



PROJEKT WYKONAWCZY

**Adaptacja akustyczna sali w pawilonie sportowym przy ul. Braterstwa
Broni 5 w Skoroszycach**

KARTY POMIESZCZEŃ

Opracowanie wykonał:

mgr inż. Paweł Śnieć

Opracowanie sprawdził:

mgr inż. Marek Antoniak



1. Opis materiałów

Pomieszczenie: 1/2	SALA GŁÓWNA														
Posadzka	Wykładzina PCV														
Cokół	Wysokości 9 cm z wykładziny PCV														
Ściana: UA1	<p>Ściany boczne - Okładzina trudnozapalna MDF (zabezpieczona do klasy co najmniej Bs2d0) nacinana perforowana gr. 16-18 mm, nacięcia o szerokości 3 mm w odstępach co 13 mm, stopień perforacji 9,38 %. Wykończenie laminatem lub fornirem w kolorze dąb. Okładzinę należy montować z zachowaniem 50 mm pustki powietrznej. Pustka wypełniona wełną mineralną gr. 50 mm zabezpieczona przed pyleniem. Współczynniki pochłaniania nie gorsze niż:</p> <table border="1"><thead><tr><th>częstotliwość [Hz]</th><th>125</th><th>250</th><th>500</th><th>1000</th><th>2000</th><th>4000</th></tr></thead><tbody><tr><td>α</td><td>0,30</td><td>0,85</td><td>0,99</td><td>0,85</td><td>0,70</td><td>0,65</td></tr></tbody></table> <p>zastosowana ilość materiału: 85,0 m²</p>   	częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	α	0,30	0,85	0,99	0,85	0,70	0,65
częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000									
α	0,30	0,85	0,99	0,85	0,70	0,65									

**Adaptacja akustyczna
sali w pawilonie sportowym
przy ul. Braterstwa Broni 5 w Skoroszycach**

Opracowanie wykonała:

mgr inż. Paweł Śnieć

Opracowanie sprawdził:

mgr inż. Marek Antoniak



SPIS TREŚCI

1. Wstęp	3
1.1. Cel wykonania opracowania.....	3
1.2. Podstawa	3
2. Wymagania akustyczne.....	4
2.1. Zalecenia dotyczące akustyki wewnątrz	4
3. Akustyka wewnątrz.....	5
3.1. Charakterystyka czasu pogłosu - RT	5
3.2. Charakterystyka zrozumiałości mowy – wskaźnik STI	6
3.3. Adaptacja sali widowiskowej.....	7
4. Podsumowanie.....	10



1. Wstęp

1.1. Cel wykonania opracowania

W ramach inwestycji związanej z modernizacją sali pawilonie sportowym w Skoroszycach przeprowadzono pomiary akustyczne stanu istniejącego, w celu dostrojenia modelu komputerowego do warunków rzeczywistych oraz wykonano projekt adaptacji akustycznej. Celem analizy jest:

- Dobór materiałów akustycznych wraz ze wskazaniem ich ilości i lokalizacji,
- Dobór kształtu powierzchni kierujących dźwięk,
- Adaptacja akustyczna sali, w zakresie uzyskania optymalnych parametrów akustyki wnętrza,

Powyższą analizę przeprowadzono w oparciu o obowiązujące wytyczne normowe oraz dostępną literaturę branżową.

1.2. Podstawa

- Umowa z dnia 04 listopada 2022 r.,
- Rzuty i przekroje budynku otrzymane od Zamawiającego,
- *PN-B-02151-2 – Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach,*
- *PN-B-02151-4 – Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań,*
- Wizja lokalna i pomiary czasu pogłosu z dnia 04.11.2022 r.,
- Literatura branżowa



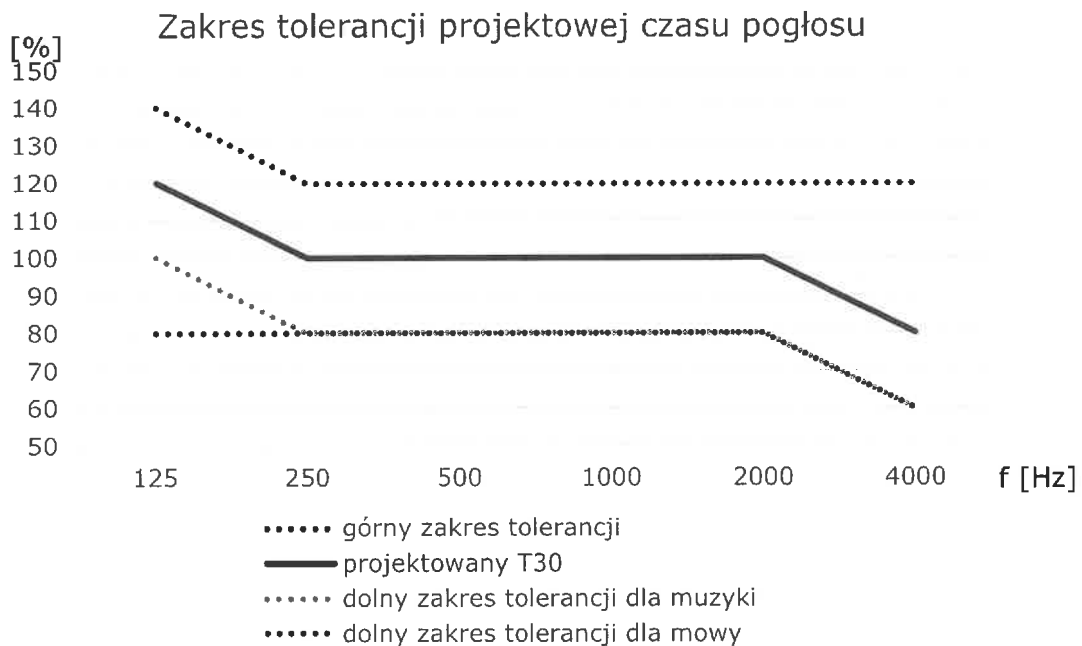
2. Wymagania akustyczne

2.1. Zalecenia dotyczące akustyki wewnątrz

Na podstawie wartości podanych w *PN-B-02151-4* oraz w literaturze, jako wartości wzorcowe przyjęto poniższe przedziały czasu pogłosu. Poniższe parametry dobrano pod kątem objętości pomieszczenia $\sim 910 \text{ m}^3$ oraz projektowanej głównej funkcji jako sali konferencyjnej z możliwością nagłośnienia elektroakustycznego.

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Sale konferencyjna	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu dla wszystkich pomieszczeń powinna być płaska w funkcji częstotliwości, z dopuszczeniem następujących odstępstw:



- Dla częstotliwości poniżej 250 Hz dopuszcza się wzrost o ok. 20% na każdą oktawę (ze względu na manifestowanie się zjawisk falowych i trudności w wytworzeniu wystarczającej chłonności akustycznej elementów wystroju sali w zakresie niskich częstotliwości).
- Dla częstotliwości powyżej 2000 Hz dopuszcza się spadek o ok. 20% na oktawę (ze względu na silne pochłanianie dźwięku przez powietrze w zakresie wysokich częstotliwości, niemożliwe do skompensowania przez dobór materiałów wykończeniowych).

Przy aranżacji wewnątrz należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednie rozmieszczenie materiałów. Równomierne rozmieszczenie materiałów pochłaniających i rozpraszających zapewni uzyskanie jednakowych warunków pogłosowych i równomierny rozkład pola akustycznego w pomieszczeniu.



3. Akustyka wewnątrz

3.1. Charakterystyka czasu pogłosu - RT

Czas pogłosu (ang. *Reverberation Time*) jest istotnym parametrem, określającym jakość akustyki wewnątrz. Definiowany jako czas, wyrażony w sekundach, w którym poziom dźwięku spada odpowiednio o 60, 30, 20 lub 10 dB od momentu wyłączenia źródła dźwięku, gdy w pomieszczeniu panował stan ustalony. Parametr ten wpływa na zrozumiałość mowy, brzmienie muzyki oraz poziom ciśnienia docierający do słuchaczy. Wartości RT uzależnione są od rodzaju zastosowanych materiałów, kształtu powierzchni w pomieszczeniu, stopnia wypełnienia publicznością oraz warunków atmosferycznych. Temperatura i wilgotność mają jednak zdecydowanie mniejszy wpływ niż pozostałe czynniki. Istnieją zalecane wartości czasu pogłosu, jakie powinny panować w pomieszczeniach przeznaczonych dla muzyki i form słownych w funkcji objętości. Powyżej opisane zależności można wyrazić wzorem:

$$T = \frac{0.161V}{-S \ln(1 - \alpha_{sr}) + A + 4mV}$$

V – kubatura pomieszczenia,

S – powierzchnia

α_{sr} – średnia ważona współczynników pochłaniania dźwięku α_{sr} ścian o polach powierzchni S_i :

$$\alpha_{sr} = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i}$$

A – chłonność akustyczna obiektów znajdujących się w pomieszczeniu

$$A = \sum_{j=1}^j A_j$$

A_j – chłonność akustyczna pojedynczego obiektu,

J – liczba obiektów w pomieszczeniu

m – współczynnik pochłaniania dźwięku przez powietrze:

Częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$m [m^{-1}]$	0,000025	0,00009	0,00025	0,0008	0,0025	0,007

3.2. Charakterystyka zrozumiałości mowy – wskaźnik STI

Parametr ten w sposób bezpośredni określa stopień zrozumiałości mowy na drodze transmisji sygnału w danym pomieszczeniu. W efekcie wielokrotnego nakładania się różnych warstw sygnału, zachodzącego wskutek bliższych i dalszych odbić, maleje głębokość modulacji transmitowanego sygnału.

STI (ang. *Speech Transmission Index*) opiera się na pomiarach wykonanych w 7 pasmach oktawowych, których częstotliwości środkowe z zakresu 125 – 8000 Hz są modulowane czternastoma różnymi częstotliwościami. Ich wartości wynikają z podzielnia przedziału 0,63 – 12,5 Hz na pasma tercjowe, których częstotliwości środkowe odpowiadają wartościom częstotliwości modulacji.

Interpretacja otrzymywanych wartości została zaprezentowana w poniższej tabeli.

STI [%]	Zrozumiałość mowy
0 – 30	zła
30 – 45	uboga
45 – 60	dostateczna
60 – 75	dobra
75 – 100	doskonała



Na **ścianach** oznaczonych kolorem pomarańczowym należy zastosować ustroje akustyczne z paneli MDF perforowanych wykończonych wybranym fornirem lub laminatem wg wskazań biura projektowego. Okładziny nacinane 13/3 z perforacją od strony niewidocznej i stopniu perforacji 9,38% należy montować w z odsunięciem 50 mm. Powstałą za panelami pustkę powietrzną należy wypełnić wełna mineralną gr 50 mm. Współczynnik pochłaniania przyjęty do symulacji jak niżej:

częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,30	0,85	0,99	0,85	0,70	0,65

Łącznie 85,0 m²

Na **ścianach** oznaczonych kolorem czerwonym należy zastosować ustroje akustyczne z paneli MDF perforowanych wykończonych wybranym fornirem lub laminatem wg wskazań biura projektowego. Okładziny nacinane 13/3 z perforacją od strony niewidocznej i stopniu perforacji 9,38% należy montować w z odsunięciem 200 mm. Powstałą za panelami pustkę powietrzną należy wypełnić wełna mineralną gr 50 mm. Współczynnik pochłaniania przyjęty do symulacji jak niżej:

częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,60	0,99	0,90	0,80	0,70	0,65

Łącznie 38,0 m²

Na **suficie** oznaczonych kolorem niebieskim należy zastosować ustrój akustyczny na bazie wełny mineralnej wykończonej tynkiem celulozowym. Ustój należy montować z zachowaniem 200 mm pustki powietrznej. Współczynnik pochłaniania przyjęty do symulacji jak niżej:

częstotliwość [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,93	0,82	0,90	0,90	0,92	0,92

Łącznie 101,1 m²

Pozostałe oznaczenia:

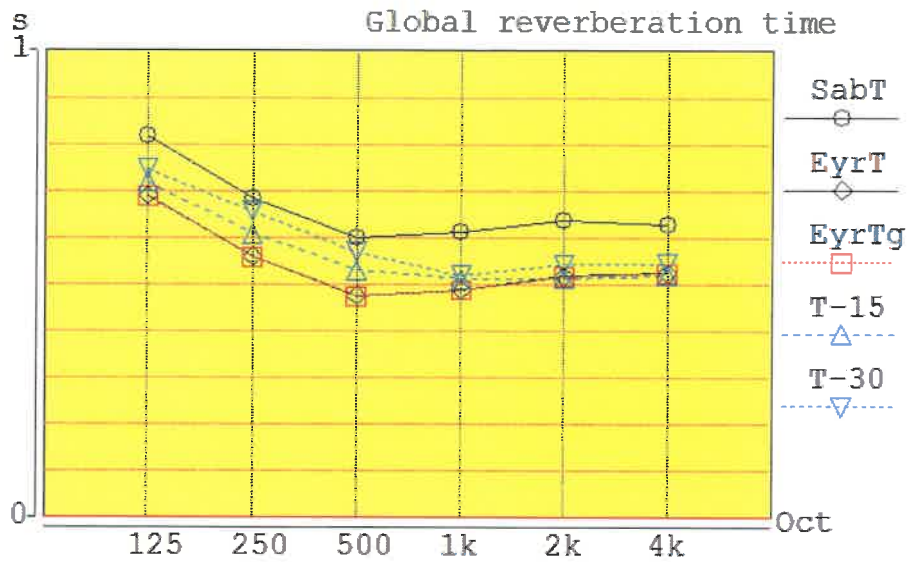
błękitny – powierzchnie szklane

zielony – posadzka PCV

żółty – powierzchnie drewniane typu parkiet, drzwi

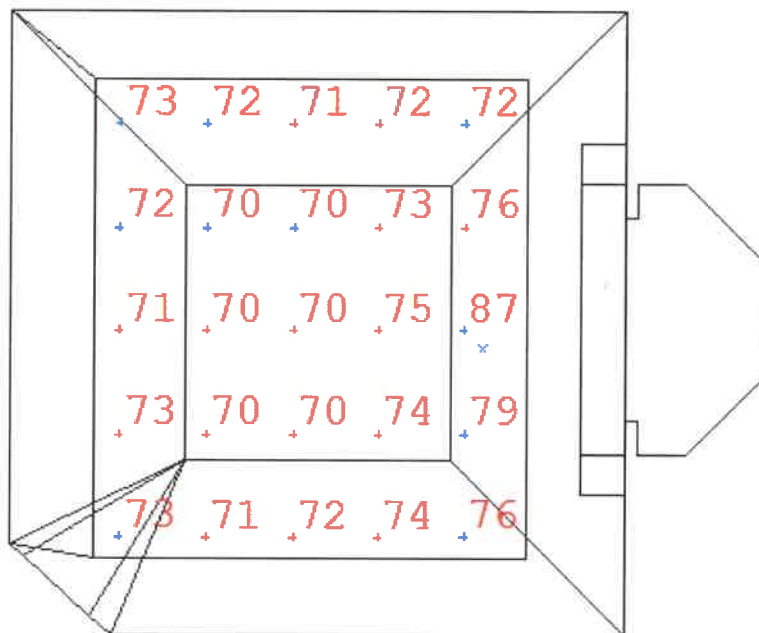
różowy – krzesła twarde bez widowni

szary – powierzchnie twarde typu tynk, zabudowy gipsowe



	125	250	500	1k	2k	4k	
EyrT	0,69	0,56	0,48	0,49	0,52	0,52	s
EyrTg	0,69	0,56	0,47	0,49	0,52	0,52	s
SabT	0,82	0,68	0,60	0,61	0,64	0,63	s
T-15	0,72	0,61	0,53	0,51	0,51	0,52	s
T-30	0,75	0,66	0,57	0,52	0,54	0,54	s

Wykres czasu pogłosu uzyskany na drodze symulacji.



Wartości wskaźnika STI

4. Podsumowanie

Przedstawione wyniki symulacji parametrów akustyki wewnątrz są szacunkowe – oparte na obliczeniach matematycznych, wykonane przy użyciu oprogramowania CATT Acoustic i mogą odbiegać od wartości osiągniętych po realizacji projektu. Wynika to z faktu na:

- trudności występowania i w doborze takich materiałów, które posiadałyby zakładane wartości współczynników pochłaniania tylko i wyłącznie w żądanych pasmach oktawowych lub tercjowych,
- rozbieżności pomiędzy badaniami laboratoryjnymi na małej próbce, a stanem rzeczywistym przy zastosowaniu na większych powierzchniach,
- zastosowanie koniecznych do przeprowadzenia obliczeń uproszczeń brył pomieszczeń.

Realizując adaptację akustyczną wykorzystywane materiały muszą spełniać podane w niniejszym opracowaniu parametry, szczególnie ważnym są podane współczynniki pochłaniania dźwięku oraz wymagane ilości poszczególnych materiałów.

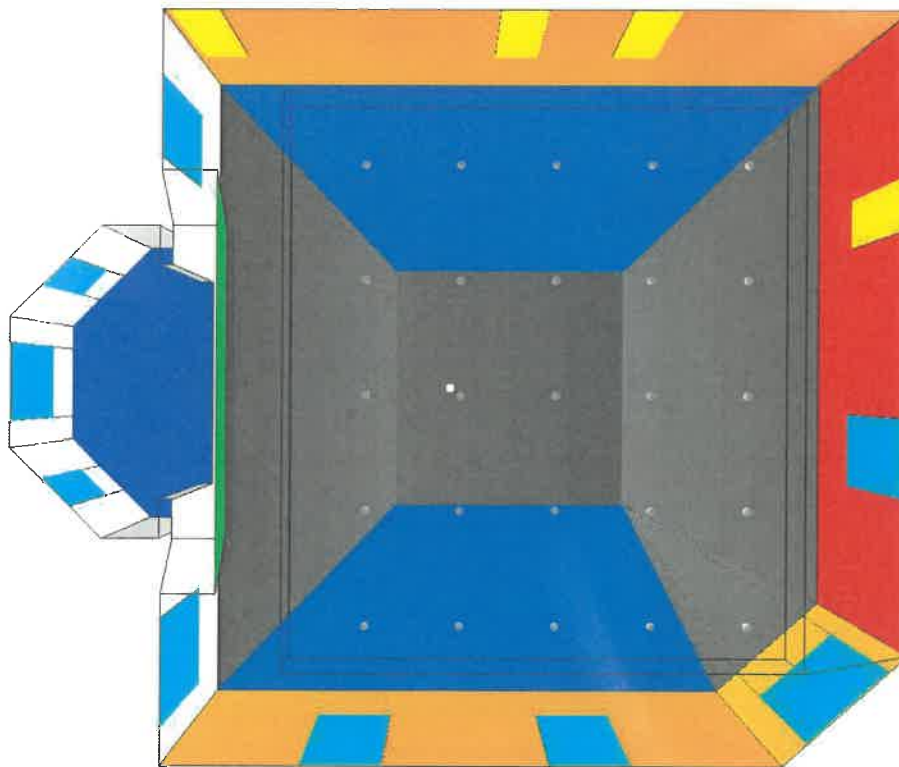
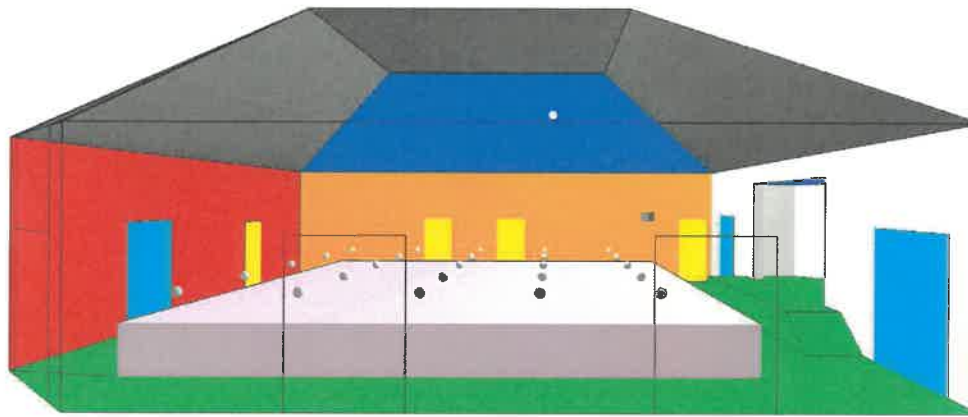
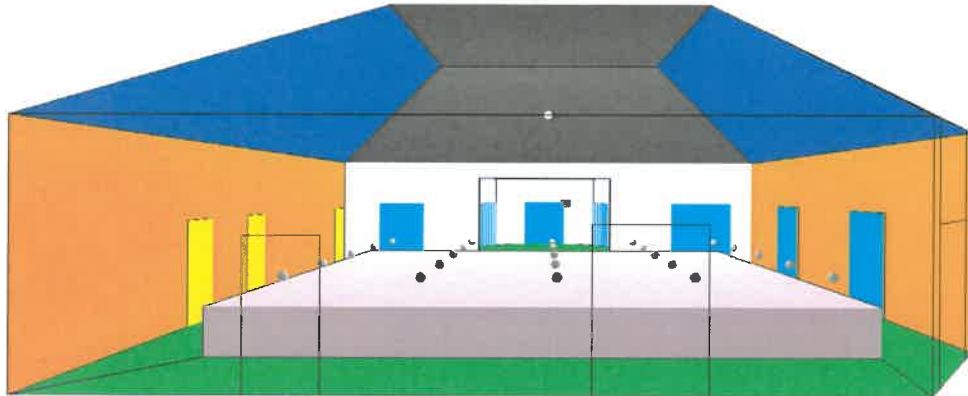
Zastosowanie innych rozwiązań lub zmiana funkcji pomieszczeń, w stosunku do analizowanych w opracowaniu, wymaga ponownych obliczeń i opracowania akustycznego.

Wykonawca zastrzega sobie możliwość dokonywania zmian do wytycznych na etapie realizacji niniejszego opracowania. Wszelkie zmiany lub uzupełnienia do niniejszego opracowania zostaną wniesione i przekazane Zamawiającemu na piśmie do jego siedziby.

Niniejsze opracowanie zawiera łącznie 10 stron i należy je rozpatrywać w całości. Opracowanie wykonano w dwóch jednobrzmiących egzemplarzach z czego 1 przekazano Zamawiającemu.



3.3. Adaptacja sali widowiskowej



Rozkład materiałów akustycznych w pomieszczeniu