


Nazwa projektu		WYMAGANIA AKUSTYCZNE DO PROJEKTU SALI GIMNASTYCZNEJ		
Nazwa zamierzenia budowlanego		PROJEKT PRZEBUDOWY I REMONTU BLOKU SPORTOWEGO ZESPOŁU SZKÓŁ SPORTOWYCH I MISTRZOSTWA SPORTOWEGO		
Adres obiektu budowlanego		Gdańsk, ul. Subisława 22		
Kategoria obiektu budowlanego		XV		
-nazwa jednostki ewid. -nazwa,nr obrębu ewid. -nr działek ewid.,na których obiekt jest usytuowany		226101_1, M.Gdańsk 0007 196		
Imię i nazwisko lub nazwa inwestora, adres inwestora		Dyrekcja Rozbudowy Miasta Gdańska ul. Żaglowa 11 , 80-560 Gdańsk		
Zakres opracowania	Pełniona funkcja projektowa	Imię ,nazwisko, specjalność i nr uprawnień budowlanych	Data opracowania	podpis
Akustyka	Projektant	mgr. Kamil Słowikowski	11.2021	 KS AUDIO Kamil Słowikowski ul. Młynarskiego 14/78 81-400 Suwałki NIP: 8442227733 tel: 780166226 www.ksaudio.pl • info@ksaudio.pl
	Spec. uprawnień nr uprawnień		

Spis treści

1. Cel i podstawa opracowania	5
2. Zagadnienia ogólne i użyte definicje	7
3. Hala sportowa	12
3.1. Wymagania.....	13
3.1.1 Wymagania czasu pogłosu RT [s]	13
3.2. Materiały wykończeniowe oraz model 3D pomieszczenia.....	13
3.3. Czas pogłosu w hali sportowej	15
3.4. Wskaźnik zrozumiałości mowy	17
3.5. Adaptacja akustyczna	18
3.5.1 Przyjęte materiały i ustroje	18
3.5.2 Wymagania techniczne materiałów akustycznych.....	21
3.6. Wyniki.....	23
3.6.1 Czas pogłosu po adaptacji akustycznej.....	23
3.6.2 Zmniejszenie hałasu pogłosowego w pomieszczeniu	24
3.6.3 Poprawa wskaźnika zrozumiałości mowy STI.....	24
3.6.4 Ocena i podsumowanie	25
4. Wnioski	26
4.1. Dodatkowe zalecania	26
Karty materiałowe - referencyjne	27

Spis rysunków

Rysunek 1 Rozkład analizowanych pomieszczeń	12
Rysunek 3 Wizualizacja hali sportowej.....	13
Rysunek 4 Wizualizacja przyjętych materiałów wykończeniowych	14
Rysunek 5 Widok rozmieszczenia materiałów	14
Rysunek 6 Punkty pomiarowe czasu pogłosu	15
Rysunek 7 Widok hali sportowej	16
Rysunek 8 Czas pogłosu w hali sportowej bez adaptacji akustycznej. Zestawienie wartości obliczonych z wartościami pomiarowymi.....	16
Rysunek 8 Miejsce montażu materiału na stropie	18
Rysunek 9 Miejsce montażu materiałów akustycznych na ścianach	19
Rysunek 10 Wizualizacja modelu z całkowitą adaptacją akustyczną	21
Rysunek 11 Uzyskany czas pogłosu po adaptacji akustycznej zestawiony z wymaganiami.....	23
Rysunek 12 Rozkład przestrzenny wskaźnika zrozumiałości mowy przy hałasie odpowiadającym krzywej hałasowej NR-40.....	25

Spis tabel

Tabela 1 Wykaz zastosowanych materiałów wykończeniowych:	14
Tabela 2 Wartości zmierzonego czasu pogłosu w hali sportowej	15
Tabela 3 Wykaz zastosowanych materiałów akustycznych na stropie	18
Tabela 4 Wykaz zastosowanych materiałów akustycznych na ścianach	20
Tabela 5 Wykaz współczynników pochłaniania dźwięku materiałów akustycznych	20
Tabela 6 Wartości czasu pogłosu w zależności od wariantu adaptacji	23
Tabela 7 Wartości czasu pogłosu w zależności od wariantu adaptacji	24
Tabela 8 Wartości promienia granicznego	24

1. Cel i podstawa opracowania

Opracowanie przygotowano na podstawie:

- zlecenia firmy Pracowania Architektów Zen Jacek Mielewski
- dokumentacji architektonicznej pomieszczenia hali sportowej ZSSiMS przy ul. Subisława 22 w Gdańsku
- inwentaryzacji materiałów wykończeniowych oraz geometrii pomieszczeń przekazanych przez pracownię architektoniczną
- fachowej literatury dotyczącej akustyki oraz norm i wymagań
- uzgodnień międzybranżowych

Przedmiotem opracowania jest hala sportowa w Zespole Szkół Sportowych i Mistrzostwa Sportowego w Gdańsku. Celem opracowania jest analiza akustyczna pomieszczenia, dobór materiałów akustycznych zapewniających optymalne warunki pochłosa oraz ocena skuteczności ich zastosowania. Zastosowane w dokumencie nazwy produktów akustycznych stanowią wartości referencyjne i służą wskazaniu odpowiednich rozwiązań akustycznych.

Opracowanie obejmuje:

- Analizę właściwości akustycznych, w tym:
 - pomiar czasu pochłosa w hali sportowej
 - zbudowanie modelu 3D pomieszczenia
 - analiza czasu pochłosa (RT)
 - zalecenia akustyczne mające na celu poprawę analizowanych parametrów w tym dobór materiałów wykończenia
 - oszacowanie zmniejszenia hałasu pochłosowego

Materiały:

- rysunki architektoniczne
- uzgodnienia ze zlecającym

- 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
- PN-EN 12354-6:2005 Akustyka budowlana, Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów, Część 6: Pochłanianie dźwięku w pomieszczeniach
- PN-EN ISO 11654:1999 Akustyka, Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie, Wskaźnik pochłaniania dźwięku
- PN-EN ISO 3382 Pomiary parametrów akustycznych pomieszczeń
- M. Long *Architectural Acoustics*, Elsevier 2006
- Andrzej Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007.
- DIN 18041 standard "Acoustic quality in small and middle-size rooms"
- katalogi ustrojów akustycznych i materiałów wykończeniowych

2. Zagadnienia ogólne i użyte definicje

Dźwięk bezpośredni [Direct SPL A]

Poziom dźwięku docierający do słuchacza bezpośrednio z głośników w linii prostej (bez odbić)

Dźwięk całkowity [Total SPL A]

Poziom dźwięku docierający do słuchacza z uwzględnieniem wpływu pomieszczenia, odbić oraz czasu pogłosu, będący obiektywnym pomiarowym przybliżeniem poziomu głośności dBA.

Czas pogłosu [RT]

Czas pogłosu stanowi podstawową wielkość definiującą pomieszczenie w akustyce. Jest zależny od objętości pomieszczenia oraz powierzchni i wykończenia ścian. Wyraża się go jako czas w którym energia pola dźwiękowego w pomieszczeniu zanika po wyłączeniu źródła nadawczego - mówiąc inaczej jest to czas w którym poziom dźwięku spadnie o 60dB. Czas pogłosu jest uzależniony od częstotliwości, dlatego też celem lepszej oceny tego parametru podaje się krzywą pogłosową pomieszczenia.

Dla pomieszczeń, w których średni współczynnik pochłaniania dźwięku wynosi więcej niż 0,2, czas pogłosu można przybliżyć stosując wzór Eyringa:

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

Przy pomieszczeniach wykończonych materiałami silnie odbijającymi dźwięk, gdzie średni współczynnik pochłaniania wynosi mniej niż 0,2, czas pogłosu można obliczyć za pomocą wzoru Sabine'a:

$$T_p = \frac{0,161V}{S\alpha}$$

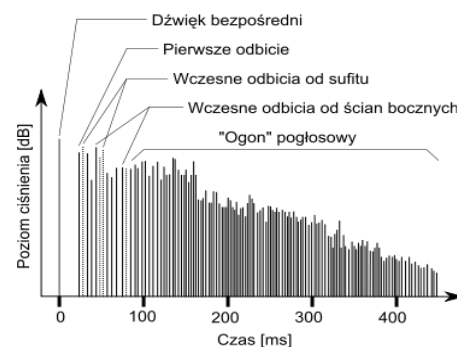
Gdzie:

T_p – czas pogłosu

V – objętość pomieszczenia

S – pole powierzchni ścian ograniczających wnętrze

α –pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku (0-1)



Poziom dźwięku [dBA]

Poziom ciśnienia akustycznego skorygowany według krzywej korekcyjnej, służący przybliżeniu poziomu głośności.

$$L_{pA} = 10 \log \left(\sum_{n=1}^N 10^{0,1(L_{pn}+K)} \right)$$

gdzie:

L_{pn} – poziom ciśnienia akustycznego

K – poprawka krzywej korekcyjnej A

ciśnienie akustyczne – zmienne w czasie odchylenie od średniej wartości ciśnienia statycznego panującego w ośrodku, występujące podczas rozchodzenia się w nim fali akustycznej.

Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku [α]

Parametr opisujący zdolność materiału do pochłaniania dźwięku

$$\alpha = \frac{E_p}{E_c}$$

E_p – energia fali pochłonięta

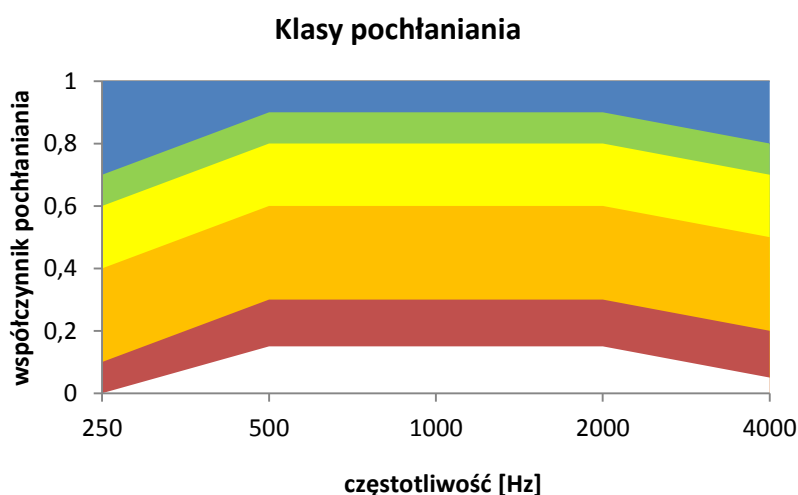
E_c – energia fali padającej na przegrodę

α przyjmuje wartości z przedziału 0-1, gdzie 0 oznacza, że dźwięk został całkowicie odbity, a 1 – całkowicie pochłonięty.

Klasa pochłaniania

11654 [8] klasyfikuje materiały dźwiękochłonne na podstawie krzywych pochłaniania w przedziale A-E, gdzie klasa A oznacza najlepszą dźwiękochłonność, klasa E najłabszą.

α_w	Klasy pochłaniania
0.90 - 1.00	A
0.80 - 0.85	B
0.60 - 0.75	C
0.30 - 0.55	D
0.15 - 0.25	E
0.00 - 0.10	Poza klasyfikacją

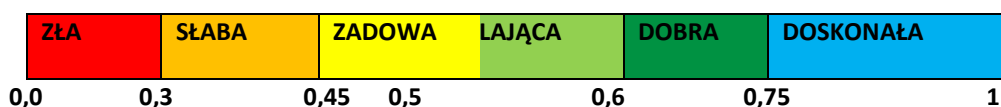


Stosunek sygnału do-szumu [S/N]

Stosunek sygnału użytecznego (komunikatu) do szumu tła (poziomu hałasu) wyrażony w dB

Zrozumiałość mowy [STI]

Zrozumiałość mowy określa stopień, w jakim słowa wypowiedane w pomieszczeniu mogą być słyszane i rozumiane. Najbardziej rozpowszechnionym sposobem wyrażania poziomu zrozumiałości mowy jest użycie wskaźnika zrozumiałości mowy STI (Speech Transmission Index). Wskaźnik transmisji mowy STI opisuje jakość mowy dostarczaną przez system. Współczynnik ten zawiera się pomiędzy 0 oraz 1, a jego wartości korespondują z subiektywnym odczuciem zrozumiałości mowy. Istnieją uproszczone metody pomiaru wskaźnika STI. Metoda pomiaru **STIPa** jest prosta i pozwala na szybki pomiar wskaźnika zrozumiałości mowy dając rezultaty bardziej rzeczywiste niż RASTI.



Na poziom zrozumiałości mowy wpływa wiele czynników, między innymi:

- **jakość sygnału** - komunikaty o złej jakości obniżają zrozumiałość mowy
- **czas pogłosu** – długi czas pogłosu obniża zrozumiałość mowy poprzez zmniejszenie głębokości modulacji komunikatu słownego oraz wpływ wielokrotnych odbić sygnału
- **hałas, stosunek S/N, maskowanie sygnału** – wysoki poziom hałasu (zbyt mały stosunek S/N) maskuje sygnał użyteczny zmniejszając jego zrozumiałość
- **widmo dźwięku** – na zrozumiałość mowy wpływa również energia fali dźwiękowej zawarta w przedziale częstotliwości 250Hz-4000Hz (zubożenie tego pasma wpływa na pogorszenie zrozumiałości mowy.). Wpływ na widmo dźwięku ma przede wszystkim pasmo przenoszenia oraz nierównomierność charakterystyki przenoszenia zastosowanych źródeł dźwięku (głośników).

Promień krytyczny pomieszczenia

Promień krytyczny (graniczny) pomieszczenia r_c to odległość w której energia fali bezpośredniej jest równa energii fali odbitej. Innymi słowy jest to odległość powyżej której składowa pogłosowa hałasu zaczyna dominować w pomieszczeniu.

$$r_c = 0,057 \sqrt{\left(\frac{VQ}{T}\right)}$$

gdzie:

Q – współczynnik kierunkowości źródła

V – kubatura pomieszczenia [m³]

T – czas pogłosu [s]

Hałas pogłosowy

Jest składową hałasu powstającego w pogłosowych pomieszczeniach zamkniętych. Powstaje w wyniku kolejnych odbić fal akustycznych wypromieniowanych ze źródła w pomieszczeniu od przegród ograniczających pomieszczenie.

Zmniejszenie poziomu hałasu pogłosowego ΔL wynikające z zastosowania w pomieszczeniu materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych określa się ze wzoru:

$$\Delta L = 10 \log \frac{T_1}{T_2} (\text{dB})$$

gdzie:

T_1 – czas pogłosu przed wprowadzeniem materiałów akustycznych [s]

T_2 – czas pogłosu po wprowadzeniu materiałów akustycznych [s].

3. Hala sportowa

Analizie poddano pomieszczenie:

1. Hali Sportowej



Rysunek 1 Rozkład analizowanych pomieszczeń

Adaptacja akustyczna hali sportowej ma na celu zapewnienie prawidłowych warunków akustycznych w hali, zmniejszenie poziomu hałasu w hali oraz zwiększenie zrozumiałości mowy.

Zwiększenie chłonności akustycznej hali poprzez wprowadzenie do jej wnętrza materiałów akustycznych pozwala pochłoniąć część energii akustycznej dzięki czemu zmniejsza poziom hałasu oraz czasu pogłosu we wnętrzu zwiększając jednocześnie zrozumiałość mowy.

Hala sportowa nie posiada widowni oraz ma wymiary: 42,5m x 18,1m, wysokość 8,5m (średnio). Objętość hali wynosi $\approx 6550\text{m}^3$. Powierzchnia całkowita przegród $S \approx 2800\text{m}^2$:

- parkiet 780m^2
- ściana południowa: tynk 339m^2 , w tym 204m^2 stanowią okna.
- ściana północna: 386m^2 , w tym $8,5\text{m}^2$ stanowią drzwi, $16,4\text{m}^2$ stanowią okna
- ściana wschodnia: 155m^2 , w tym $1,8\text{m}^2$ stanowią drzwi,
- ściana zachodnia: 155m^2 , w tym $1,8\text{m}^2$ stanowią drzwi,
- strop 660m^2 , wykonanych z prefabrykatów żelbetonowych o wymiarach $1,25 \times 6\text{m}$ oraz głębokości $0,2\text{m}$
- poniżej stropu z prefabrykatów znajduje się konstrukcja stalowa

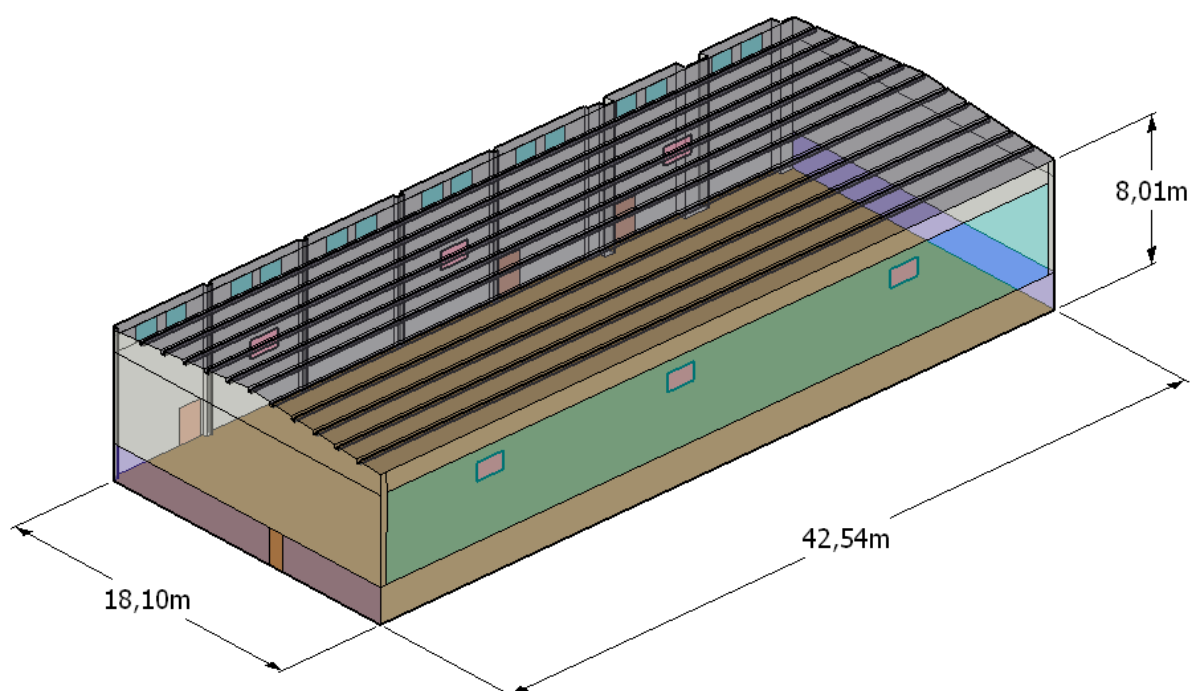
Analizowane pomieszczenie posiada sportową drewnianą podłogę, gładkie tynkowane ściany, okna, drzwi oraz betonowy strop z prefabrykatów.

3.1. Wymagania

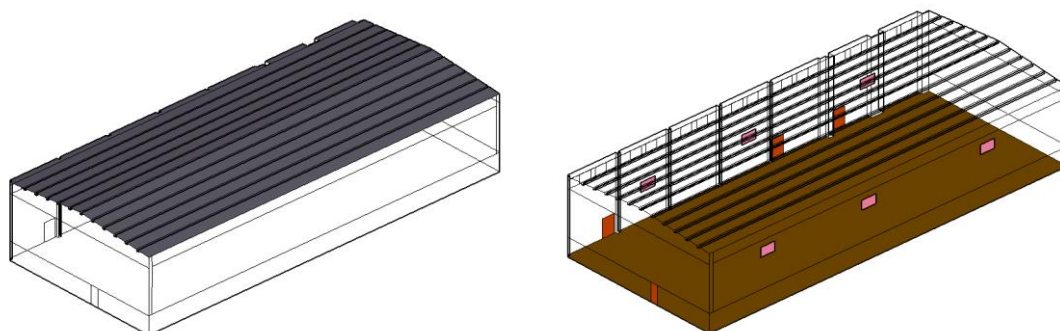
3.1.1 Wymagania czasu pogłosu RT [s]

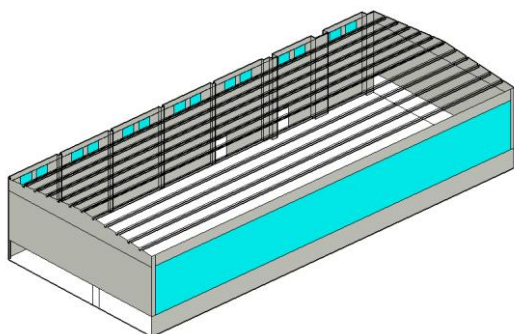
Dla hali sportowej o objętości 6550m^3 zalecany czas pogłosu powinien mieścić się w przedziale 1,8s zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02151-4:2015-06 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.

3.2. Materiały wykończeniowe oraz model 3D pomieszczenia

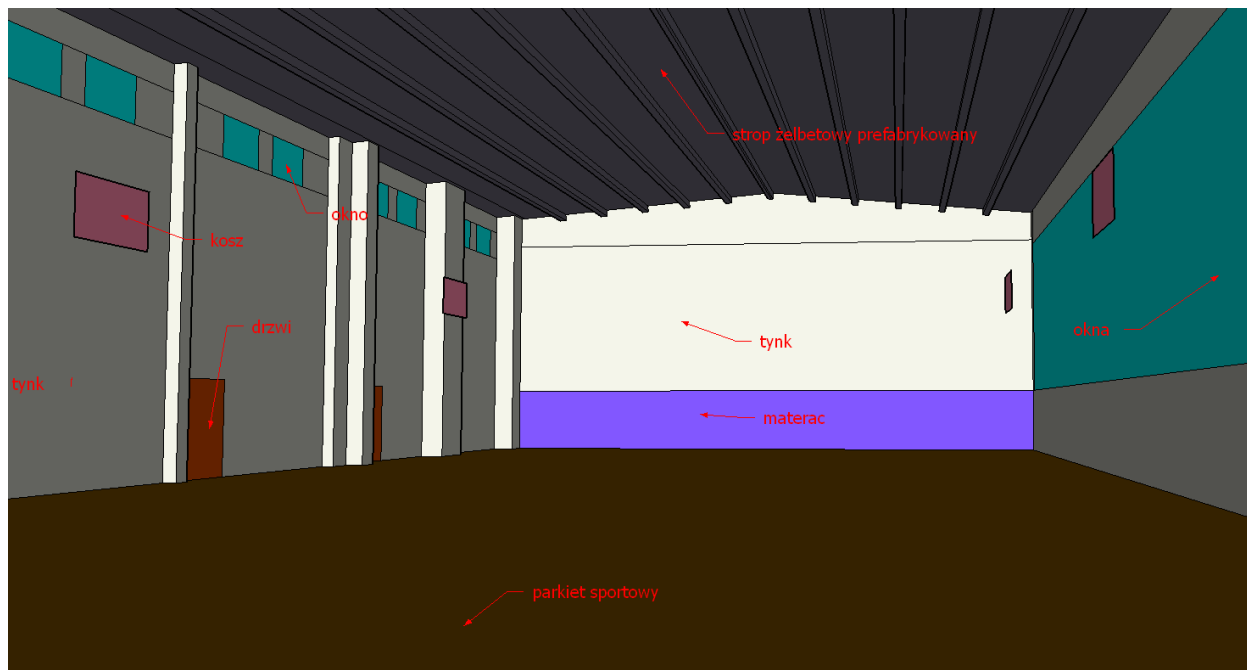


Rysunek 2 Wizualizacja hali sportowej




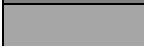






Rysunek 3 Wizualizacja przyjętych materiałów wykończeniowych



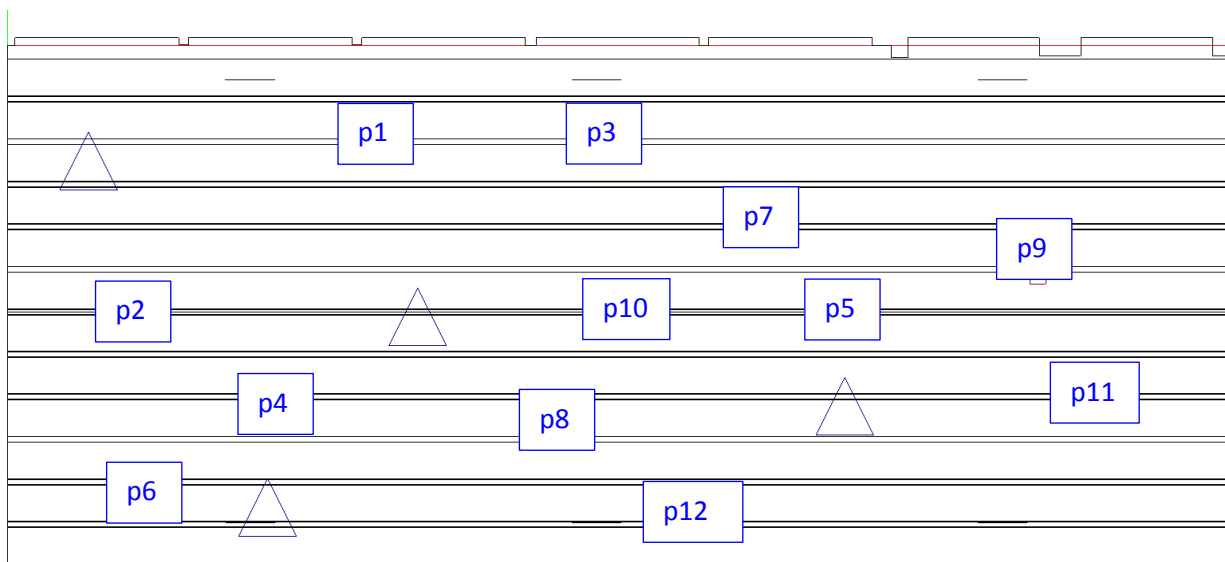
Rysunek 4 Widok rozmieszczenia materiałów

Tabela 1 Wykaz zastosowanych materiałów wykończeniowych:

Kolor	Materiał
	Żelbetowy strop prefabrykowany
	Tynk wapienny na ścianach
	Drewniany parkiet sportowy
	Materace gimnastyczne
	Drzwi
	Okna

3.3. Czas pogłosu w hali sportowej

Dnia 17.09.2021 został wykonany pomiar czasu pogłosu w hali sportowej ZSSiMS. Pomiarów dokonano metodą całkowania odpowiedzi impulsowej uzyskanej przez pobudzenia hali źródłem wszechkierunkowym. Odpowiedź pomieszczenia rejestrowano na miernik klasy 1 Bedrock-audio SM90. Miejsca pomiaru czasu pogłosu przedstawiono poniżej:



Rysunek 5 Punkty pomiarowe czasu pogłosu

Wartości czasu pogłosu zebrane w formie tabeli

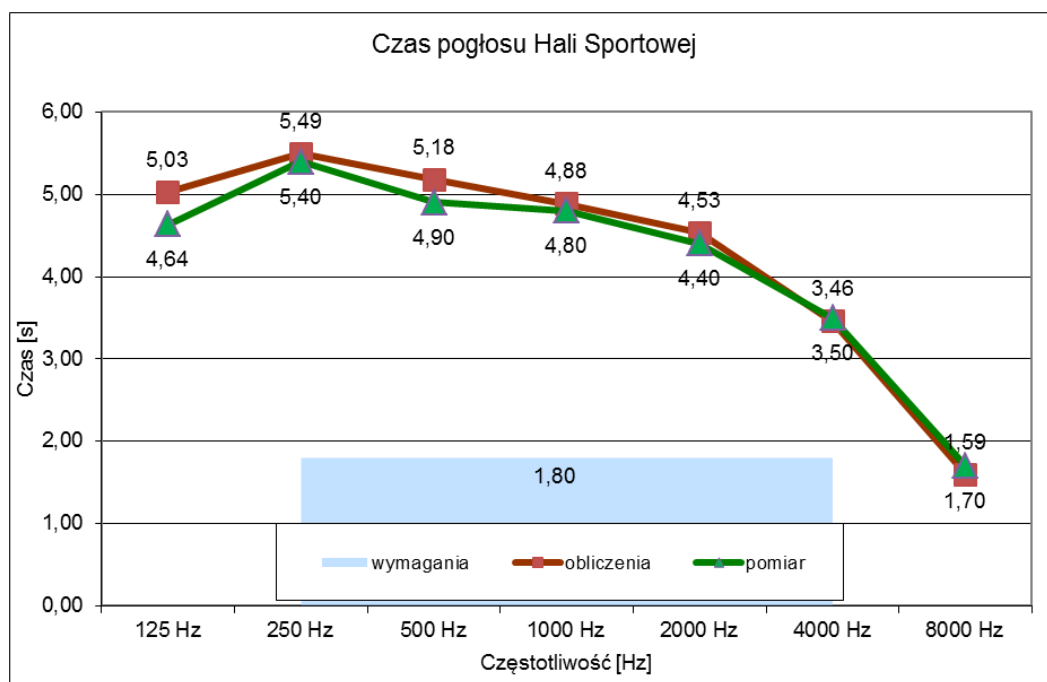
Tabela 2 Wartości zmierzonego czasu pogłosu w hali sportowej

Punkty pomiarowe	Czas pogłosu w pasmach częstotliwości [s]						
nr/f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
P1	4,0	5,4	4,8	4,9	4,4	3,5	1,7
P2	5,1	5,4	4,8	4,8	4,3	3,4	1,6
P3	4,1	5,3	5,0	4,9	4,4	3,5	1,7
P4	4,9	5,4	4,9	4,7	4,3	3,5	1,7
P5	5,1	5,4	4,9	4,7	4,3	3,5	1,7
P6	4,3	5,5	4,9	4,8	4,3	3,5	1,7
P7	4,3	5,7	4,9	4,8	4,3	3,5	1,7
P8	5,0	5,4	4,9	4,8	4,4	3,5	1,7
P9	4,7	5,3	4,7	4,6	4,4	3,5	1,6
P10	4,9	5,2	5,0	4,8	4,4	3,5	1,7
P11	4,9	5,3	4,9	4,7	4,2	3,4	1,6
P12	4,6	5,6	5,1	4,8	4,3	3,5	1,7
Średni czas RT [s]	4,6	5,4	4,9	4,8	4,4	3,5	1,7



Rysunek 6 Widok hali sportowej

Zmierzone wartości czasu pogłosu pozwoliły na dokonanie kalibracji modelu 3D. Dzięki temu błędy obliczeniowe zostały zmniejszone do minimum. Czas pogłosu w pomieszczeniu wyliczony przez program EASE z modułem AURA w zestawieniu z wartościami zmierzonymi w hali:



Rysunek 7 Czas pogłosu w hali sportowej bez adaptacji akustycznej. Zestawienie wartości obliczonych z wartościami pomiarowymi.

Czas pogłosu w hali wynosi 4,6s (250-4000Hz) i przekracza maksymalne zalecane wartości ($RT \leq 1,8s$).

3.4. Wskaźnik zrozumiałości mowy

Ze względu na funkcje Hali sportowej, która jest salą szkolną duży nacisk kładzie się na komfort zrozumiałości treści słownej. Pomiary wskaźnika zrozumiałości mowy w hali sportowej wykazały niskie wartości $STI=0,34$. Rekomendacje dla pomieszczeń do komunikacji słownej wnoszą $STI \geq 0,6$.

3.5. Adaptacja akustyczna

Do uzyskania projektowanego czasu pogłosu przyjęto materiały i ustroje opisane poniżej.

3.5.1 Przyjęte materiały i ustroje

a) Strop hali

Strop hali wyłożono tynkiem akustycznym specjalistycznym standard o grubości 35mm prefabrykaty betonowe wraz z podciągami. Dla dwóch skrajnych prefabrykatów stropu zastosowano ustrój akustyczny w postaci wełny mineralnej 60mm pokrytej cienkowarstwowym tynkiem akustycznym (grub. 5mm na wełnie 60mm).



Rysunek 8 Miejsce montażu materiału na stropie

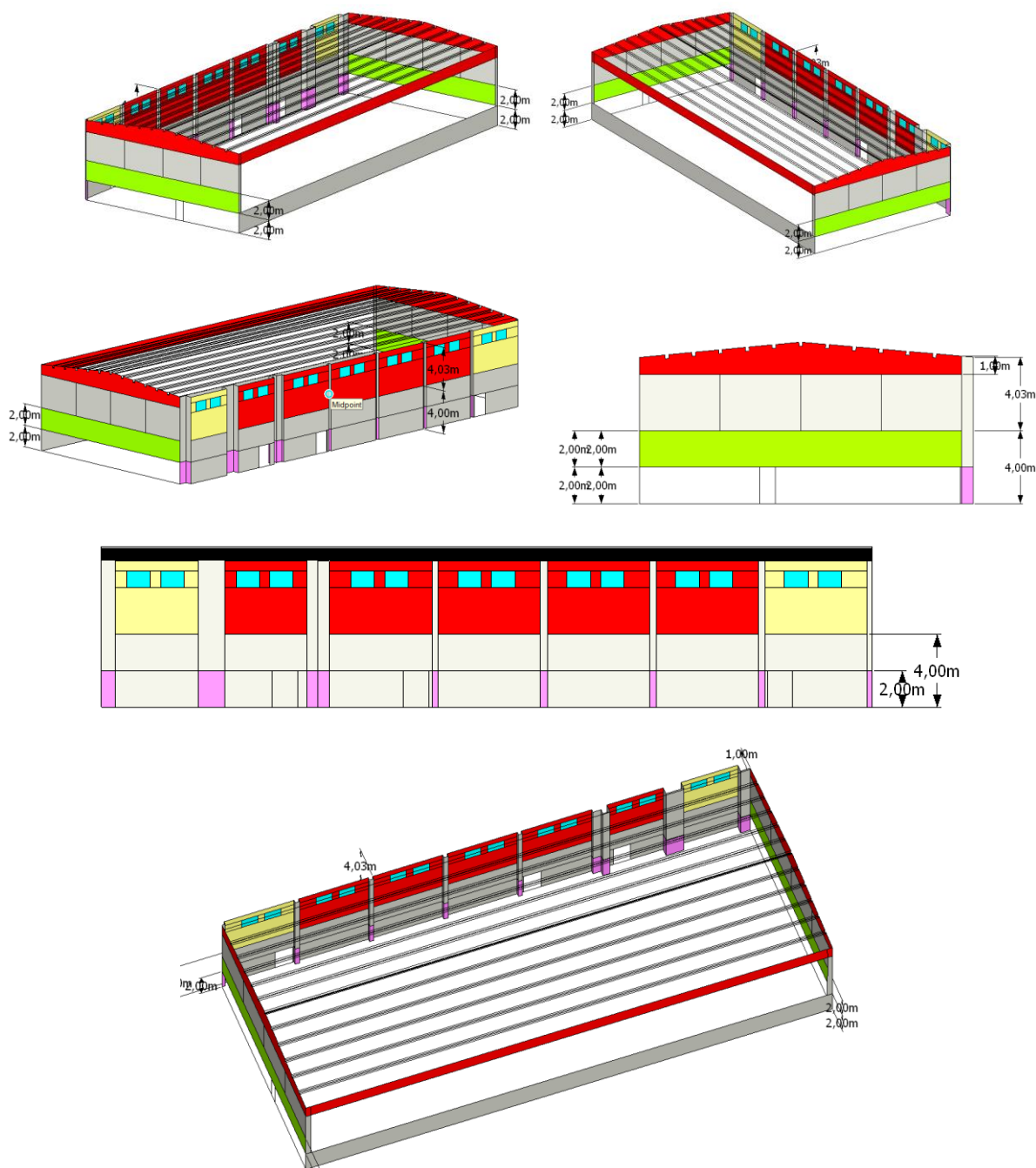
Tabela 3 Wykaz zastosowanych materiałów akustycznych na stropie

Kolor	Materiał	Miejsce montażu	Ilość [m ²]
	Tynk akustyczny specjalistyczny std. o gr 35mm	Strop	813
	Tynk akustyczny cienkowarstwowy 5mm na wełnie mineralnej – 60mm	Strop – dwa zewnętrzne prefabrykaty	115

a) Ściany hali

Ściany hali wyłożono tynkiem akustycznym specjalistycznym standard o grubości 35mm od stropu do wysokości konstrukcji stalowej (pas około 1,1m) na ścianie wschodniej, zachodniej oraz południowej.

Na ścianie północnej dla dwóch skrajnych prefabrykatów stropu zastosowano ustrój akustyczny w postaci wełny mineralnej 60mm pokrytej cienkowarstwowym tynkiem akustycznym (grub. 5mm na wełnie 60mm).



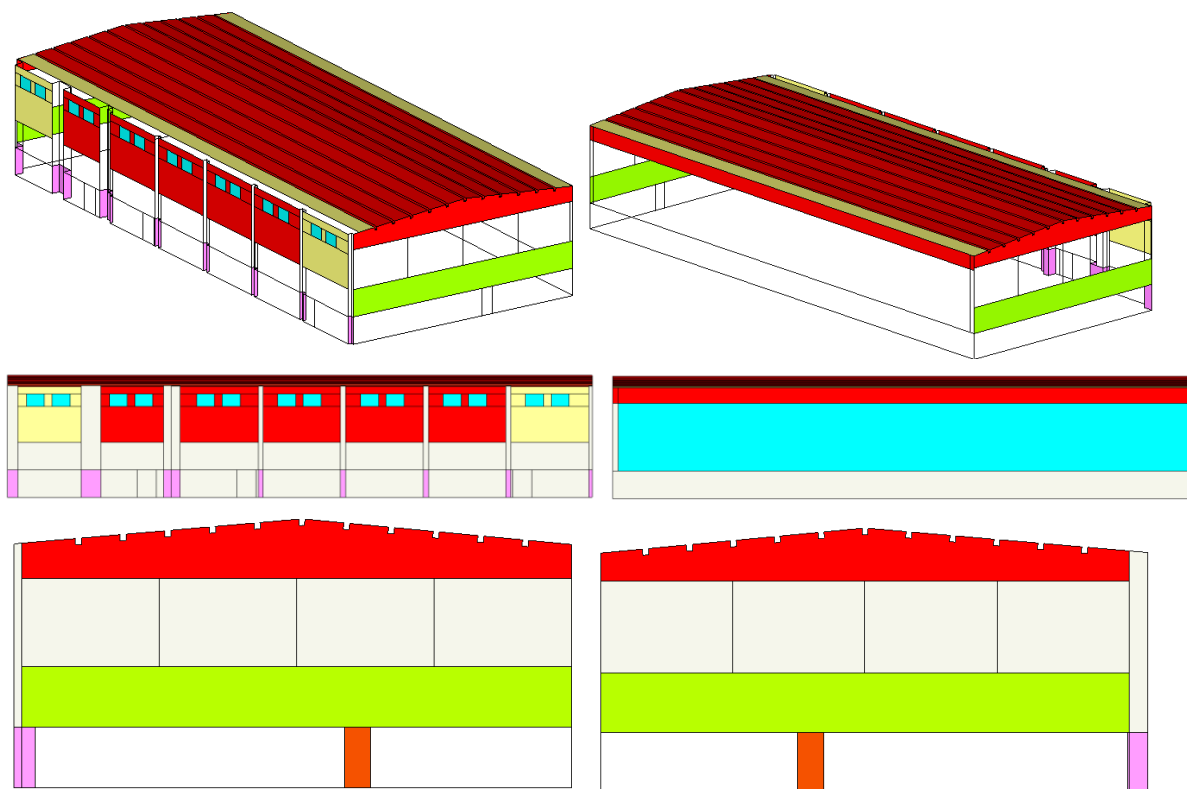
Rysunek 9 Miejsce montażu materiałów akustycznych na ścianach

Tabela 4 Wykaz zastosowanych materiałów akustycznych na ścianach

Kolor	Materiał	Miejsce montażu	Ilość [m ²]
	Tynk akustyczny specjalistyczny std. o gr 35mm	Montaż bezpośredni Ściany pld, sch, zach w formie pasaod stropu do wysokości konstrukcji hali (około 1,1m)	99
		Montaż bezpośredni Ściana pn. 5 wnek pomiędzy słupami od 4m do stropu	98
	Tynk akustyczny cienkowarstw. 5mm na wełnie mineralnej – 60mm	Montaż bezpośredni Ściana pn. 2 wnęki przy ścianach szczytowych pomiędzy słupami od 4m do stropu	36
	płyta akustyczna klasy A 40 mm, odporna na uderzenia	Montaż bezpośredni na dedykowanej konstrukcji: Ściany szczytowe w formie 2m pasa na wysokości 2m od posadzki (nad materacami)	72
	Mata wibroizolacyjna 25 mm	Montaż bezpośredni: Mata wibroizolacyjna zabezpieczająca słupy ściany ptn. Od posadzki do 2m.	22

Tabela 5 Wykaz współczynników pochłaniania dźwięku materiałów akustycznych

	Materiał akustyczny	Współczynniki pochłaniania dźwięku w pasmach częstotliwości						α_w
		125	250	500	1000	2000	4000	
	Tynk akustyczny specjalistyczny std. o gr 35mm	0,26	0,62	1	1	1	0,96	0,9
	Tynk akustyczny cienkowarstwowy 5mm na wełnie min. – 60mm	0,67	1	1	1	1	1	1
	płyta akust. klasy A odp. na uderz. 40 mm	0,15	0,65	1	1	1	1	0,95
	mata wibroizolacyjna gr 25mm	0,05	0,25	0,70	0,90	0,85	0,85	0,55



Rysunek 10 Wizualizacja modelu z całkowitą adaptacją akustyczną

Dopuszcza się zastosowanie materiału zamiennego o właściwościach akustycznych nie gorszych niż przedstawione dla poszczególnych pasm częstotliwości.

3.5.2 Wymagania techniczne materiałów akustycznych

Wszystkie zastosowane materiały akustyczne powinny posiadać odpowiednią niepalność oraz odporność na uderzenia.

Materiały należy mocować w sposób trwały uniemożliwiający ich samoistne przesunięcie bądź oderwanie.

Materiał montowany na stropie będzie częściowo zabezpieczony poprzez konstrukcję stalową hali, przez co wymóg odporności na uderzenia nie jest obligatoryjny jednak wskazany.

W celu zmniejszenia zużycia materiałów akustycznych na ścianach szczytowych zaleca się montaż siatek ochronnych.

Wszystkie materiały akustyczne montować w sposób zalecany przez producenta.

Tynki akustyczne specjalistyczne nanosić bezpośrednio na stropy oraz ścianę zgodnie z zaleceniami producenta.

Tynk akustyczny cienkowarstwowy nanosić na uprzednio przyklejoną bądź kołkowaną wełnę zgodnie z zaleceniami producenta.

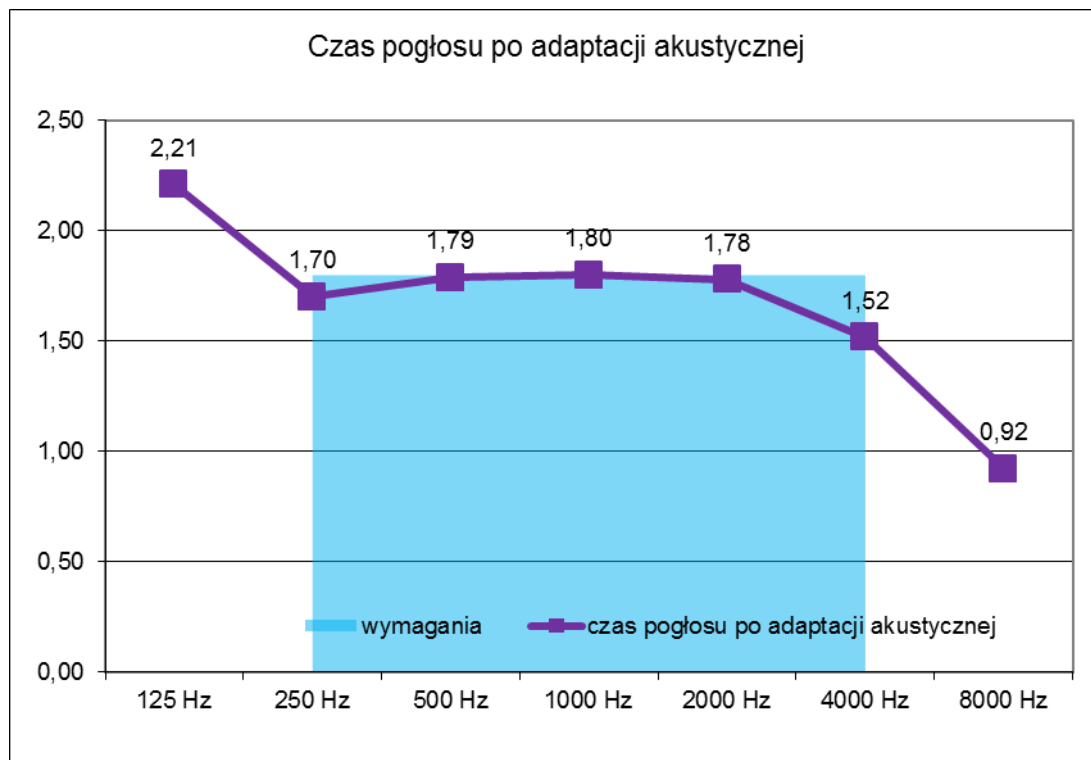
Panele z wełny mineralnej prasowanej klasy A (izol.akust) montować bezpośrednio do ścian używając dedykowanych konstrukcji systemowych.

Maty wibroizolacyjne kleić bezpośrednio do ścian odpowiednio przygotowanych zgodnie z zaleceniami producenta.

3.6. Wyniki

3.6.1 Czas pogłosu po adaptacji akustycznej

Uzyskano czas pogłosu $T = 1,72s$ (250-4000Hz) co jest zgodne z założeniami oraz wymaganiami.



Rysunek 11 Uzyskany czas pogłosu po adaptacji akustycznej zestawiony z wymaganiami

Tabela 6 Wartości czasu pogłosu w zależności od wariantu adaptacji

	Czas pogłosu w pasmach częstotliwości [s]						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Wartości czasu pogłosu po adaptacji akustycznej	2,21	1,7	1,79	1,8	1,78	1,52	0,92

3.6.2 Zmniejszenie hałasu pogłosowego w pomieszczeniu

Wpływ adaptacji akustycznej na hałas pogłosowy obliczono zgodnie ze wzorem

$$\Delta L = 10 \log \frac{T_1}{T_2} \text{ (dB)}$$

Tabela 7 Wartości czasu pogłosu w zależności od wariantu adaptacji

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Średnie ΔL
Zmniejszenie hałasu pogłosowego ΔL [dB]	3,2	5	4,4	4,3	3,9	3,6	2,7	3,9

Po zastosowaniu projektowanej adaptacji uzyskano redukcję hałasu pogłosowego ΔL 2,7-5 dB w zależności od pasma częstotliwości. Średnia wartość zmniejszenia hałasu pogłosowego wynosi 3,9dB co odpowiada dwukrotnemu zmniejszeniu hałasu w pomieszczeniu.

3.6.3 Poprawa wskaźnika zrozumiałości mowy STI

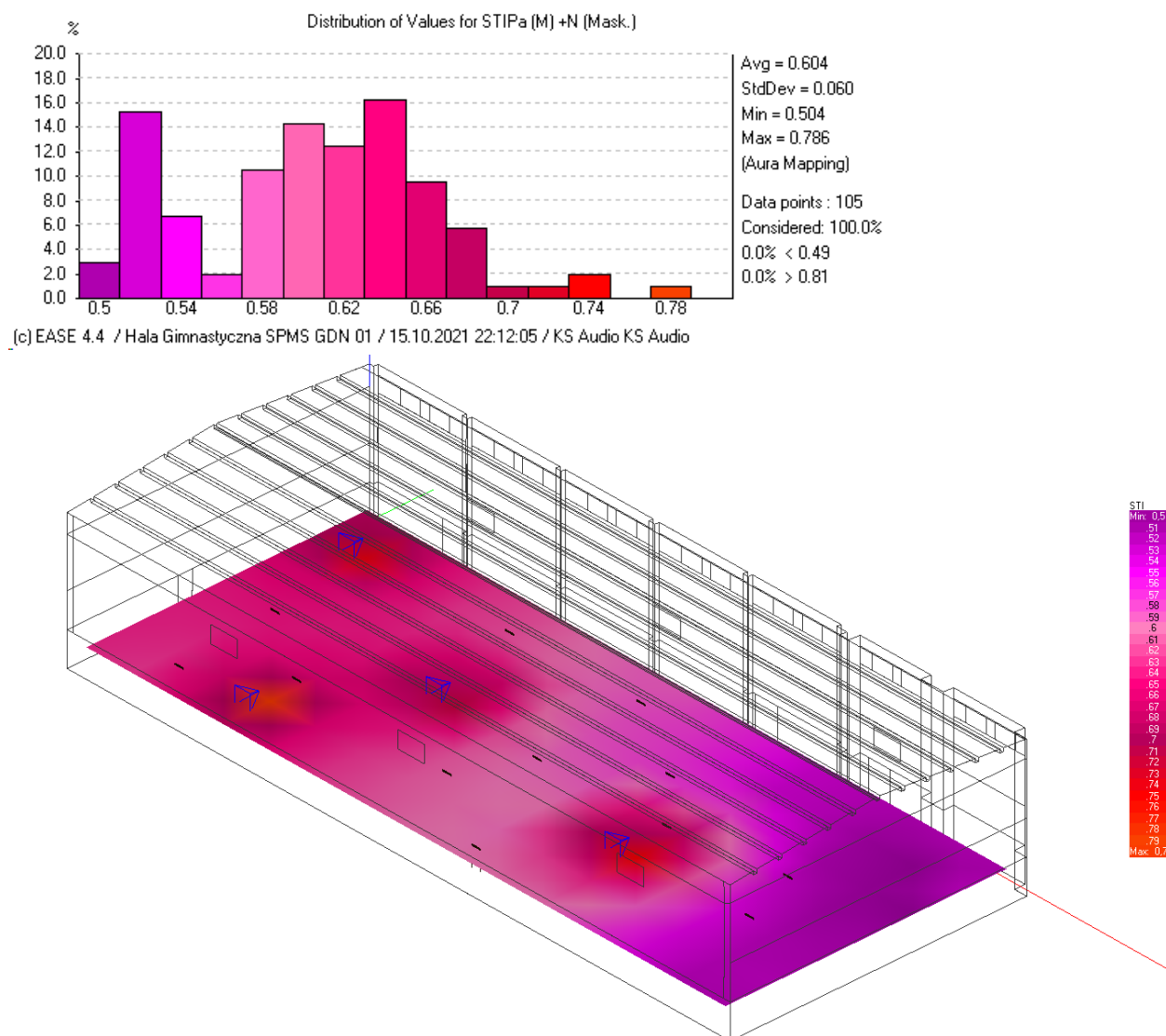
Po zastosowaniu adaptacji akustycznej w hali uzyskano średnią wartość wskaźnika zrozumiałości mowy $STI=0,6$. Co jest wartością wysoką i wskazuje na dobre warunki akustyczne.

Promień granicy pomieszczenia po zastosowaniu adaptacji akustycznej:

Tabela 8 Wartości promienia granicznego

Promień graniczny pomieszczenia r_c [m]	
Bez adaptacji	Adaptacja akustyczna
3	5

Po adaptacji akustycznej promień graniczny został wydłużony z wartości 3m do 5m. Oznacza to, że ilość energii fali odbitej w pomieszczeniu bez adaptacji zaczyna dominować w odległości 3m a po adaptacji po 5m.



Rysunek 12 Rozkład przestrzenny wskaźnika zrozumiałości mowy przy hałasie odpowiadającym krzywej hałasowej NR-40.

3.6.4 Ocena i podsumowanie

Hala sportowa bez adaptacji akustycznej wykazuje czas pogłosu rzędu 4,6s. W celu poprawy warunków akustycznych oraz zmniejszenia hałasu pogłosowego zaleca się zastosowanie adaptacji akustycznej. Niniejsze opracowanie przedstawia adaptację w postaci materiału akustycznego umieszczonego w hali. Materiały akustyczne rozmieszczono na stropie hali (100% powierzchni), na ścianach hali (około 35% powierzchni). Zastosowanie adaptacji wnętrza pozwala na skrócenie czas pogłosu do wartości 1,72s.

Dopuszcza się zastosowanie materiałów zamiennych o właściwościach akustycznych nie gorszych niż przedstawione dla poszczególnych pasm częstotliwości.

4. Wnioski

Powyższe obliczenia wskazują, iż zastosowanie adaptacji akustycznej pozwala skrócić czas pogłosu z wartości 4,6s do wartości zalecanych 1,7s. Zaproponowane rozwiązania pozwalają uzyskać odczuwalne zmniejszenie wartości hałasu pogłosowego i zapewnią odpowiedni komfort akustyczny.

Należy zastosować materiały akustyczne o parametrach nie gorszych niż przedstawione w niniejszym dokumencie z uwzględnieniem współczynników pochłaniania dla każdego z pasm częstotliwości. Materiały te należy zamontować w ilościach oraz miejscach opisanych w niniejszym dokumencie. Zastosowanie materiałów akustycznych o mniejszej chłonności bądź w mniejszych ilościach może uniemożliwiać osiągnięcie wymaganych współczynników.

Można rozważyć montaż sufitu akustycznego w podwieszeniu, co dodatkowo zwiększy jego skuteczność w niskim paśmie częstotliwości. Zwiększy to skuteczność zastosowanej adaptacji o około 5-10%.

W przypadku rezygnacji z materacy stawianych na ścianach szczytowych ściany te należy obłożyć materiałem akustycznym odpornym na uderzenia mechaniczne, np. matą wibroizolacyjną o grubości 25 lub 50mm.

Typy oraz marki materiałów wskazane w tym dokumencie stanowią wartości referencyjne i służą wskazaniu odpowiednich rozwiązań akustycznych.

4.1. Dodatkowe zalecania

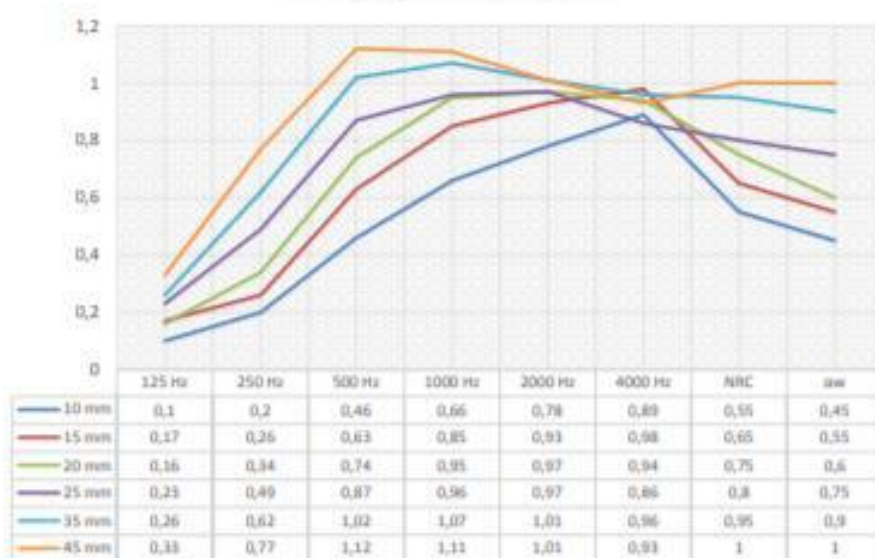
Zaleca się wyłożenie dodatkowego materiału akustycznego za drabinkami gimnastycznym w celu redukcji echa jakie może powstawać pomiędzy równoległymi długimi ścianami. Jako materiał można zastosować tynk akustyczny, panele naścienne bądź maty wibroizolacyjne .

Wszystkie wskazane w opracowaniu materiały służą wskazaniu rozwiązań referencyjnych i mogą być zastąpione materiałami o właściwościach nie gorszych niż zaproponowane.

Karty materiałowe - referencyjne

Parametry tynku akustycznego

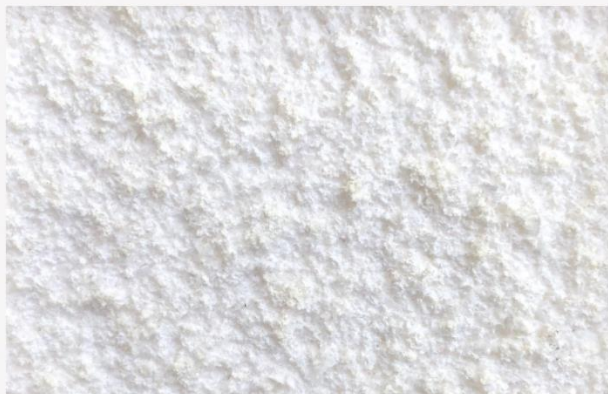
Parametry akustyczne:



TYNK AKUSTYCZNY CIENKOWARSTWOWY

gładzony tynk akustyczny, tynk dźwiękochłonny wykonywany na wełnie mineralnej.

- klasa palności A1
- gładzona struktura, równa płaszczyzna (**imitacja ściany**)
- dwie główne warstwy produktu: wełna mineralna + ok 3 mm tynku akustycznego zagładzanego
- możliwość wykonania na różnych grubościach wełny mineralnej (standardowo od 20 do 40 mm)
- więcej etapów prac niż przy tynku natryskowym



- klasa pochłaniania dźwięku A - dla warstwy wełny mineralnej min. 30mm
- struktura: drobny baranek
- klasa palności A1



Detail



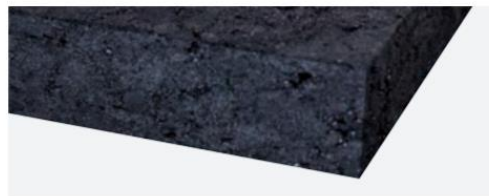
Set-up: 5 mm Power Acoustics
60 mm thick

otwartokomórkowy materiał akustyczny pochłaniający dźwięk.

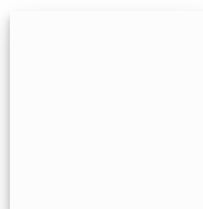
Jego otwartokomórkowa struktura, a także unikalna gradientowa budowa, sprawiają, iż jest on doskonałym rozwiązaniem akustycznym w budownictwie ogólnym, HVAC/R, w zastosowaniach przemysłowych. Materiał ten łączy doskonałe pochłanianie dźwięku z właściwościami dźwiękoizolacyjnymi.

ZASTOSOWANIA

wykorzystywany jest w sytuacjach, w których niezbędne staje się użycie skutecznego materiału dźwiękochłonnego: w budownictwie ogólnym, rurociągach przemysłowych, zastosowaniach O.E.M.



powierzchnia płyt sufitowych i paneli ściennych do środowisk, gdzie istnieje ryzyko uszkodzeń mechanicznych. Mocna tkanina z włókna szklanego, rdzeń płyt ze sprasowanej wełny szklanej i dodatkowo wzmocniona konstrukcja składają się na system odporny na uderzenia. Uwaga: Kolory mogą się delikatnie różnić między partiami produkcyjnymi. Odzworowanie kolorów różni się między zdjęciami a rzeczywistością.

**WHITE 085**

Najbliższy kolor wg NCS: S

1002-Y

Odbicie światła: 78%

