

Zalecenia adaptacji akustycznej sali sportowej w Brzeziu

Opracowanie:

dr Piotr Pękała

A handwritten signature in blue ink that reads "Piotr Pękała".

Przeźmierowo, lipiec 2024

SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP.....	3
2.	MATERIAŁY WYJŚCIOWE	4
3.	WYMAGANIA AKUSTYCZNE.....	5
4.	MODEL SALI BEZ ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ.....	6
5.	ZALECENIA ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ	8
6.	PODSUMOWANIE	11

Symulacje komputerowe za pomocą oprogramowania CATT-A zostały wykonane przez Audio-Com Projekty i oprogramowanie akustyczne na zlecenie AkustiX sp. z o.o.

1. Wstęp

Celem opracowania jest przedstawienie zaleceń adaptacji akustycznej szkolnej sali sportowej.

Zakres opracowania obejmuje następujące zagadnienia:

- określenie wymagań w zakresie akustyki wewnątrz (czas pogłosu) w sali,
- przedstawienie wyników modelowania właściwości akustycznych bez adaptacji akustycznej,
- dobór rodzaju i rozmieszczenia materiałów wykończeniowych w celu spełnienia wymagań PN-B-02151-4 w zakresie akustyki wewnątrz,
- symulacja warunków pogłosowych w sali po adaptacji akustycznej

2. Materiały wyjściowe

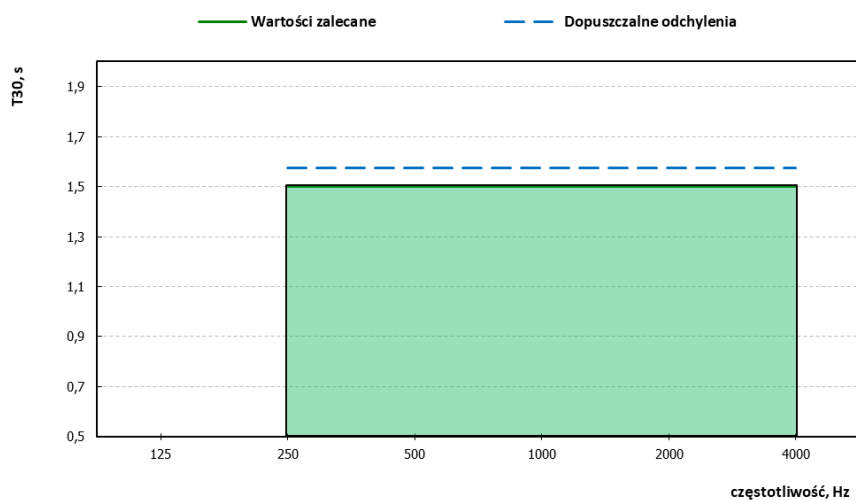
W opracowaniu wykorzystano następujące materiały wyjściowe:

- Uzgodnienia z Zamawiającym
- Katalogi, aprobaty techniczne i biblioteki elektroniczne producentów materiałów wykończenia wnętrz,
- Polska norma PN-EN ISO 11654: Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźnik pochłaniania dźwięku. Wydawnictwo PKN, Warszawa, 1999,
- Polska norma PN-B-02151-4:2015-06: Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań. Wydawnictwo PKN, Warszawa, 2015,
- F.A. Everest, Podręcznik Akustyki, Wydawnictwo SONIA DRAGA, Katowice 2004,
- A.Kulowski, Akustyka Sal, Wydawnictwo PG, 2011.

3. Wymagania akustyczne

Czas pogłosu, według normy PN-B-02151-4, dla sal sportowych o objętości do 5000 m³ nie powinien przekraczać wartości 1,5 s dla sali pustej.

Zalecane wartości czasu pogłosu w funkcji częstotliwości przedstawiono na rysunku 1. Dopuszczalne odchylenia od wartości wymaganej wg ww. normy zaznaczono na wykresie linią przerywaną.

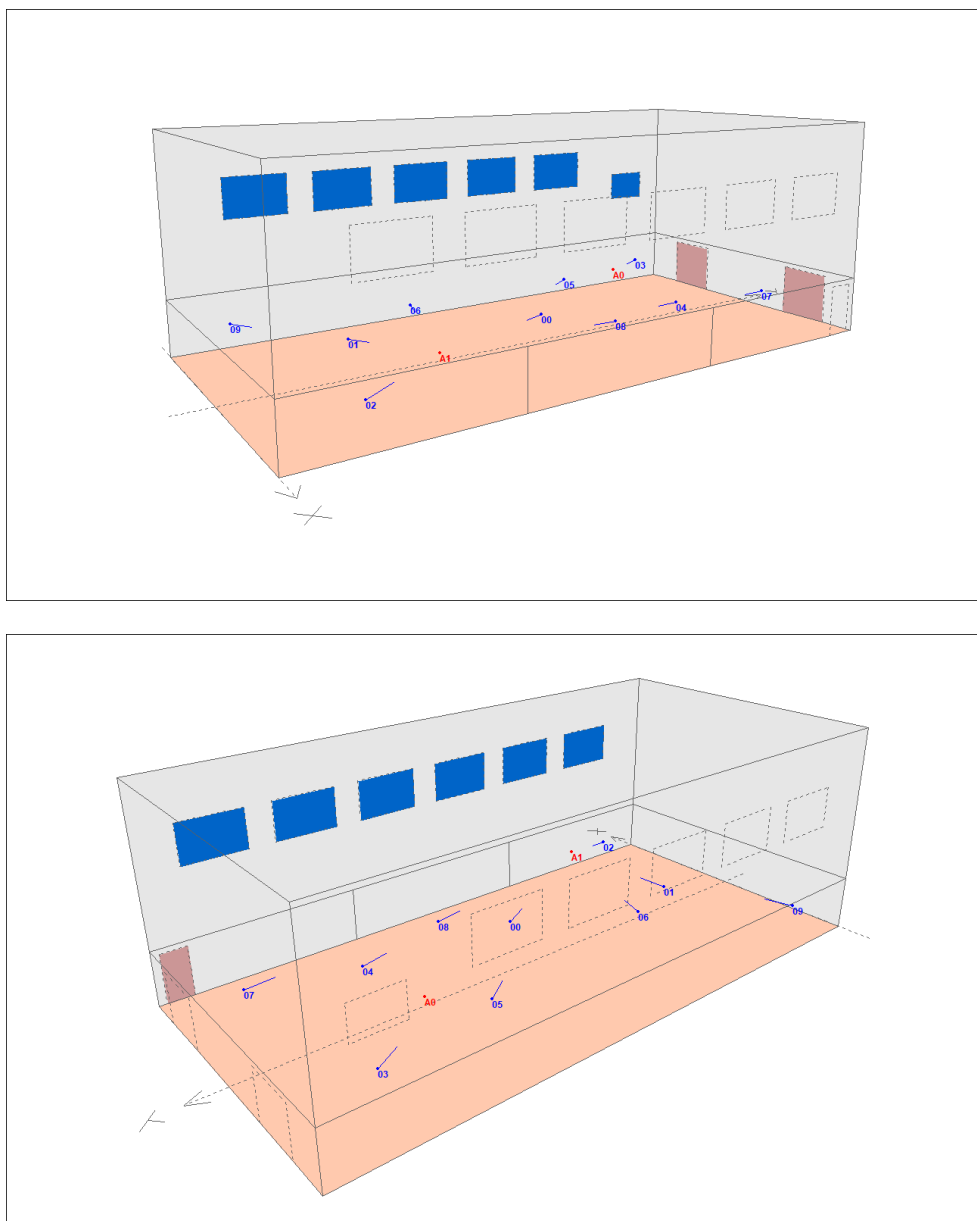


Rysunek 1. Zalecane wartości czasu pogłosu

4. Model Sali bez adaptacji akustycznej

4.1. Model komputerowy wnętrza sali

Na podstawie dostarczonych przez Zamawiającego rysunków oraz fotografii stworzony został komputerowy model wnętrza sali (Rys. 2) na którym wykonywano wszystkie obliczenia akustyczne.



Rysunek 2. Widok wnętrza sali sportowej w modelu komputerowym

Objętość sali wynosi $\approx 2\,500\text{ m}^3$, a powierzchnia wszystkich ścian $\approx 1\,200\text{ m}^2$

4.2. Wyniki symulacji komputerowych bez adaptacji akustycznej

Do obliczeń przyjęto materiały obecnie zastosowane w Sali:

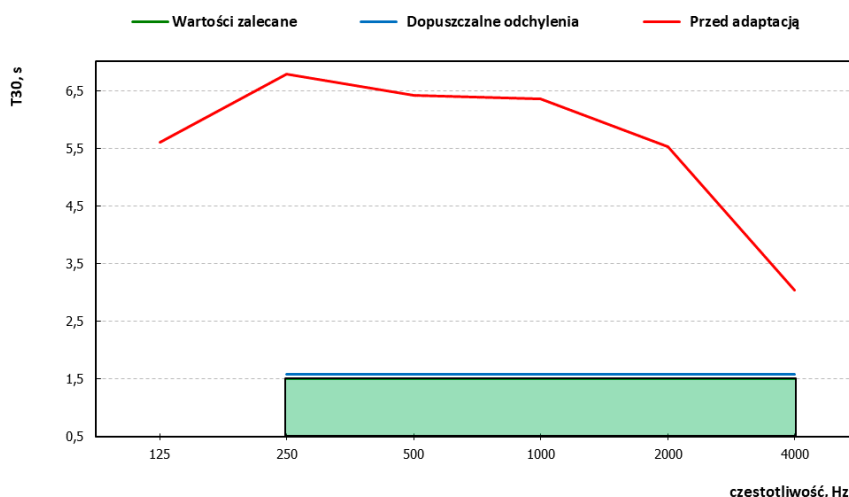
- tynk na wszystkich ścianach
- sufit podwieszany GK
- podłoga sportowa na legarach

Obliczenia przeprowadzono uwzględniając typowe warunki meteorologiczne panujące podczas pomiarów: temperatura powietrza $T=20^{\circ}$ oraz wilgotność $h=50\%$.

Wyniki obliczeń charakterystyki pogłosowej przedstawiono w Tabeli 1 oraz na Rys. 3.

Tabela 1. Wyniki obliczeń czasu pogłosu w stanie bez adaptacji akustycznej

Parametr	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T_{20} [s] - wynik obliczeń	5,6	6,8	6,4	6,4	5,5	3,1



Rysunek 3. Porównanie wyników obliczeń czasu pogłosu w Sali bez adaptacji akustycznej z wymaganiami

5. Zalecenia adaptacji akustycznej

W celu obniżenia czasu pogłosu w sali należy zastosować materiały dźwiękochłonne na suficie i ścianach bocznych. Opis materiałów wraz z ich współczynnikami pochłaniania dźwięku przedstawiono w Tabeli 2. Rozmieszczenie materiałów przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

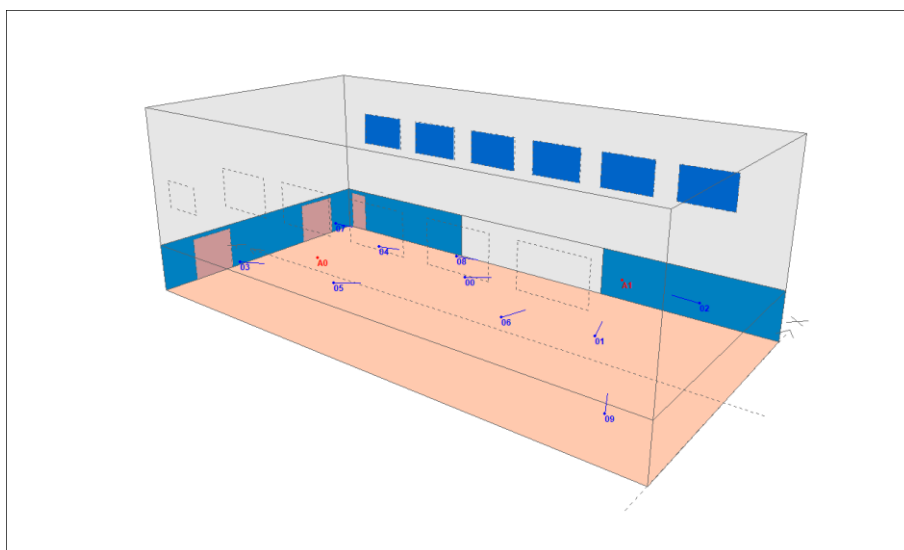
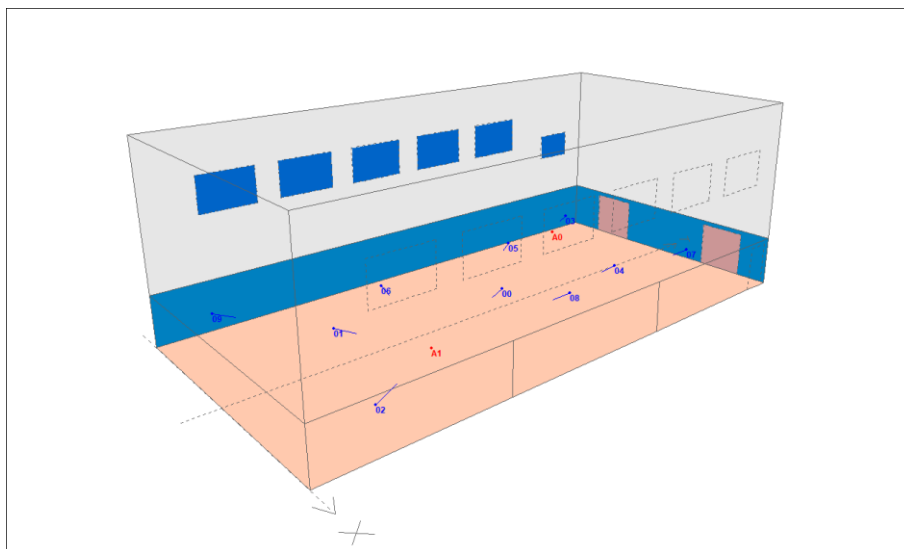
Tabela 2. Materiały adaptacji akustycznej wraz z ich współczynnikami pochłaniania dźwięku

Oznaczenie materiału	Opis materiału	Powierzchnia [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku (α_p)					
			125 Hz	250Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
1	Sufit – płyty Ecophon SuperG A, gr. 35mm, cw. 200mm	≈288	0,50	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Wszystkie ściany do wysokości 220 nad poziomem podłogi za wyjątkiem części w obszarze drabinek- płyty Ecophon Super G gr.35mm (c.w.k – 50mm)	≈130	0,15	0,55	1,00	1,00	1,0	1,0

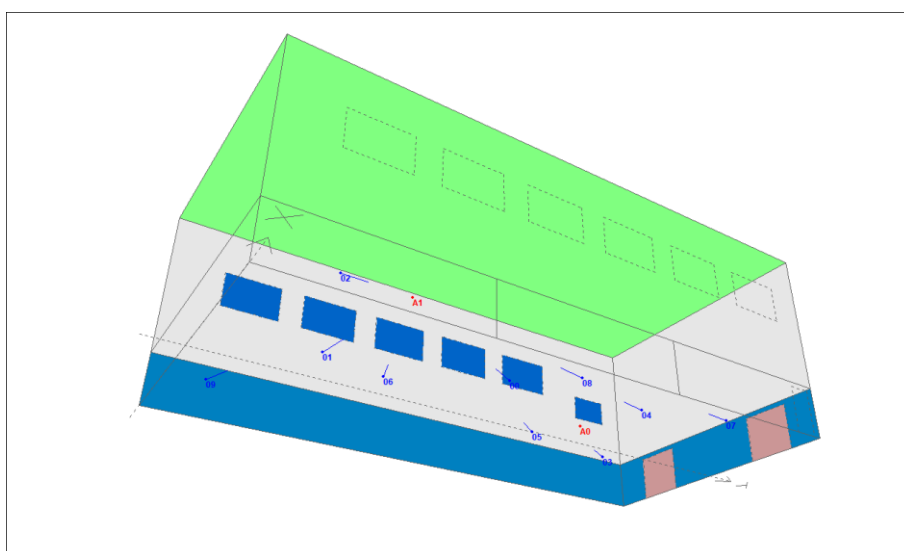
Wynik obliczeń czasu pogłosu po zastosowaniu powyższych materiałów adaptacji akustycznej przedstawiono w Tabeli 3 i na rysunku 6.

Tabela 3. Wynik obliczeń czasu pogłosu po adaptacji akustycznej

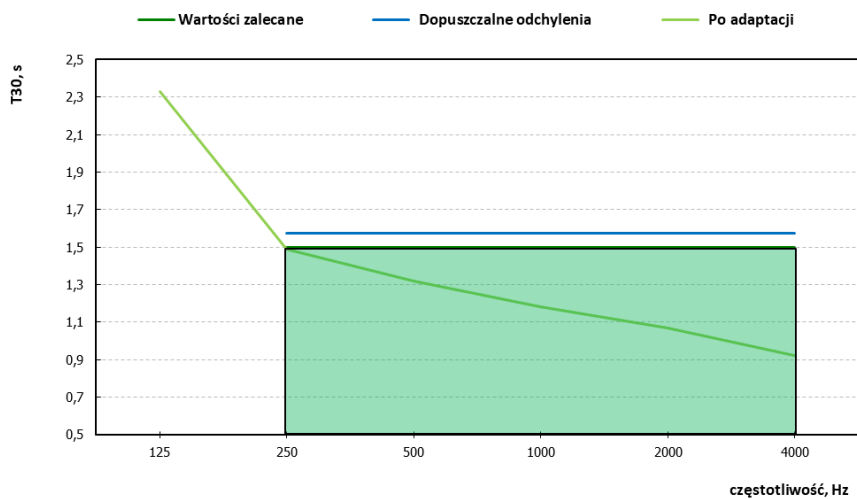
Parametr	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T ₂₀ [s] - wynik obliczeń po adaptacji akustycznej	2,3	1,5	1,3	1,2	1,1	0,9



Rysunek 4. Rozmieszczenie materiałów adaptacji akustycznej - ściany boczne i ściany szczytowe



Rysunek 5. Rozmieszczenie materiałów adaptacji akustycznej - sufit



Rysunek 6. Wynik obliczeń czasu pogłosu po adaptacji akustycznej

6. Podsumowanie

Czas pogłosu w sali sportowej w Brzeziu nie spełnia obecnie wymagań Polskich Norm. Wartość czasu pogłosu dla średnich częstotliwości dźwięku wynosi aktualnie ≈ 6.5 s wobec wymaganej wartości $\leq 1,5$ s. Jest to bardzo duże przekroczenie wartości dopuszczalnej, które skutkuje niską zrozumiałością mowy w sali oraz może powodować poważne zagrożenie chorobowe dla narządu artykulacji osób pracujących w Sali.

W celu polepszenia warunków akustycznych w sali niezbędna jest adaptacja akustyczna polegająca na zastosowaniu materiałów dźwiękochłonnych na suficie, i ścianach pomieszczenia. Adaptacja pozwoli na obniżenie czasu pogłosu do ≈ 1.2 s zwiększając przez to zrozumiałość mowy i ograniczając w znacznym stopniu hałas pogłosowy.