

## **ADAPTACJA AKUSTYCZNA WNETRZA SALI SPORTOWEJ PRZY ZESPOLE SZKÓŁ NR 3 W SZAMOTUŁACH**

Opracowanie: dr Piotr Pękala

Poznań, 2010-09-27

## SPIS TREŚCI

<b>1. Cel i zakres opracowania</b>	<b>2</b>
<b>2. Materiały wyjściowe</b>	<b>3</b>
<b>3. Wymagania akustyczne</b>	<b>4</b>
<b>4. Ocena akustyczna Sali bez adaptacji wnętrza</b>	<b>6</b>
<b>5. Ocena akustyczna Sali po adaptacji wnętrza</b>	<b>10</b>

## 1. Cel i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie zostało przygotowane na podstawie zlecenia **ZS Nr 3/21/05/2010** Zarząd Powiatu w Szamotułach.

Zakres opracowania obejmuje następujące zagadnienia:

- Analiza własności akustycznych Sali z uwzględnieniem funkcji sportowej oraz widowiskowej na podstawie pomiarów akustycznych
- Dobór materiałów wykończenia zapewniających optymalne warunki pogłosowe Hali ze względu na jej przeznaczenie. Inwestor nie przewiduje możliwości montażu materiałów adaptacji akustycznej na ścianach Sali.
- Ocenę poprawności akustycznej proponowanej adaptacji akustycznej przez wykonanie symulacji na trójwymiarowym modelu akustycznym wnętrza.

Wszystkie symulacje i obliczenia akustyczne przeprowadzono w oparciu o własne oprogramowanie oraz licencjonowany program *CATT-A* wersja 8.0g na podstawie umowy z Audio-Com projekty i oprogramowanie akustyczne.

## 2. Materiały wyjściowe

W opracowaniu wykorzystano m.in. następujące materiały i źródła:

- Podkłady architektoniczne, konsultacje z Inwestorem
- katalogi, aprobaty techniczne i biblioteki elektroniczne rozwiązań technicznych producentów składników przegród budowlanych i materiałów wykończenia wnętrz.
- polska norma PN-EN 12354-6:2005: Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 6: Pochłanianie dźwięku w pomieszczeniach. Wydawnictwo PKN, Warszawa, 2005,
- polska norma PN-EN ISO 11654: Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźnik pochłaniania dźwięku. Wydawnictwo PKN, Warszawa, 1999,
- polska norma PN-EN 60268-16: Urządzenia systemów elektroakustycznych . Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy, Wydawnictwo PKN, Warszawa, 2005
- polska norma PN-EN 54-3: Systemy sygnalizacji pożarowej. Część 3: pożarowe urządzenia alarmowe. Sygnalizatory akustyczne
- Polska norma PN-EN 60849: Dźwiękowe systemy ostrzegawcze, Wydawnictwo PKN, Warszawa, 2001
- K.B. Ginn, Architectural Acoustics, Brüel & Kjær, 1978
- C. Harris, Handbook of acoustical measurements and noise control, McGraw-Hill, New York, 1991,
- F.A. Everest, Podręcznik Akustyki, Wydawnictwo SONIA DRAGA, Katowice 2004
- L.L Beranek, Music, Acoustics & Architecture, John Wiley & Sons, 1962,

### 3. Wymagania akustyczne

W celu określenia właściwości akustycznych konieczne jest zastosowanie modelu pola akustycznego. Jako dane wejściowe podaje się podstawowe wielkości charakteryzujące geometrię pomieszczenia wyniki pomiarów akustycznych oraz współczynniki pochłaniania materiałów wykończeniowych do pokrycia ścian pomieszczenia. W efekcie działania modelu pola akustycznego uzyskujemy przewidywane wartości najistotniejszych parametrów ważnych ze względu na przeznaczenie pomieszczenia.

#### Czas pogłosu $T_p$

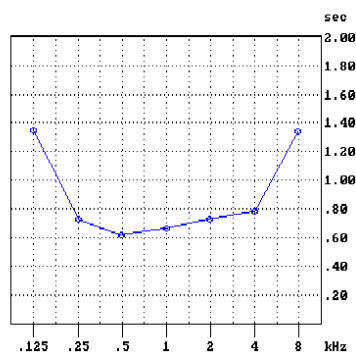
Czas pogłosu wyraża wielkość pogłosu w pomieszczeniu o zadanej objętości i polu powierzchni jego ścian. Jest on liczbowo równy czasowi w jakim energia pola w wybranym, dowolnym punkcie pomieszczenia ulegnie zmniejszeniu o 60 dB w stosunku do energii w stanie ustalonym. W praktyce wybór punktu, w którym wyznacza się czas pogłosu może być istotny, ze względu na niejednorodność rozkładu pola akustycznego. Przy założeniu niewielkiego pochłaniania dźwięku przez ściany pomieszczenia czas pogłosu można wyliczyć w oparciu o wzór Sabine'a :

$$T_p = \frac{0.161V}{S\alpha}$$

gdzie  $T_p$  oznacza czas pogłosu,  $V$  – objętość pomieszczenia,  $S$  – pole powierzchni wszystkich jego ścian, natomiast  $\alpha$  - tzw. pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku. Jeżeli średnia dla całego pomieszczenia wartość współczynnika  $\alpha$  jest większa niż 0.2, do wyznaczania czasu pogłosu należy stosować wzór Eyringa:

$$T_p = -\frac{0.161V}{S \ln(1-\alpha)}$$

Czas pogłosu zależy od częstotliwości dźwięku. Dlatego najczęściej jego wartość przedstawia się w postaci tzw. *krzywej pogłosowej* dla danego punktu pomieszczenia :

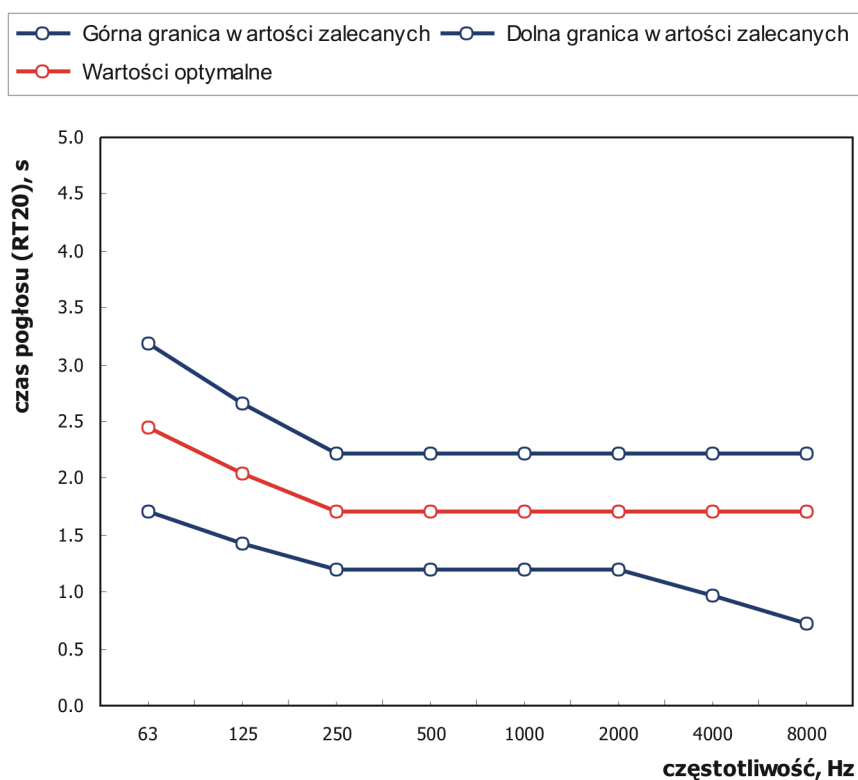


Przykładowy przebieg krzywej pogłosowej pomieszczenia. Wartości czasu pogłosu podano dla częstotliwości środkowych pasm oktaowych (125 Hz, 250 Hz, ..., 4 kHz)

Dla hal sportowych o objętości  $\approx 13\,000\text{ m}^3$  zalecana wartość czasu pogłosu mieści się w zakresie poniżej 1.8 s (wartość liczona jako średnia arytmetyczna dla częstotliwości 500÷2000 Hz).

Poniżej przedstawiono zakres dopuszczalnych wartości czasu pogłosu dla sal sportowych o objętości jak przedmiotowa sala w funkcji częstotliwości dźwięku:

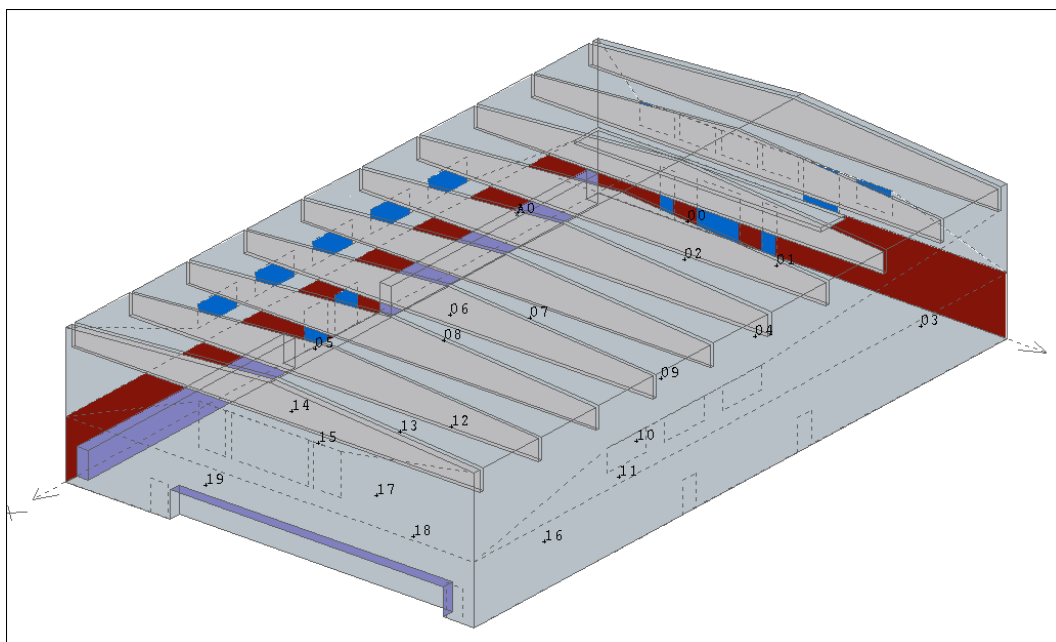
Sala sportowa w Zespole Szkół Nr 3 w Szamotułach



#### 4. Ocena akustyczna sali bez adaptacji wnętrza

Na Rys.1 poniżej przedstawiono wygląd wnętrza projektowanej Hali widowiskowo-sportowej w Mińsku Mazowieckim w modelu komputerowym.

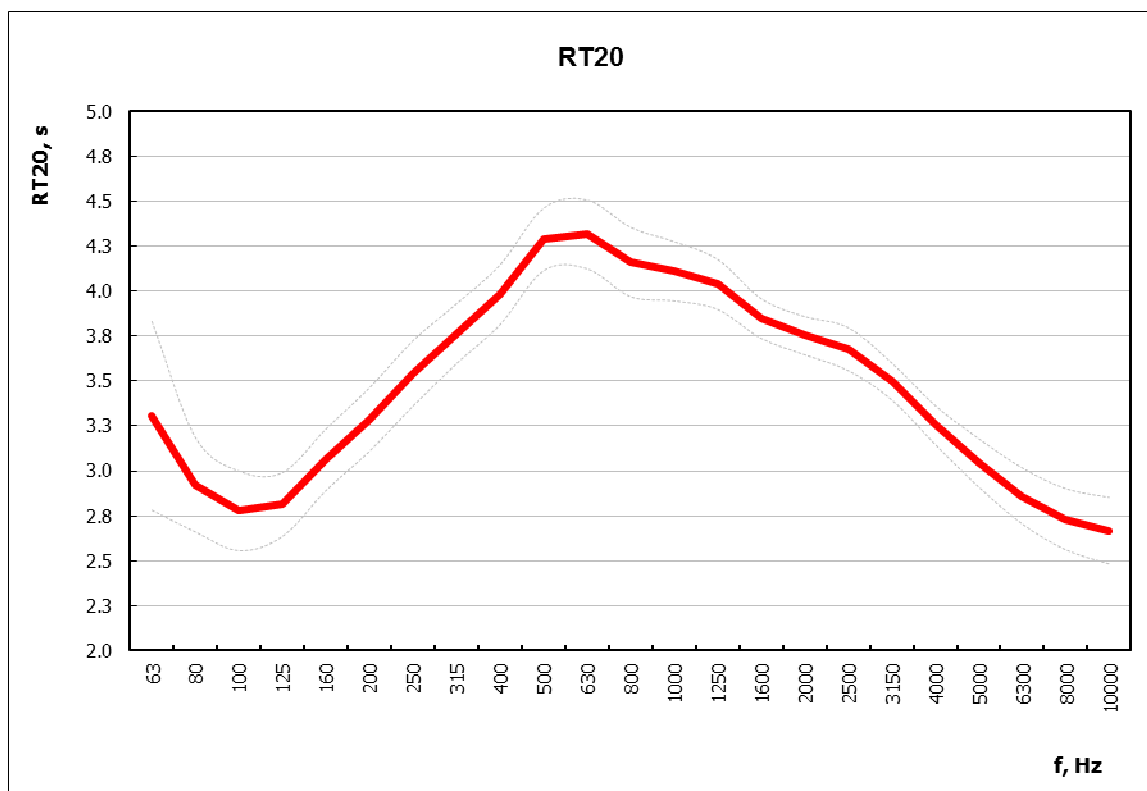
Dla potrzeb obliczeń akustycznych przyjęto, że objętość powietrza wewnątrz Hali wynosi  $V_1 \approx 12\,800\text{ m}^3$  pole powierzchni wszystkich ścian wnętrza  $S \approx 5\,250\text{ m}^2$ .



Rys.1 Wnętrze sali sportowej przy Zespole Szkół Nr 3 w Szamotułach

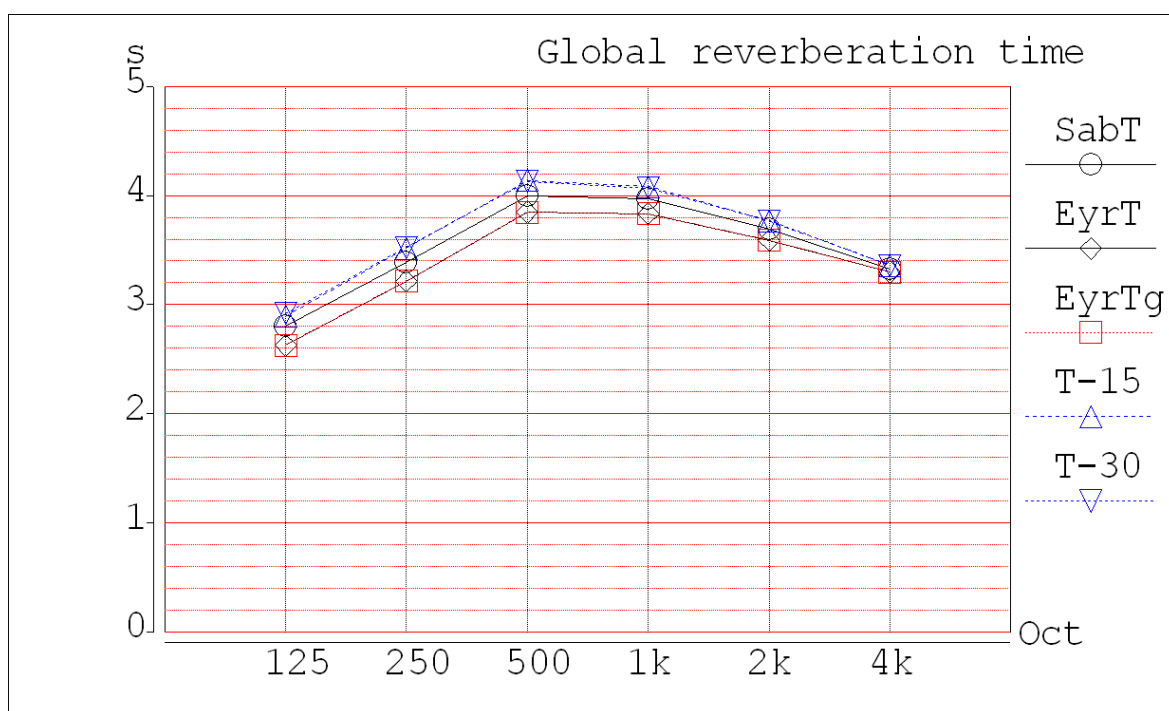
W celu oceny własności akustycznych Hali wykonano pomiary warunków pogłosowych, które przedstawiono w raporcie z dnia 24.09.2010 r.

Poniżej (Rys.2) przedstawiono charakterystykę pogłosową pomieszczenia uzyskana z pomiarów akustycznych.



Rys.2 Zmierzona charakterystyka pogłosowa sali sportowej przy Zespole Szkół Nr 3 w Szamotułach

Następnie wykonano obliczenia kalibracyjne dla modelu akustycznego wnętrza Sali. Wyniki oceny czasu pogłosu w modelu wnętrza odpowiadającym warunkom akustycznym zmierzonym w Sali przedstawiono na Rys. 3 poniżej.

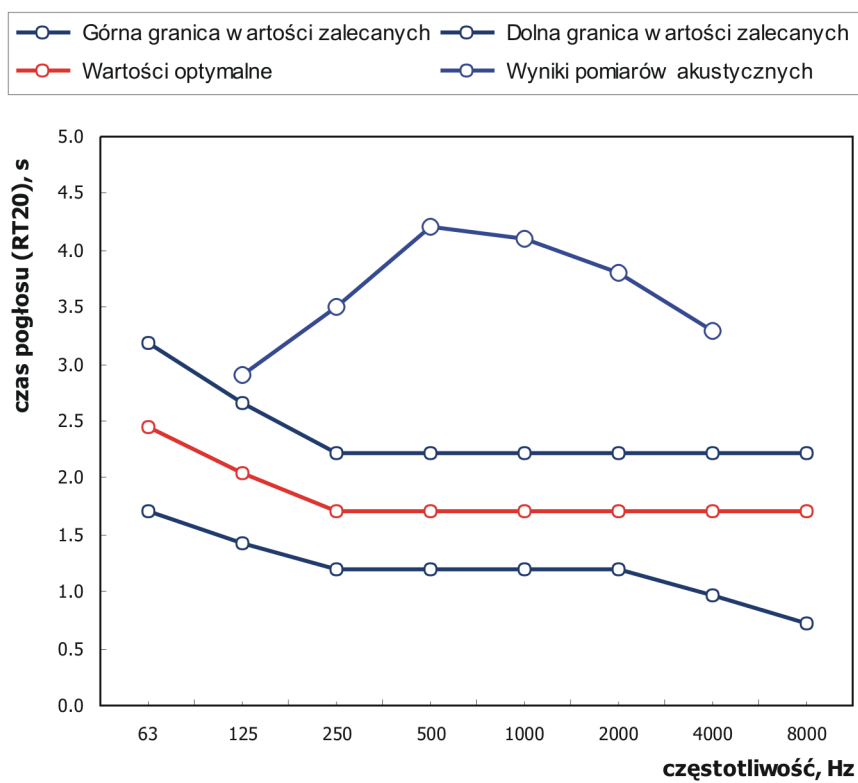


	125	250	500	1k	2k	4k	
EyrT	2.63	3.22	3.85	3.83	3.59	3.30	s
EyrTg	2.62	3.22	3.85	3.83	3.59	3.30	s
SabT	2.81	3.39	4.00	3.97	3.69	3.33	s
T-15	2.89	3.52	4.14	4.08	3.76	3.36	s
T-30	2.92	3.52	4.13	4.07	3.77	3.36	s
AbsC	13.88	11.29	9.20	8.83	8.40	5.14	‰
AbsCg	13.88	11.30	9.20	8.84	8.40	5.14	‰
MFP	9.82	9.82	9.82	9.82	9.82	9.83	m
DiffS	41.80	35.11	34.48	37.77	43.08	44.63	‰

Rys.3 Symulowana charakterystyka pogłosowa sali sportowej przy Zespole Szkół Nr 3 w Szamotułach bez adaptacji akustycznej (T-30)

Poniżej na Rys.4 przedstawiono wyniki obliczeń czasu pogłosu dla Sali bez adaptacji akustycznej w zestawieniu z wartościami zalecanymi.

## Sala sportowa w Zespole Szkół Nr 3 w Szamotułach



Rys.4 Charakterystyka pogłosu Sali sportowej bez adaptacji akustycznej

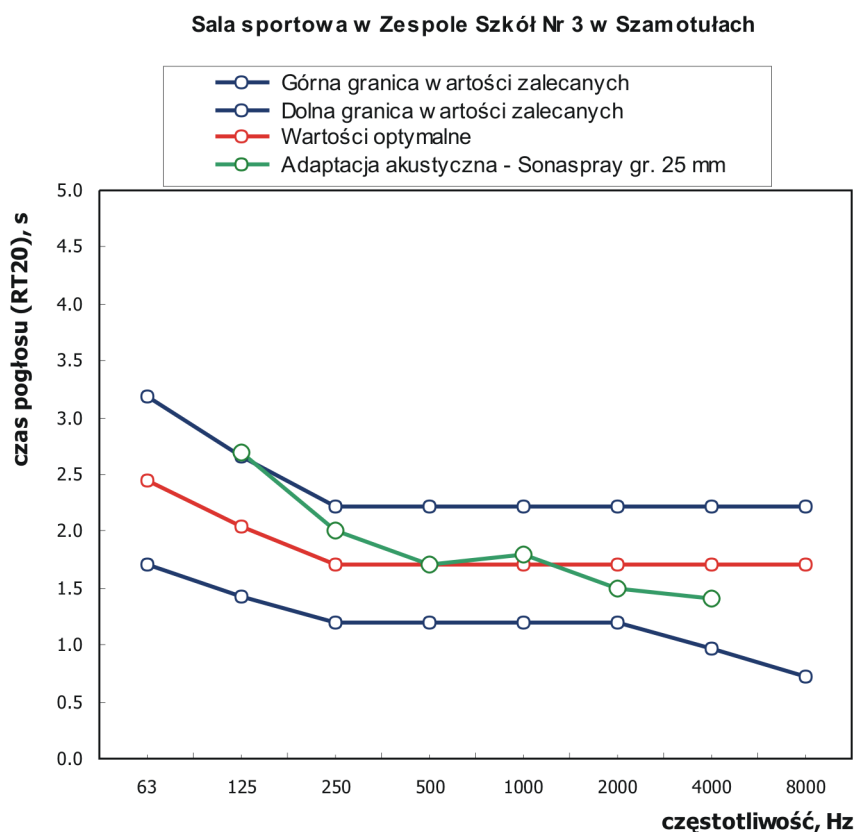
## 5. Ocena akustyczna sali po adaptacji wnętrza

W celu poprawy warunków akustycznych w Sali zaleca się wykonanie adaptacji akustycznej sufitu w postaci zastosowania materiału dźwiękochłonnego. Ze względu na wykonanie sufitu z blachy trapezowej zaleca się wykonanie adaptacji w postaci natrysku akustycznego typu Sonaspray K-13 (lub równoważnego) o charakterystyce pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku nie gorszej niż podana w Tabeli poniżej:

Tabela 1 Charakterystyka materiału do adaptacji akustycznej sufitu w Sali sportowej w Zespole Szkół w Szamotułach

Opis materiału	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Natrysk akustyczny (np. Sonaspray K-13, gr. 25 mm)	0.17	0.53	0.93	0.99	0.99	0.99

Poniżej na Rys. 5 przedstawiono wyniki obliczeń dla Hali po zastosowaniu adaptacji akustycznej wg opisu powyżej.



Rys.5 Charakterystyka pogłosu Sali sportowej po wykonaniu adaptacji akustycznej