłościanu. Na jednej ścianie, na dwóch kondygnacjach znajduje się widownia. Na parterze podzielona na 5 sektorów, na balkonie podzielona na 3 sektory. Trybuny na parterze z przewyżką, na balkonie bez przewyżki.

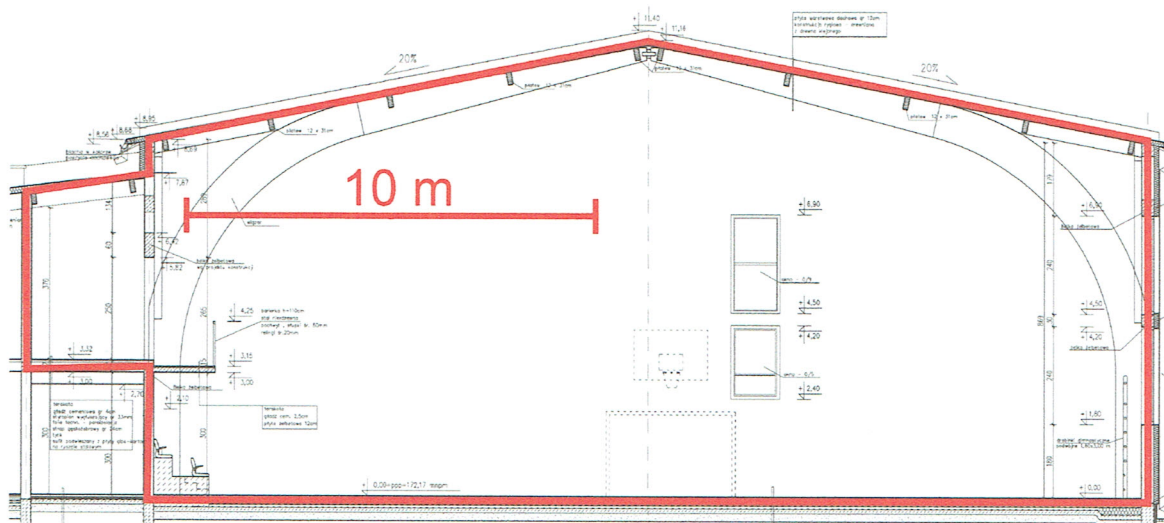
Całość przykryta dwuspadowym dachem.

**Objętość** Całość ok. 11 200 m<sup>3</sup>.

**Przybliżone wymiary** 45 x 27 x 11 m.



Rysunek 1. Rzut parteru. W górnym lewym rogu na czerwono przedstawiono skalę.



Rysunek 2. Przekrój przestrzeni. W górnym lewym rogu na czerwono przedstawiono skalę.

**Ilość miejsc dla publiczności** 83 stałych miejsc na trybunach na parterze, 121 miejsc na przestawnych krzesłkach na balkonie.

- Opis miejsc dla publiczności**
- Miejsca dla widzów umieszczone na dwóch poziomach
  - Na parterze widownia znajduje się w pięciu sektorach na widowni z przewyżką, linia rzędów prosta, bez zakrzywienia.
  - Miejsca siedzące na balkonie w trzech sektorach, bez przewyżki, prosta linia rzędów.

### 3 Założenia akustyczne

Dla projektowanej przestrzeni literatura nie precyzuje zalecanych wymaganych parametrów akustycznych ze względu na jego funkcję jak i kubaturę.

Podstawowym zadaniem jest ograniczenie hałasu pogłosowego i takie usytuowanie materiałów akustycznych, aby minimalizować możliwość powstania wad akustycznych.

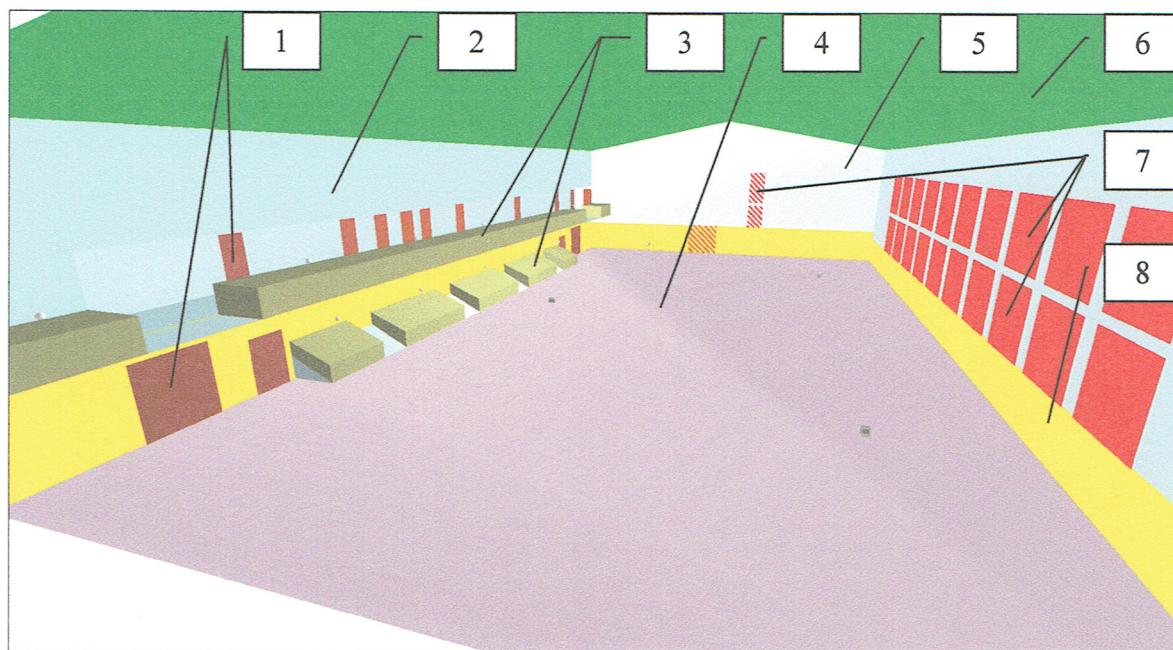
Z tego powodu dla tego wnętrza przyjęto następujące założenia:

- zadaszenie pokryć materiałem silnie tłumiącym odbicia dźwięku o wysokim współczynniku pochłaniania także w niskich częstotliwościach,
- Okna zasłonić materiałem wyciemniającym, posiadającym dodatkowo właściwości akustyczne,
- Na ścianach, po obwodzie sali umieścić ustrój akustyczny o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku.

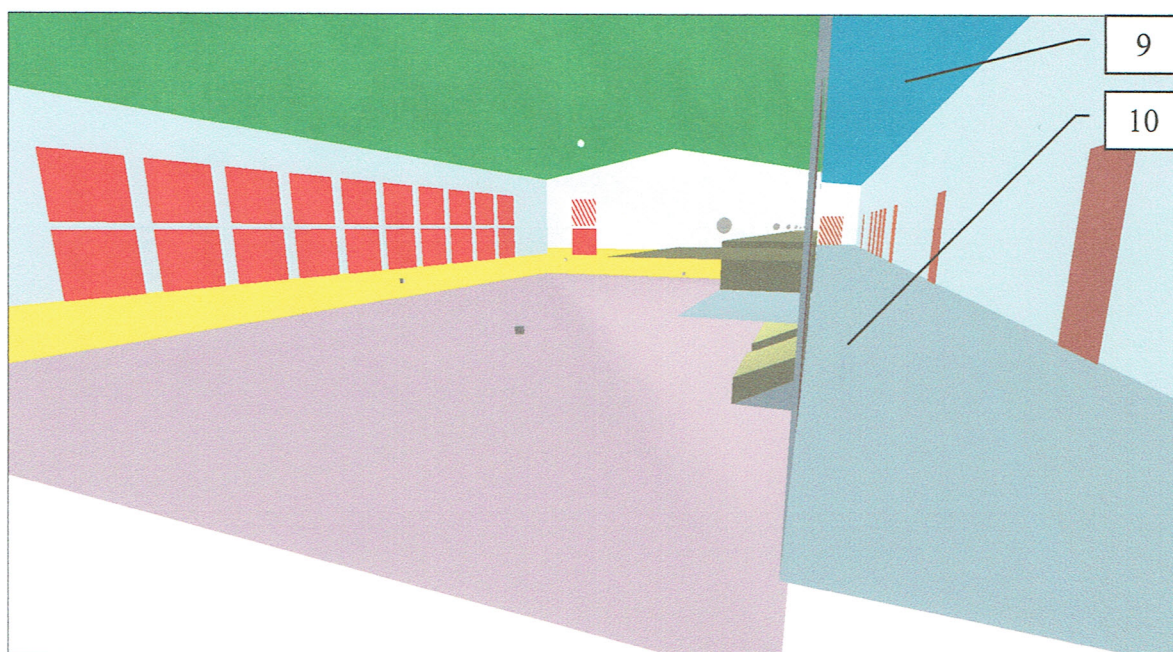
## 4 Modelowanie komputerowe akustyki wnętrza

### 4.1 Rozmieszczenie materiałów dla proponowanej adaptacji akustycznej

Kolory użyte na poniższych rysunkach nie są wskaźnikiem kolorów lecz parametrów akustycznych danej powierzchni.



Rysunek 3. Rozmieszczenie materiałów w przestrzeni, opis w tekście.



Rysunek 4. Rozmieszczenie materiałów w pomieszczeniu, opis w tekście.

## 4.2 Opis i właściwości zastosowanych materiałów

Tabela 1 Zestawienie wykorzystanych materiałów

Oznaczenie powierzchni	Opis adaptacji powierzchni
1	Drzwi
2	Tynk na ścianie
3	Widownia siedząca na twardych krzeselkach
4	Powierzchnia sportowa na konstrukcji drewnianej
5	<p>Ścienny ustrój akustyczny o klasie odporności na uderzenia 1A według PN-EN-13964, o praktycznym współczynniku pochłaniania dźwięku dla pasm 125 Hz i 250 Hz minimum 0,50 i wskaźniku pochłaniania dźwięku minimum 0,35. Ustrojem pokryć krótsze ściany hali od wysokości 2,4 m do sufitu.</p> <p>Przykładowe rozwiązanie to okładzina ścienna z perforowanych płyt gipsowo-kartonowych mocowanych na profilach CD 60 i uchwytach elastycznych lub ES. Perforacja 6% powierzchni płyty, otworami kwadratowymi o boku 12 mm w rozstawie 19,5 mm. Płyty podklejone od tyłu białą włókniną akustyczną. Malowanie wyłącznie mocno odsączonym wałkiem (zabronione malowanie natryskowe). Całkowita wysokość konstrukcyjna 50 mm. Przestrzeń za płytami wypełniona wełną o gęstości minimum 50 kg/m<sup>3</sup>. Szczegółowe rozwiązania w oparciu o wymogi dostawcy rozwiązania.</p> <p>Brak konieczności malowania i tynkowania ściany znajdującej się za tym ustrojem.</p>
6	<p>Cały sufit nad halą pokryć podwieszanym sufitem akustycznym posiadającym klasę pochłaniania dźwięku A i praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku dla pasma 125 Hz minimum 0,50. Rozwiązanie o klasie odporności na uderzenia 1A według PN-EN-13964. Dopuszcza się montaż pomiędzy płytami.</p> <p>Przykładowe rozwiązanie to akustyczny sufit podwieszany - składający się z płyt wypełniających z prasowanej wełny kamiennej bez dodatków organicznych, kolor RAL 9003 (biały), w module 1200 mm x 600 mm, grubość 40 mm, krawędzi A24 (prostej), o fakturze z grubej plecionki o wysokiej odporności mechanicznej zabezpieczonej od tyłu welonem szklanym, malowanymi krawędziami bocznymi, płyty stabilne wymiarowo o odporności do 100% wilgotności względnej. Układ płyt wraz z konstrukcją nośną przebadany pod kątem odporności na uderzenia zgodnie z PN-EN-13964 – klasa 1A. Całkowita wysokość konstrukcyjna 225 mm. Szczegółowe rozwiązania w oparciu o wymogi dostawcy rozwiązania.</p>
7	<p>Okna zasłonięte roletami o klasie pochłaniania dźwięku minimum D i praktycznym współczynniku pochłaniania dźwięku dla pasma 125 Hz minimum 0,10. Rolety ze zdolnością do zaciemniania pomieszczenia. Dopuszcza się zasłanianie jedną roletą dwóch okien w pionie. Rolety wyposażone w napęd elektryczny zdalnie sterowany. Możliwość całkowitego automatycznego rozwinięcia i zwinięcia rolet.</p> <p>System zasuwania zasłon ma być sterowany z sali głównej z podziałem na 4 części, system zasilania elektrycznego ma być poprowadzony ze skrzynki głównej w serwerowni. W serwerowni należy umieścić sterowanie logiczne i zabezpieczające ten system, przewody zasilające umieścić pod tynkiem. Proponuje się wykorzystanie tras zbliżonych do tras elektrycznych prowadzonych do zasilania przesuwu kurtyn dzielących salę. Szacowane zużycie okablowania około 200 mb. Szczegółowe rozwiązania w oparciu o wymogi</p>



	dostawcy automatyki dla zasłon.
8	<p>Ścienny ustrój akustyczny o klasie odporności na uderzenia 1A według PN-EN-13964, posiadający klasę pochłaniania dźwięku A i praktycznym współczynnikiem pochłaniania dźwięku dla pasma 125 Hz minimum 0,60. Ustrojem pokryć poziomy pas od poziomu podłogi do wysokości 2,4 m na całym obwodzie sali. Ściana za widownią na parterze pokryta do wysokości balkonu.</p> <p>Przykładowe rozwiązanie to płyty z prasowanej wełny kamiennej bez dodatków organicznych, kolor RAL 9003 (biały), w module 1200x600mm, grubość 40mm, krawędzi A24 (prostej), o fakturze z grubej plecionki o wysokiej odporności mechanicznej zabezpieczonej od tyłu welonem szklanym, malowanymi krawędziami bocznymi, płyty stabilne wymiarowo o odporności do 100% wilgotności względnej. Zamontowane na dodatkowej warstwie wełny o gęstości około 100 kg/m<sup>3</sup> i grubości minimum 5 cm, na podkonstrukcji z profili CD/UD na uchwytach bezpośrednich ES o całkowitej wysokości konstrukcyjnej minimum 10 cm. Szczegółowe rozwiązania w oparciu o wymogi dostawcy rozwiązania.</p> <p>Brak konieczności malowania i tynkowania ściany znajdującej się za tym ustrojem.</p>
9	<p>Sufit nad korytarzem na pierwszym piętrze, otwartym na halę, pokryć podwieszanym sufitem akustycznym posiadającym klasę pochłaniania dźwięku A i praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku dla pasma 125 Hz minimum 0,50.</p> <p>Przykładowe rozwiązanie to płyty z prasowanej wełny kamiennej bez dodatków organicznych w module 1200 mm x 600 mm, grubości 15 mm. Podwieszane na konstrukcji nośnej z profili T24 o całkowitej wysokości konstrukcyjnej 200 mm. Reakcja na ogień zgodnie z EN 13501-1 – Euro klasa A1. odporność na zginanie - Klasa 1/C/0N, odporność do 100% wilgotności względnej, pełna stabilność wymiarowa, współczynnik odbicia światła minimum 85%. Szczegółowe rozwiązania w oparciu o wymogi dostawcy rozwiązania.</p>
10	Terakota

Współczynniki pochłaniania dźwięku przyjęte do analiz przedstawia tabela 2.

Tabela 2 Wartości współczynników pochłaniania dźwięku przyjętych w modelu obliczeniowym. Na podstawie literatury, kart produktów dostarczonych przez producentów i opisu w poprzedniej tabeli.

Material	Przybliżone pole powierzchni [m <sup>2</sup> ]	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
1 – drzwi	57	0,14	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06
2 – tynk	716	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08
3 – widownia	106,6	0,12	0,19	0,38	0,41	0,49	0,50
4 – podłoga sportowa	1041	0,15	0,12	0,11	0,10	0,07	0,08
5 – ustrój 1	341 *	0,50	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30
6 – ustrój 2	1106 *	0,50	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00

7 – rolety	142 *	0,10	0,20	0,60	0,85	0,80	0,85
8 – ustrój 3	275 *	0,60	0,90	1,00	0,95	0,90	0,90
9 – ustrój 4	123 *	0,50	0,80	1,00	0,90	0,95	0,85
10 – terakota	136	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08

Jako wartości przedmiarowe z powyższej tabeli należy uwzględnić wyłącznie pola powierzchni dla rozwiązań akustycznych (zaznaczonych \* ). Należy mieć na uwadze, że wartości rzeczywiste mogą różnić się  $\pm 15\%$  ze względu na uproszczenia modelu komputerowego.

Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku przedstawione w powyższej tabeli określają minimalne właściwości dźwiękochłonne materiałów. Dopuszcza się stosowanie materiałów o wyższych wartościach praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku, w szczególności dla niskich częstotliwości.

### 4.3 Parametry symulacji:

**Oprogramowanie:** CATT-Acoustic v9.0c

Licencja dla ProperSound Marcin Zastawnik

**Model obliczeniowy:** Do obliczeń zastosowano drugi model predykcji. Jest to wynikiem analizowania przestrzeni, zawierającej nierównomiernie rozłożone powierzchnie dźwiękochłonne. Uwzględniono pochłanianie dźwięku przez powietrze.

Liczba promieni emitowanych z każdego źródła:  
9 597 200.

Czas śledzenia promieni: 2000 ms.

**Ilość źródeł:** 4

**Lokalizacja źródeł:** Źródła zasymulowano w miejscu ich normalnej lokalizacji, tzn. na powierzchni parkietu, na wysokości 1,5 m ponad jego powierzchnią.

**Parametry źródeł:** Do analizy przyjęto wszechkierunkowe źródła dźwięku.

Widmo generowanego sygnału odpowiada widmu szumu białego o poziomie ciśnienia akustycznego 94 dB, dla częstotliwości 1 kHz, w odległości 1 m od źródła.

**Ilość odbiorników:** 12

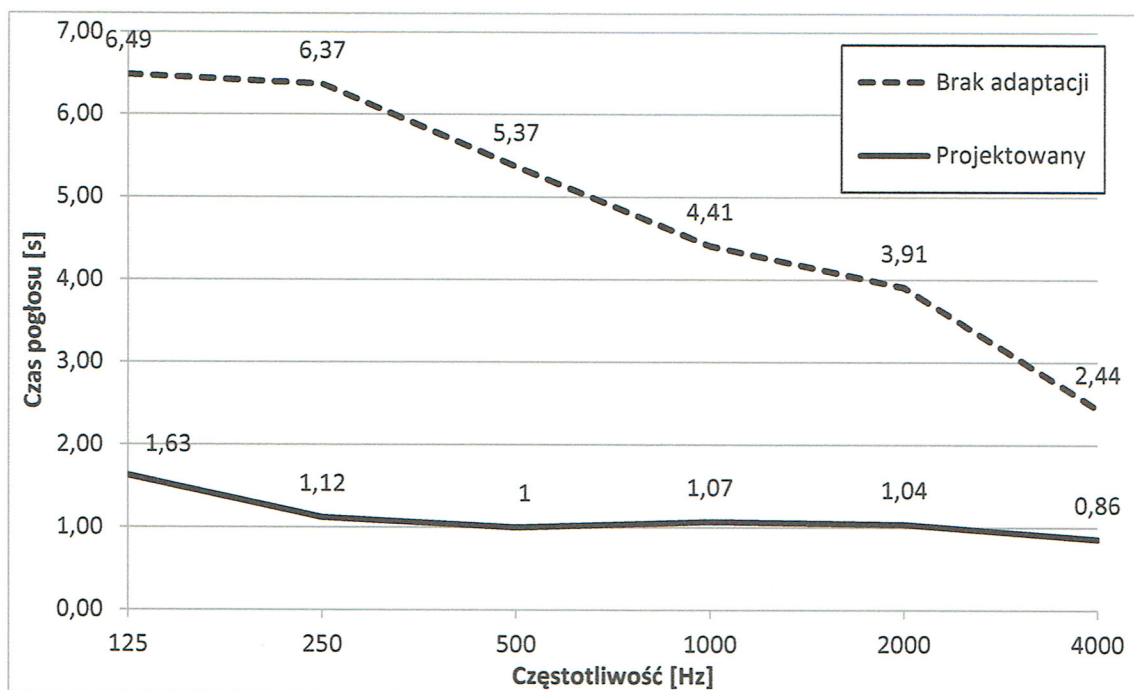
**Lokalizacja odbiorników:** Ze względu na brak pełnej symetryczności wnętrza odbiorniki rozmieszczono równomiernie na całej powierzchni widowni. Ma to na celu uwzględnienie zjawisk akustycznych występujących we wszystkich miejscach na widowni.

**Uwzględnione warunki atmosferyczne:** Temperatura: 20,0 °C  
Wilgotność względna: 50,0 %

Gęstość powietrza: 1,2 kg/m<sup>3</sup>

Pochłanianie dźwięku przez powietrze wyznaczone w oparciu o powyższe dane.

#### 4.4 Wyniki symulacji



Wykres 1. Wyniki symulacji czasu pogłosu  $T_{30}$ .

## 5 Kontrola poprawności wykonanych prac

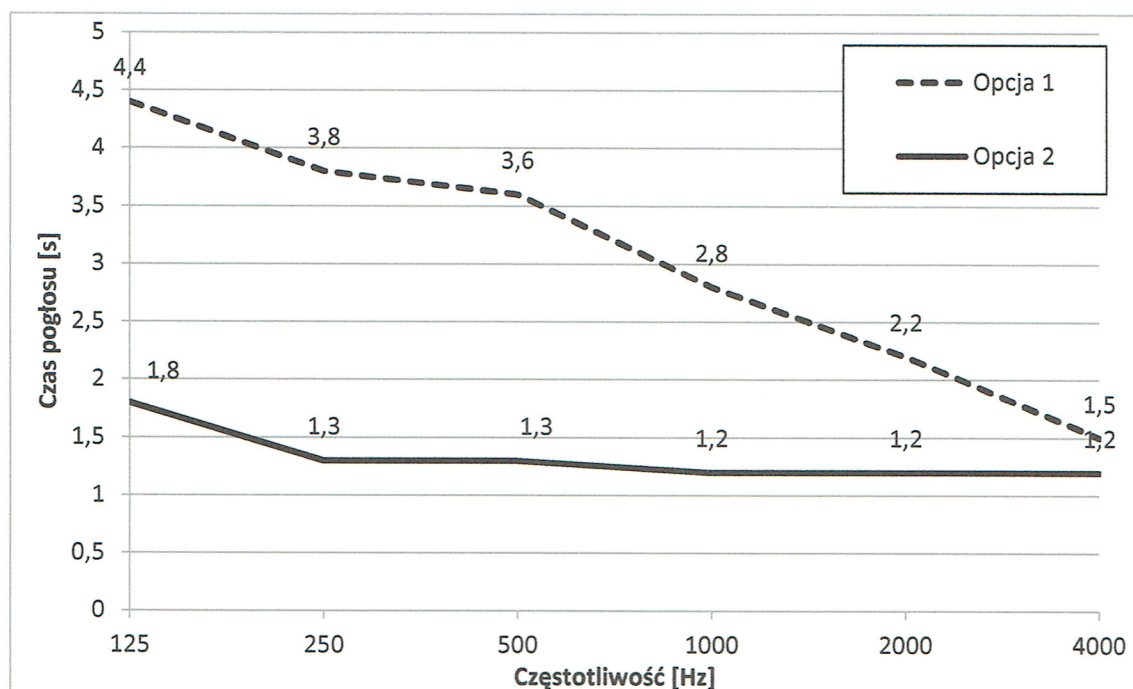
W celu sprawdzenia poprawności zastosowanych rozwiązań akustycznych oraz wykonanych prac należy przeprowadzić pomiary kontrolne po ukończeniu prac.

Pomiary powinny być przeprowadzone w pomieszczeniu posprzątanym, bez żadnych urządzeń i konstrukcji, które w tym wnętrzu nie będą się znajdować (brak rusztowań, folii itp.). Pomiarów dokonać bez obecności publiczności, z rozłożonymi wszystkimi krzesłami tak jak dla wydarzenia sportowego.

Pomiary należy przeprowadzić zgodnie z normą [1] PN-EN ISO 3382-2:2010 - Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń - Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach. Dokładność badań ma odpowiadać przynajmniej metodzie technicznej przy użyciu metody całkowania odpowiedzi impulsowej.

Pomiary mają być przeprowadzone przez wykwalifikowaną osobę, tj. posiadającą co najmniej tytuł magistra inżyniera w specjalizacji akustyka.

Podstawą do oceny akustyki jest raport z badań spełniający wymagania normy PN-EN ISO 3382-2. Wskaźnikiem ocenianym będzie średnia wartość czasu pogłosu  $T_{30}$  dla czterech pozycji źródła i 12 pozycji odbiorników obranych zgodnie z wymaganiami normy. Wyniki dla wnętrza z poprawnie wykonaną adaptacją akustyczną nie mogą w żadnym paśmie częstotliwościowym przekroczyć wartości podanych na poniższym wykresie.



Wykres 2. Dopuszczalne wartości czasu pogłosu  $T_{30}$  w zależności od zastosowanej adaptacji akustycznej. Opcja 1: Adaptacja sufitu i rolety akustyczne na oknach, Opcja 2: Pełna adaptacja według punktu 4.2.

Ponadto, w miejscu widocznym dla wszystkich użytkowników sali, należy umieścić informację o:

- fakcie, że kurtyny są zdalnie sterowane i nie należy podejmować prób ich ręcznej obsługi,
- procedurach zapewniających bezpieczne użytkowanie hali (ze względu na bezpieczeństwo użytkowników jak i troskę o rozwiązania akustyczne we wnętrzu).

## 6 Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w opracowaniu wytyczne do projektu, w zakresie adaptacji akustycznej wnętrza, mają na celu poprawę akustyki wnętrza. Przeprowadzone wielowariantowe symulacje parametrów akustycznych pomieszczenia w programie CATT-Acoustic v.9.0c umożliwiły dobór oraz rozmieszczenie materiałów, zapewniając poprawę parametrów akustycznych oraz uniknięcie wad akustycznych w pomieszczeniu. W opracowaniu przedstawiono rozwiązanie najbardziej korzystne uwzględniające ograniczenia funkcjonalne oraz architektoniczne.

Uzyskane wartości czasu pogłosu (wykres 1) wskazują na poprawność zaprojektowanej adaptacji akustycznej. Charakterystyka jest korzystna.

Wyniki analizy wskazują, że założone wymagania zostały spełnione dla hali sportowej.

PROPER SOUND



mgr inż. Marcin Zastawnik  
kom.: 600 101 650 | [www.ProperSound.pl](http://www.ProperSound.pl)

.....  
Sporządził