

TEMAT:	ADAPTACJA AKUSTYCZNA SALI GIMNASTYCZNEJ							
BRANŻA:	AKUSTYKA BUDOWLANA							
USŁUGA:	ANALIZA AKUSTYCZNA, OBLICZENIA, WYTYCZNE DO OBNIŻENIA POZIOMU HAŁASU POGŁOSOWEGO							
STADIUM:	ADAPTACJA AKUSTYCZNA							
SYMBOL OPRACOWANIA:	SL-210520	NR egzemplarza:	1	2	3	4	5	6
DATA:	Maj 2021							
OBIEKT:	SALA GIMNASTYCZNA							
ADRES OBIEKTU:	Szkoła Podstawowa nr 1, im. Janusza Korczaka ul. Dworcowa 8, 89-650 Czersk							
PRACOWNIA PROJEKTOWA:	Pracownia Projektowa Zdzisław Kufel ul. Sukienników 6, 89-600 Chojnice							
ZLECENIODAWCA:	Sommerzbi sp. z o.o. ul. Wonna 2, 60-592 Poznań							
PRACOWNIA BRANŻOWA:	SL Lab. Akustyki Arch. i Bud. ul. Na Wrzosach 55, 30-819 Kraków, tel. +48 12 380 11 00, +48 508 417 508  <i>SL acoustics</i>							
OPRACOWUJĄCY	mgr inż. Krzysztof Kwatera							

Spis treści:

1. Wstęp
  - 1.1. Przedmiot i zakres pracy.
  - 1.2. Założenia techniczne.
2. Adaptacja akustyczna sali gimnastycznej.
  - 2.1. Wyniki bez adaptacji akustycznej – stan istniejący.
  - 2.2. **Sugerowana adaptacja akustyczna.**
  - 2.3. **Wyniki z adaptacją akustyczną jak wyżej pkt. 2.2.**
3. Podsumowanie i wnioski.

LISTA ZAŁĄCZNIKÓW:

1. ODPOWIEDŹ IMPULSOWA – BEZ ADAPTACJI AKUST.wav
2. ODPOWIEDŹ IMPULSOWA – Z ADAPTACJĄ AKUST.wav

Wykaz skrótów

RT, T, T30 – Czas pogłosu (Reverberation Time)

$\alpha$  – współczynnik pochłaniania dźwięku (Sound Absorption Coefficient)

f – częstotliwość dźwięku (frequency)

1. Wstęp.

1.1. Przedmiot i zakres pracy.

Przedmiotem pracy było wykonanie analiz i obliczeń w zakresie akustyki wnętrza sali gimnastycznej Szkoły Podstawowej nr 1 im. J. Korczaka w Czersku pod kątem możliwości ograniczenia poziomu hałasu pogłosowego w pomieszczeniu jak wyżej w celu spełnienia aktualnych wymagań pogłosowych (**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**).

Kubatura sali wynosi w przybliżeniu 1 500m<sup>3</sup>.

Praca obejmowała następujące zagadnienia:

- a) Określenie wymagań akustycznych dot. pomieszczenia o podanej funkcji i charakterystyce techn.
- b) Wykonanie modelu komputerowego sali oraz wykonanie symulacji parametrów akustycznych.
- c) Dobór ustrojów i materiałów dźwiękochłonnych na podstawie wyników obliczeń.
- d) Rozmieszczenie materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych.
- e) Wytyczne wykonawcze.

1.2. Założenia techniczne.

Założenia techniczne dot. akustyki / ochrony przed hałasem przyjęto w oparciu o otrzymaną dokumentację techniczną, konsultacje ze Zleceniodawcą i obowiązujące przepisy.

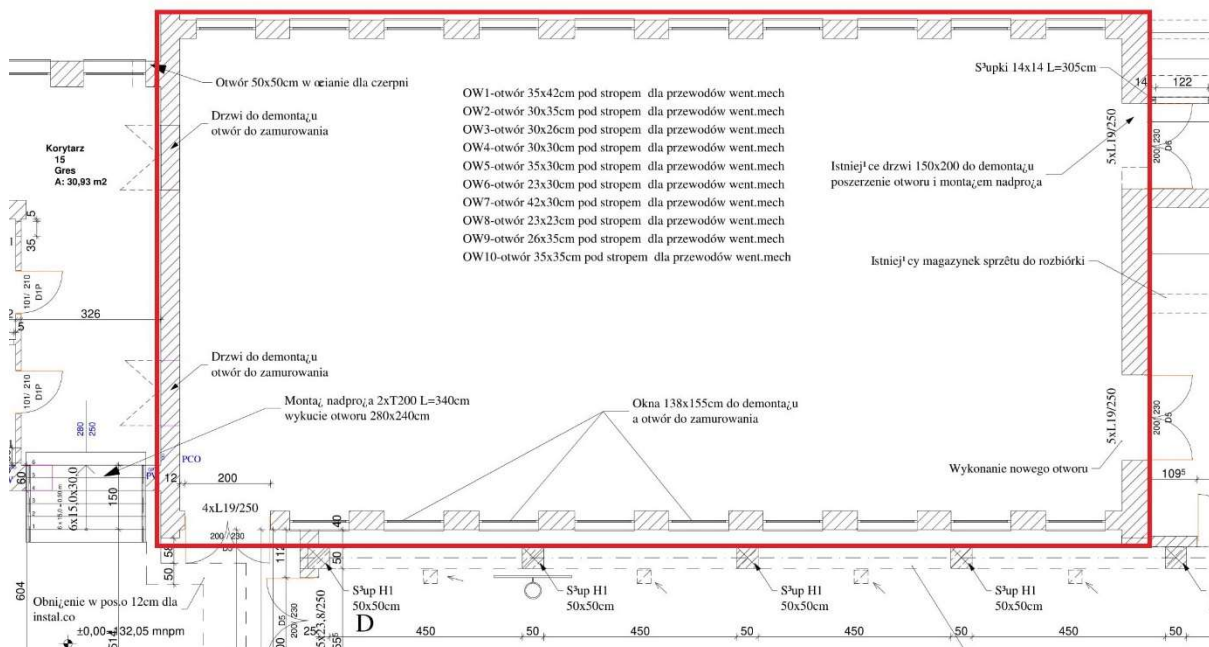
Istotne obowiązujące normy w zakresie pracy

PN-83/B-02153 – Akustyka budowlana. Nazwy i określenia.

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

PN-EN ISO 11654:1999 – Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźnik pochłaniania dźwięku.

**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.**



rys.1. Rzut analizowanego pomieszczenia – sala gimnastyczna.

**Podstawa prawna:**

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r wraz z poprawką z dnia 12.03.2009r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (§ 323):

„2. Pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i **użyteczności publicznej** należy chronić przed hałasem:

- 1) zewnętrznym przenikającym do pomieszczenia spoza budynku,
- 2) pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku,
- 3) powietrznym i uderzeniowym, wytwarzanym przez użytkowników innych mieszkań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych,
- 4) **pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie.**”

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość lub wysokość maksymalna pomieszczenia	Czas pogłosu, $T_s$
1.1	Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	$\leq 5\ 000\ m^3$	$\leq 1,5$
1.2		$> 5\ 000\ m^3$	$\leq 1,8$

a Dotyczy pomieszczeń wykończonych, umeblowanych i wyposażonych w sposób typowy dla przeznaczenia, łącznie z ruchomymi meblami i wyposażeniem, bez obecności ludzi.  
 b Jeżeli pomieszczenie jest przeznaczone do komunikacji słownej lub instalacji dźwiękowych, należy zapewnić możliwość okresowego zmniejszenia czasu pogłosu,  $T_s$ , o 0,5 sekundy.

tab. 1. Czas pogłosu,  $T_s$ , w pozostałych pomieszczeniach (PN-B-02151-4:2015-06).

Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementamiumeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi.

Wziąwszy pod uwagę wymiary i funkcję pomieszczenia, przyjęto czas pogłosu dla pasm oktaowych z zakresu częstotliwości od 250Hz do 4000Hz:

$$T \leq T_{\max} = 1,5s$$

## 2. Adaptacja akustyczna sali gimnastycznej.

W stanie istniejącym wewnątrz sali jest bardzo pogłosowe ponieważ nie ma w nim materiałów pochłaniających dźwięk - podłoga: wykładzina sportowa, ściany oraz sufit: malowany tynk - są materiałami praktycznie całkowicie odbijającymi dźwięk co powoduje kumulowanie się odbitego, długo zanikającego dźwięku z kolejnym dźwiękiem bezpośrednim i odbitym wielokrotnie co powoduje duży wzrost poziomu hałasu.

Adaptacja akustyczna polegać ma na znacznym zmniejszeniu czasu pogłosu analizowanej sali gimnastycznej przez dodanie materiałów dźwiękochłonnych do jej wnętrza.

Ograniczenie czasu pogłosu spowoduje szybsze zanikanie dźwięku a więc zmniejszenie ogólnego poziomu hałasu.

Obliczenia symulacyjne zostaną wykonane na modelu sali zgodnym co do geometrii i materiałów ze stanem obecnym. Następnie do modelu jak wyżej wprowadzane będą dźwiękochłonne materiały ściennie i sufitowe aż do uzyskania zadowalających wyników.



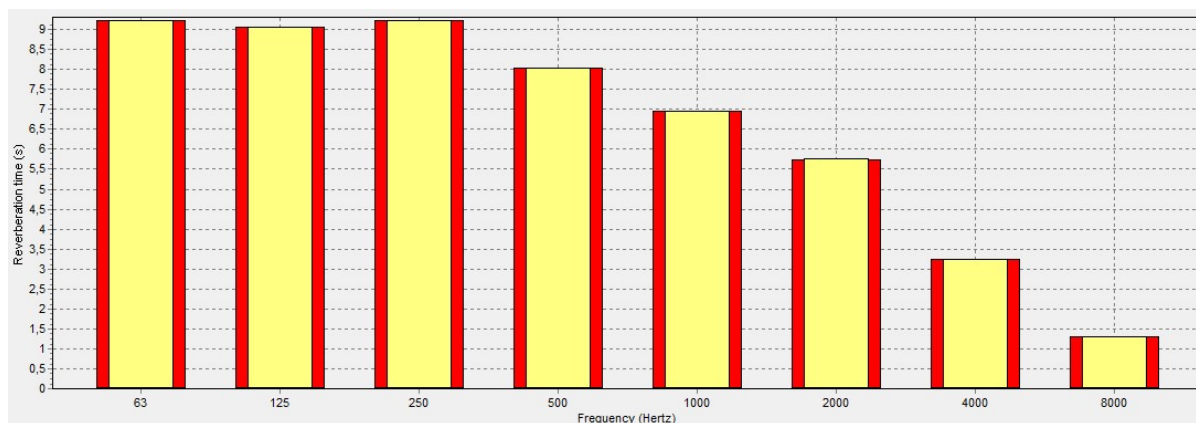
fot 1. Pomieszczenie [sala gimnastyczna] bez adaptacji akustycznej – stan istniejący.

### 2.1. Wyniki bez adaptacji akustycznej – stan istniejący.

Tabela i wykres otrzymanych rezultatów obliczeń poniżej.

f	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
T30	9.2	8.0	6.9	5.8	3.2

tab. 2. Czas pogłosu, T30, pomieszczenia bez adaptacji akustycznej – stan istniejący.



Wykres 1. Czas pogłosu,  $T_{30}$ , pomieszczenia bez adaptacji akustycznej – stan istniejący.

**T** każdej z oktaw z zakresu 250Hz - 4kHz > 1,5s

**Założenia projektowe punkt 1.2. nie spełnione**

## 2.2. Sugerowana adaptacja akustyczna.

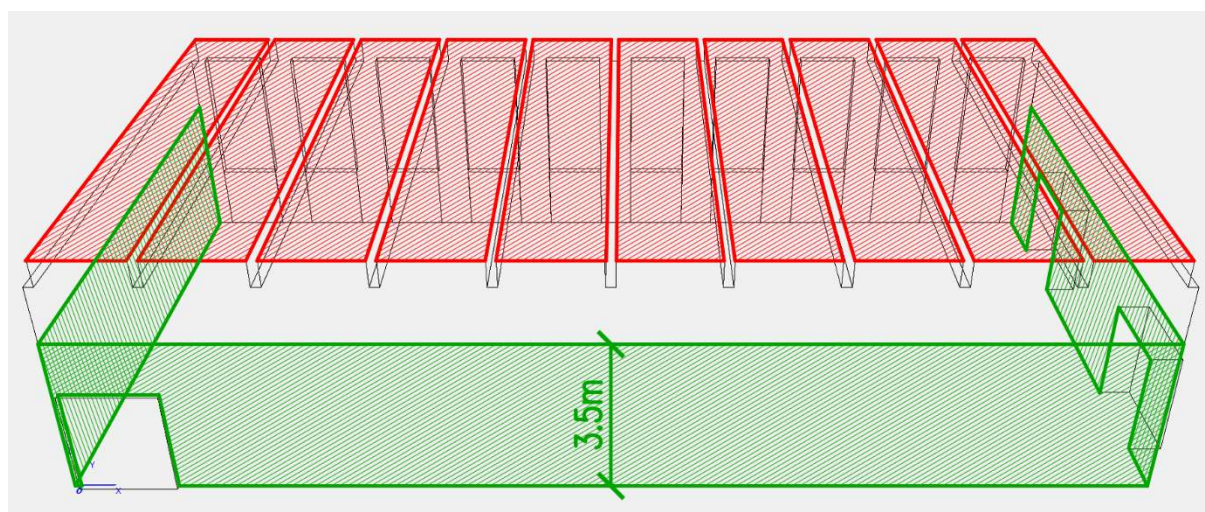
Ilość materiałów użytych do adaptacji (patrz rys.2 poniżej):

I. **Sufit:** panele z wełny drzewnej (Sommer Super Fine) gr. 25mm, wełna skalna akustyczna gr. 30mm (offset od stropu 200mm) - około 220m<sup>2</sup>

II. **Okładzina ścienna:** panele z wełny drzewnej (Sommer Super Fine) gr. 25mm, wełna skalna akustyczna gr. 30mm (offset od ściany 55mm) - około 140m<sup>2</sup>

<b>SOMMER</b> SUPER FINE	25	30	55	324528-B	14.05.2015	0,25	0,70	1,00	0,95	0,85	0,90	0,90	0,90	0,91	B
<b>SOMMER</b> SUPER FINE	25	30	200	324531-D	14.05.2015	0,50	0,85	0,95	1,00	0,90	0,90	0,95	0,95	0,93	A

tab. 3. Katalogowe wartości współczynnika pochłaniania dźwięku materiałów użytych do adaptacji akustycznej.



rys.2. Schemat koncepcji adaptacji akustycznej sali gimnastycznej. Zaznaczenie:

kolor zielony – panele ścienne [Sommer Super Fine gr.25mm, wełna skalna 3cm, pustka powietrzna 0  
kolor czerwony – panele sufitowe [Sommer Super Fine gr.25mm, wełna skalna 3cm, pustka powietrzna 145mm

Współczynniki pochłaniania dźwięku układu Sommer Super Fine gr. 25mm, całkowita grubość konstrukcji (od ściany) 55mm, wypełnienie wełną o gr. 30mm – źródło: dane katalogowe producenta.



Współczynniki pochłaniania dźwięku układu Sommer Super Fine gr. 25mm, całkowita wysokość konstrukcji (od stropu) 200mm, wypełnienie wełną o gr. 30mm – źródło: dane katalogowe producenta

#### UZASADNIENIE:

Przy wyborze grubości paneli sufitowych kierowano się minimalnym ciężarem w odniesieniu do skuteczności pochłaniania dźwięku. Koncepcję zabudowy sufitu oparto na układzie belek nośnych stropu.

Przy doborze paneli ściennych kierowano się minimalną grubością układu [minimalna utrata powierzchni pomieszczenia] w odniesieniu do skuteczności pochłaniania dźwięku.

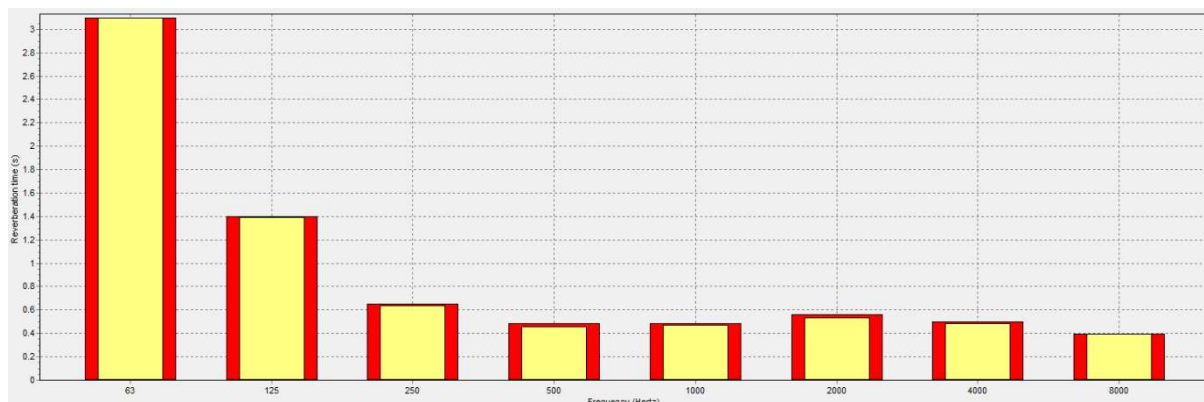
Ściana z oknami nie została uwzględniona do zabudowy ze względów technicznych, tzn. znaczące ryzyko permanentnego uszkodzenia krawędzi zewnętrznych naroży zabudowy panelowej wokół okien od uderzeń piłką przy znikomym wpływie tej powierzchni na poprawę warunków akustycznych pomieszczenia.

Zabudowa długiej ściany przeciwległej do ściany okiennej niesie z sobą najprawdopodobniej konieczność odsunięcia drabinek od ściany o grubość proponowanej zabudowy panelowej [5,5cm].

Proponowaną koncepcję adaptacji akustycznej dobrano tak aby łączyła w sobie skuteczność ochrony przeciwhałasowej [przeciw pogłosowej] z estetyką i możliwie płynnie łączyła się z dotychczasową aranżacją i nie obniżała wysokiej kultury aranżacji i utrzymania całego obiektu [budynku].

**Nośność konstrukcji stropu skonsultować z Projektantem/Konstruktorem.**

### 2.3. Wyniki z adaptacją akustyczną jak wyżej pkt. 2.2.



Wykres 2. Czas pogłosu,  $T_{30}$ , pomieszczenia z uwzgl. adaptacji akustycznej – pkt.2.2.

f	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
$T_{30}$	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5

tab. 3. Czas pogłosu,  $T_{30}$ , pomieszczenia z uwzgl. adaptacji akustycznej – pkt.2.2.

**T każdej z oktaw z zakresu 250Hz - 4kHz < 1,5s**

**Założenia projektowe punkt 1.2. spełnione**

### 3. Podsumowanie i wnioski.

**Po przeprowadzeniu wielowariantowych obliczeń symulacyjnych dot. akustyki wnętrza opracowywanego pomieszczenia [sali gimnastycznej], sugerowany wariant adaptacji**

akustycznej – punkt 2.2. niniejszego opracowania, uznano za optymalny ponieważ stanowi najkorzystniejsze rozwiązanie pod kątem minimalizacji ilości materiałów dźwiękochłonnych przy jednoczesnej maksymalnej poprawie warunków akustycznych, uwzględniając przy tym względy estetyczne i aranżacyjne.

Uzyskano w ten sposób spadek ilości energii akustycznej w pomieszczeniu o około 80% przez skrócenie czasu zanikania dźwięku – zwiększając chłonność akustyczną analizowanego pomieszczenia.

Spadek poziomu hałasu w analizowanym pomieszczeniu po zastosowaniu sugerowanej adaptacji akustycznej szacuje się w granicach 6-10dB, przy poziomie hałasu rzędu 100dB.

UWAGI

**Nośność konstrukcji stropu skonsultować z Projektantem/Konstruktorem.**

*Rozważyć wykonywanie kontrolnych pomiarów akustycznych na poszczególnych etapach realizacji prac celem weryfikacji zgodności z założeniami projektowymi.*

**Załączniki do niniejszego opracowania stanowią jego integralną część.**

*Do wykonania wszystkich obliczeń użyto współczynników pochłaniania dźwięku dla pozostałych materiałów zgodnie z wartościami dostępnymi w bibliotekach obliczeniowych programów: Odeon, CATT Acoustic, EASE, literaturze naukowej i branżowej, posiadanych wynikach badań laboratoryjnych.*