



**Koperek  
Solutions**

Ul. Bytomska 13, 62-300 Września

508 056696

NIP 7891599567

e-mail: [akustyka@kopereksolutions.pl](mailto:akustyka@kopereksolutions.pl)  
[www.kopereksolutions.pl](http://www.kopereksolutions.pl)

**Niniejszy projekt został przygotowany przez firmę Koperek Solutions wyłącznie na potrzeby Inwestora i jest chroniony prawnie (ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych, Dz.Ustaw RP Nr 24 z 23 lutego 1994 r., w szczególności art.3. i art.16.)**

Inwestor: **Gmina Gniezno  
Al. Reymonta 9-11, 62-200 Gniezno**

Zlecający: **Gmina Gniezno  
Al. Reymonta 9-11, 62-200 Gniezno**

Temat opracowania: **Adaptacja Akustyczna Sali Sportowej przy Szkole Podstawowej w Jankowie Dolnym**

Branża: **Akustyka**

nr umowy:

Stadium: **Projekt Wykonawczy**

nr tomu:

nr  
upr.

data

podpis

Projektował: **mgr inż. Dariusz Borowiecki**

Sprawdził:

#### **Zawartość opracowania:**

1.PRZEDMIOT I ZA KRES RZECZOWY DOKUMENTACJI .....	2
2. WSTĘP TEORETYCZNY .....	2
3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE .....	3
4. OPIS PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA .....	4
5. SYMULACJA .....	6
6. WYNIKI SYMULACJI .....	6
7. PODSUMOWANIE SYMULACJI .....	8
8. WYMAGANE ILOŚCI MATERIAŁU TŁUMIĄCEGO .....	8

## 1. Przedmiot i zakres rzeczowy dokumentacji

Przedmiotem dokumentacji jest adaptacja akustyczna sali sportowej przy szkole podstawowej w Janikowie Dolnym. Zakres niniejszego opracowania obejmuje dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych dla otrzymania jak najlepszych warunków akustycznych.

## 2. Wstęp teoretyczny

Celem adaptacji akustycznej pomieszczenia jest zapewnienie odpowiednich warunków dla komfortowego użytkowania sali. Zjawiska towarzyszące rozchodzeniu się dźwięku w pomieszczeniu są odmienne niż w przypadku przestrzeni otwartej. Ściany odbijają falę dźwiękową pochłaniając jej energię przy każdym odbiciu. Źródło dźwięku promieniującego w pomieszczeniu ze stałą mocą pokrywa straty energii i po pewnym czasie następuje stan ustalony, w którym energia wyemitowana przez źródło jest równa energii pochłoniętej przez powierzchnie pomieszczenia. W momencie, gdy źródło zostanie wyłączone energia dźwięku stopniowo zanika. Zjawisko to nazywa się pogłosem. Obrazuje to fig.1. Czas, w którym natężenie dźwięku zmniejsza się o 60 dB nazywany jest czasem pogłosu. Wielkość ta zależy od liczby odbić fal akustycznych w ciągu 1 s, a więc od średniej długości swobodnej drogi fali między dwoma kolejnymi odbiciami i od ilości energii pochłanianej w ciągu jednego odbicia. Wielkość tą można wyliczyć wykorzystując wzór Eyringa:

$$T = -\frac{0,161V}{S \ln(1-a)}$$

gdzie: T – czas pogłosu, V – całkowita objętość pomieszczenia, S – całkowita powierzchnia ścian, a – średni pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku.

Innym parametrem opisującym jakość warunków akustycznych w pomieszczeniu jest STI (Speech Transmission Index), który opisuje jakość transmisji mowy od źródła do uszu słuchacza. Przyjmuje on wartość w zakresie

od 0 (najgorsza zrozumiałość) do 1 (zrozumiałość idealna), przy czym dla powyżej wartość 0,6 przyjmuje się bardzo dobrą zrozumiałość mowy.

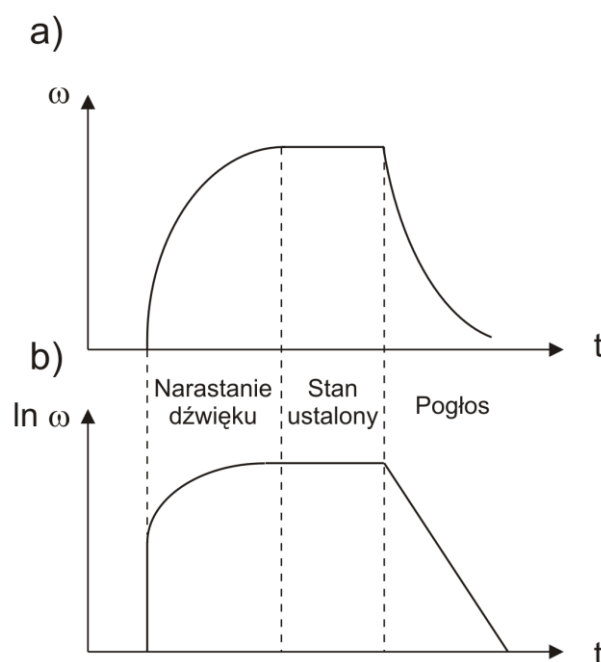


Fig.1 Narastanie, stan ustalony i zanikanie dźwięku (pogłos): a) w skali liniowej; b) w skali logarytmicznej.

### 3. Założenia projektowe

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 6100 m<sup>3</sup>

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca pomieszczenie: ok. 2 400 m<sup>2</sup>

Szerokość : ok.20 m

Długość: : ok. 3 m

Wysokość: ok. 9,2 m

Zalecane wartości parametrów akustycznych wg normy PN-B-02151-4 „Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.” dla sal gimnastycznych, hali sportowych i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu o objętości powyżej 5 000 m<sup>3</sup>:

- Czas pogłosu dla 500 Hz  $\leq 1,8$  s ( dla pasma oktawowego dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości ), wykres w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.2.

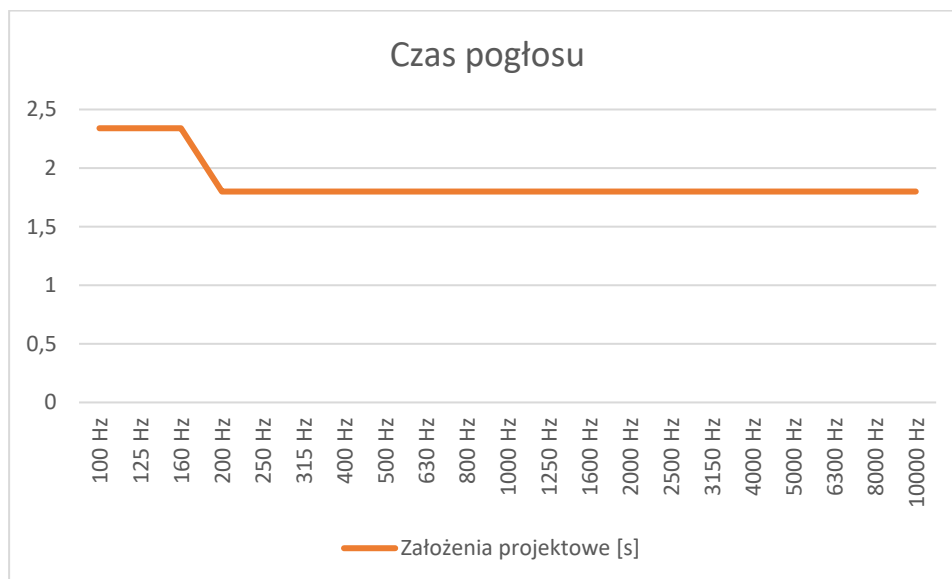
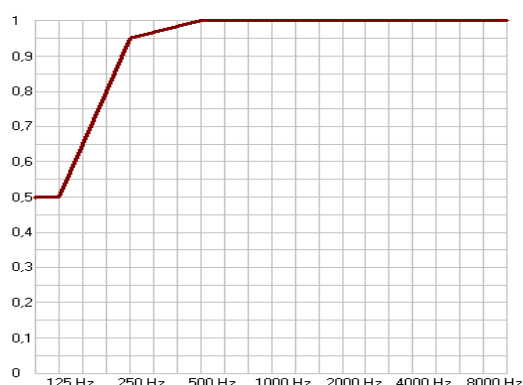


Fig.2 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla sali sportowej.

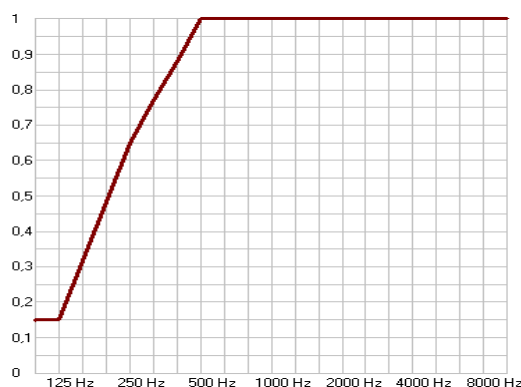
## 4. Opis proponowanego rozwiązania

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych projektuje się:

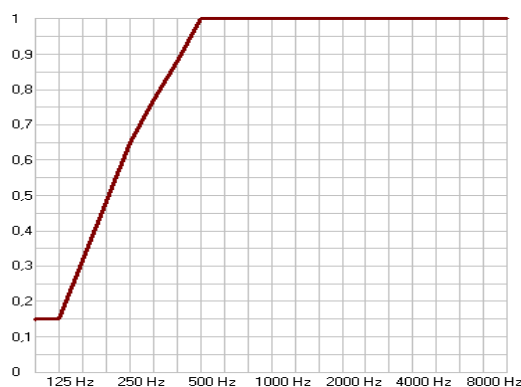
- sufit pomiędzy dźwigarami pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi ze sprasowanej wełny szklanej w welonie odpornej na uderzenia w klasie 2A np. Ecophon Super G M55 lub równoważnymi o grubości min. 35 mm przy odstępach od stropu min. 200 mm. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



- ścianę dłuższą od wysokości 0,8 m do wysokości 1,9 m pokryć płytami wykonanymi z wełny mineralnej o min. grubości 40 mm odpornej na uderzenia w klasie 1A np. Ecophon Akusto Wall Super G montowanymi bezpośrednio do powierzchni ściany. Wymagany współczynnik pochłaniania zastosowanego materiału:



- obie ściany krótsze od wysokości 0,8 m do wysokości 2,6 m pokryć płytami wykonanymi z wełny mineralnej o min. grubości 40 mm odpornej na uderzenia w klasie 1A np. Ecophon Akusto Wall Super G montowanymi bezpośrednio do powierzchni ściany. Wymagany współczynnik pochłaniania zastosowanego materiału:



- pozostałą powierzchnię ścian pokryć tynkiem gipsowym lub cementowo-wapiennym i wymalować,

- wykonać podłogę sportową.

## 5. Symulacja

W celu weryfikacji zaproponowanego rozwiązania zostały przeprowadzone symulacje przy wykorzystaniu oprogramowania EASE 4.4.61 z modułem AURA. Komputerowe modele pomieszczeń przedstawione są na fig.3.

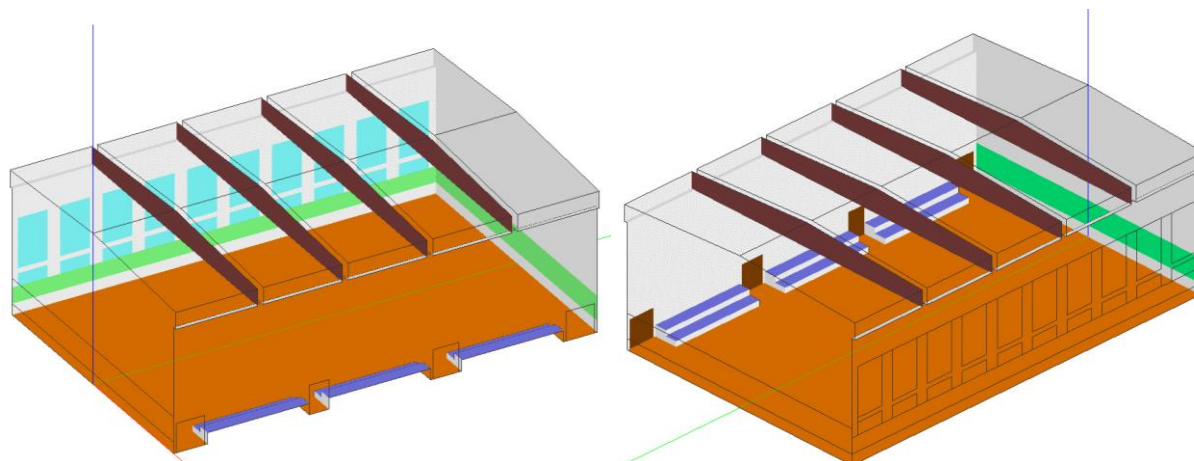


Fig.3 Komputerowy model hali sportowej.

## 6. Wyniki symulacji

Pasmo oktawowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	1,99	2,07	2,12	2,16	2,09	2,34
125 Hz	2,00	2,08	2,14	2,18	2,10	2,34
160 Hz	1,64	1,77	1,86	1,91	1,80	2,34
200 Hz	1,34	1,54	1,66	1,73	1,57	1,8
250 Hz	1,07	1,34	1,51	1,61	1,38	1,8
315 Hz	1,01	1,29	1,46	1,56	1,33	1,8
400 Hz	0,95	1,25	1,42	1,53	1,29	1,8
500 Hz	0,89	1,20	1,38	1,49	1,24	1,8
630 Hz	0,89	1,20	1,38	1,50	1,24	1,8
800 Hz	0,90	1,21	1,39	1,50	1,25	1,8
1000 Hz	0,90	1,21	1,39	1,50	1,25	1,8
1250 Hz	0,90	1,21	1,39	1,50	1,25	1,8
1600 Hz	0,89	1,20	1,38	1,48	1,24	1,8
2000 Hz	0,88	1,18	1,36	1,46	1,22	1,8
2500 Hz	0,85	1,15	1,31	1,41	1,18	1,8
3150 Hz	0,82	1,11	1,27	1,37	1,14	1,8
4000 Hz	0,76	1,03	1,18	1,26	1,06	1,8
5000 Hz	0,68	0,93	1,06	1,13	0,95	1,8
6300 Hz	0,59	0,80	0,92	0,98	0,82	1,8
8000 Hz	0,49	0,65	0,76	0,81	0,68	1,8
10000 Hz	0,40	0,51	0,60	0,64	0,54	1,8
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					1,35	1,87

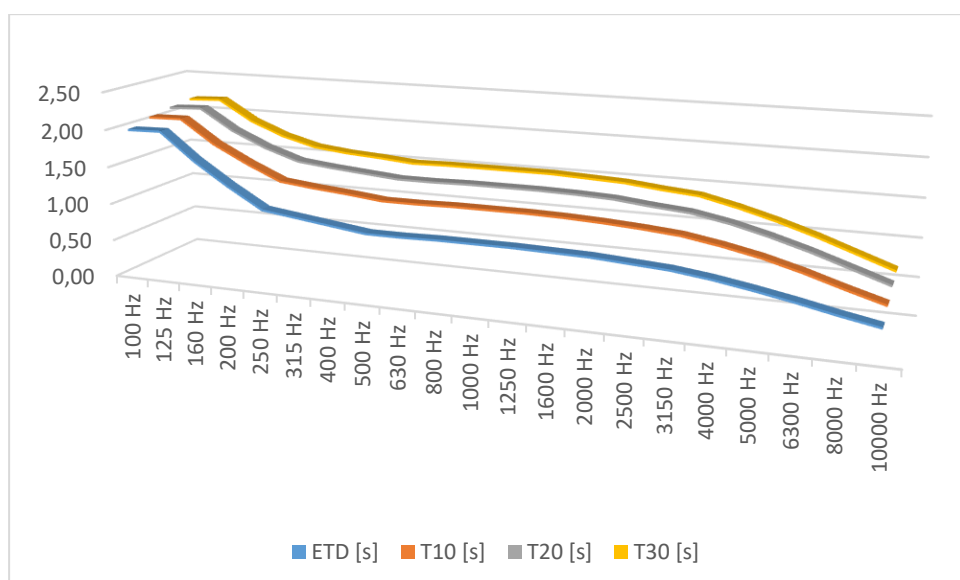


Fig.4 Wykres czasu pogłosu w sali sportowej przy różnych metodach pomiarowych.

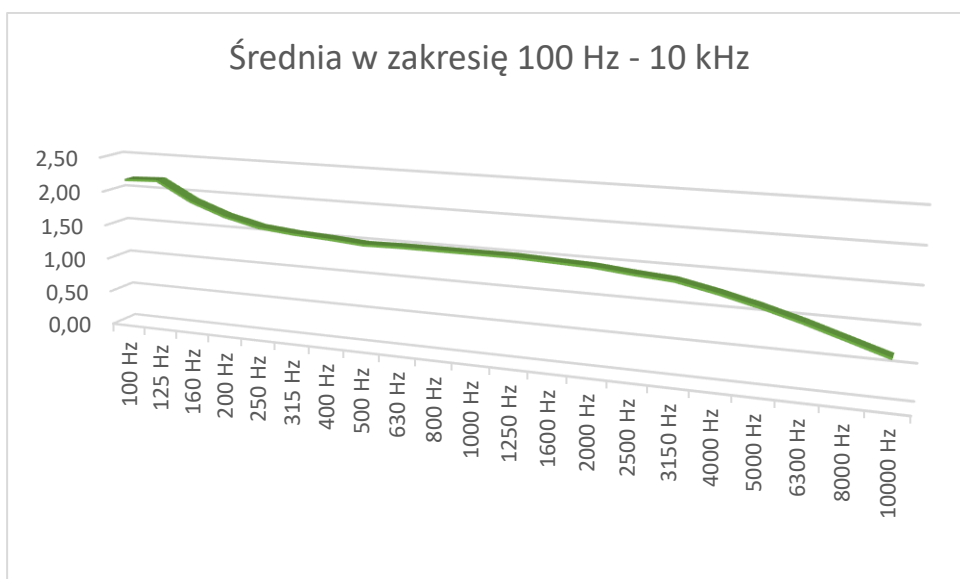


Fig.5 Wykres wartości T30 czasu pogłosu w sali sportowej w paśmie 100 Hz - 10 kHz.

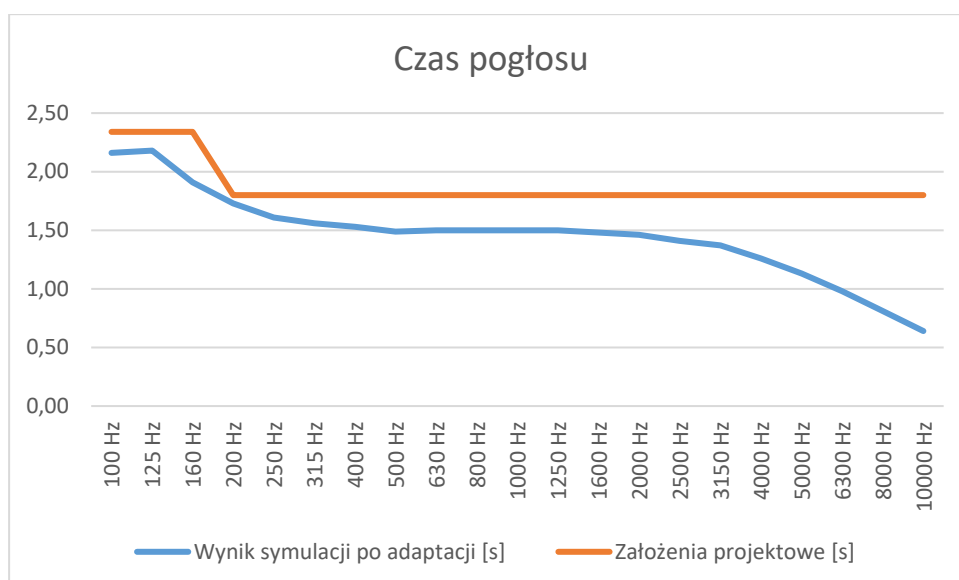


Fig.6 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali sportowej w paśmie 100 Hz – 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych.

## 7. Podsumowanie symulacji

Przeprowadzone symulacje dały bardzo zadowalające wyniki, uzyskane wartości zgadzają się z przyjętymi założeniami. Obliczenia pokazały również że adaptacja sali jest konieczna w celu spełnienia normy PN-B-02151-4.

## 8. Wymagane ilości materiału tłumiącego

W tab.1 przedstawiono minimalne ilości materiału tłumiącego, jaki należy zamontować na suficie i ścianach w celu osiągnięcia zakładanych parametrów.

Tab.1 Wymagane minimalne ilości materiału tłumiącego.

Miejsce montażu	Ilość [m2]
Sufit	580
Ściana	106