


Nazwa projektu		WYMAGANIA AKUSTYCZNE DO PROJEKTU TECHNICZNEGO BASENU		
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 80-400 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 basenowa	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 basenowej	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
Karty materiałowe - referencyjne	27

Spis rysunków

Rysunek 1 Rozkład analizowanych pomieszczeń	12
Rysunek 2 Wizualizacja hali basenowej	13
Rysunek 3 Wizualizacja przyjętych materiałów wykończeniowych	14
Rysunek 4 Widok rozmieszczenia materiałów wykończeniowych	14
Rysunek 5 Punkty pomiarowe czasu pogłosu	15
Rysunek 6 Widok hali basenowej.....	16
Rysunek 7 Czas pogłosu w hali basenowej bez adaptacji akustycznej. Zestawienie wartości obliczonych z wartościami pomiarowymi.....	17
Rysunek 8 Miejsce montażu materiału na stropie	18
Rysunek 9 Miejsce montażu materiałów akustycznych na ścianach	20
Rysunek 10 Uzyskany czas pogłosu po adaptacji akustycznej zestawiony z wymaganiami.....	23
Rysunek 11 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 basenowej.....	16
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.....	21
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 basenowej 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 basenowa 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 basenowej
 - 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:

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

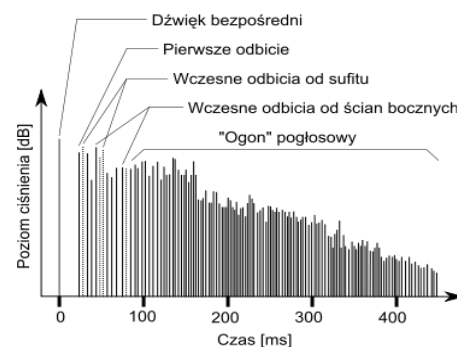
Gdzie:

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

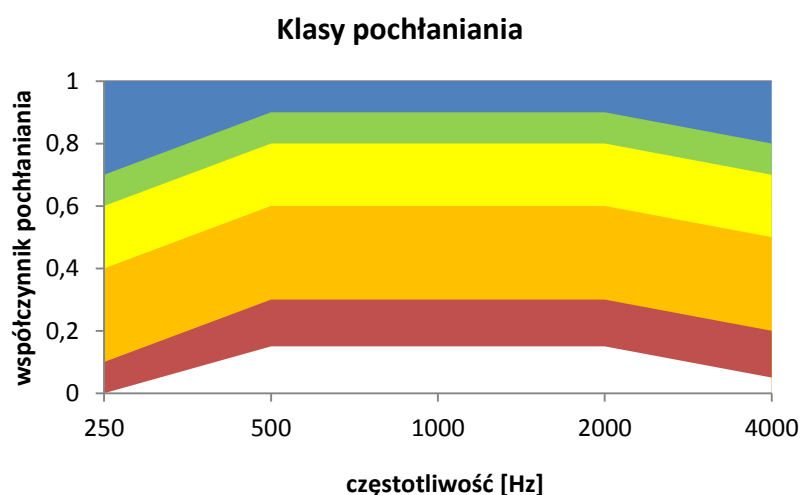
E_c – energia fali padającej na przegrodę

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

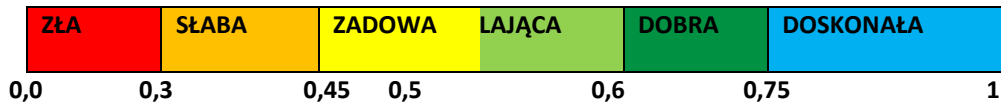


Stosunek sygnału do-szumu [S/N]

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:

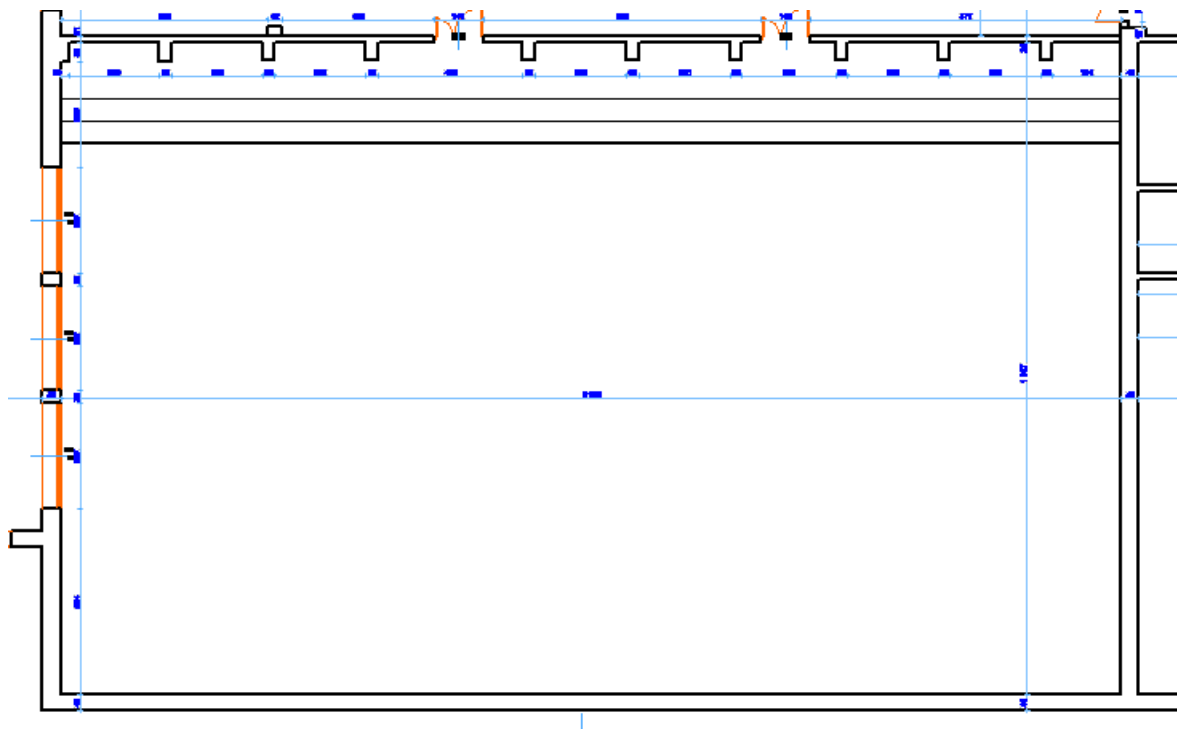
T_1 – czas pogłosu przed wprowadzeniem materiałów akustycznych [s]

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

3. Hala basenowa

Analizie poddano pomieszczenie:

1. Hali Basenowej



Rysunek 1 Rozkład analizowanych pomieszczeń

Adaptacja akustyczna hali basenowej 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 basenowa posiada widownię oraz ma wymiary: 30 m x 18,3m, wysokość 6m (średnio). Objętość hali wynosi $\approx 3225\text{m}^3$. Powierzchnia całkowita przegród $S \approx 2286\text{m}^2$:

- woda 315m^2
- terakota 210m^2
- ściana południowa: 178m^2 płytki ceramiczne do wysokości 2,1m powyżej tynk w tym 64m^2 stanowią okna.
- ściana północna: 215m^2 płytki ceramiczne do wysokości 2,1m powyżej tynk w tym 18m^2 stanowią drzwi, 50m^2 stanowią trybuny
- ściana wschodnia: 110m^2 płytki ceramiczne do wysokości 2,1m powyżej tynk w tym 14m^2 stanowią luksfery, $8,5\text{m}^2$ okna,
- ściana zachodnia: 110m^2 płytki ceramiczne do wysokości 2,1m powyżej tynk,
- strop 485m^2 strop żelbetowy, oraz podciągi stalowe o grubości 1m,

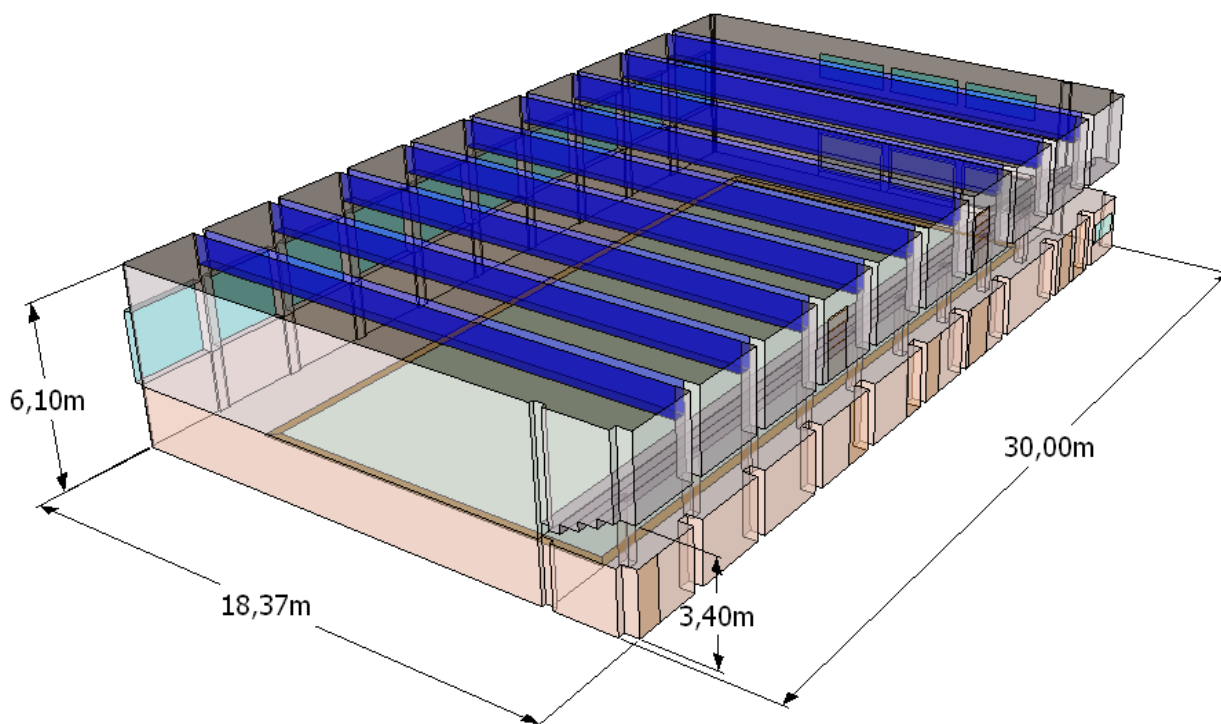
Analizowane pomieszczenie posiada wysoką wilgotność.

3.1. Wymagania

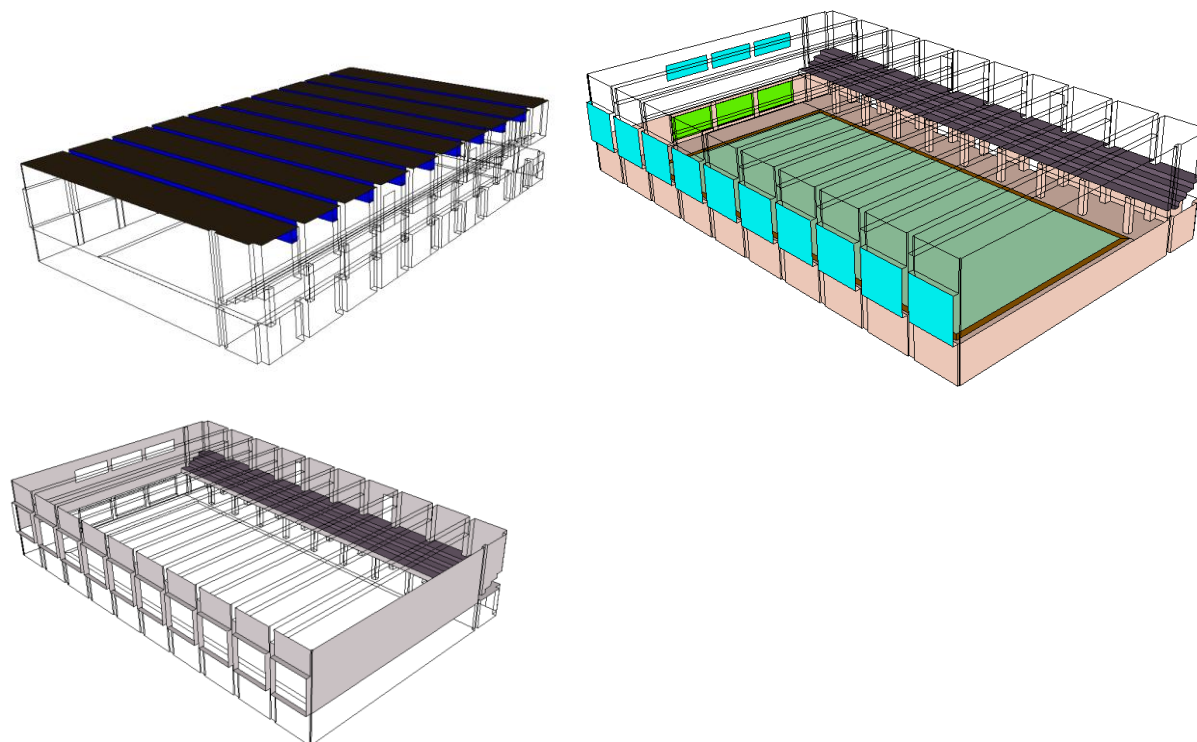
3.1.1 Wymagania czasu pogłosu RT [s]

Dla hali basenowej o objętości 3225m^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.

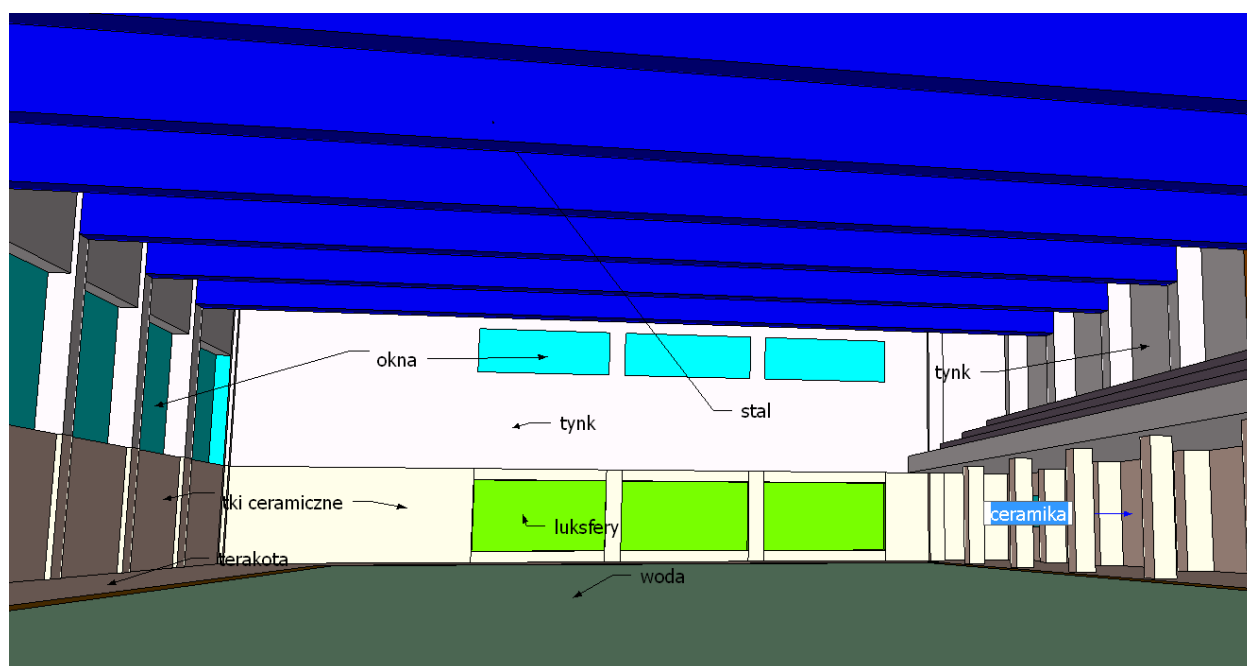
3.2. Materiały wykończeniowe oraz model 3D pomieszczenia



Rysunek 2 Wizualizacja hali basenowej



Rysunek 3 Wizualizacja przyjętych materiałów wykończeniowych



Rysunek 4 Widok rozmieszczenia materiałów wykończeniowych

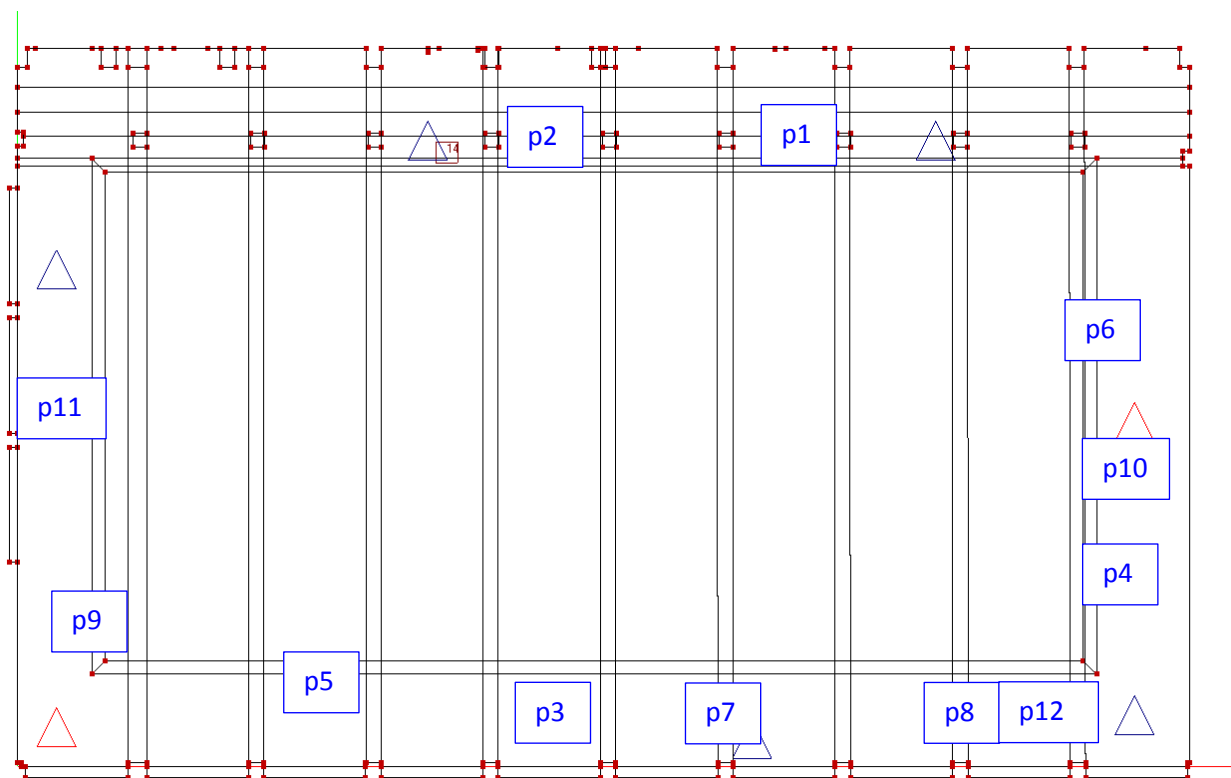
Tabela 1 Wykaz zastosowanych materiałów wykończeniowych:

Kolor	Materiał
	Żelbetowy strop prefabrykowany

	Tynk wapienny na ścianach
	Płytki ceramiczne
	lustrzane
	Drzwi
	Okna
	Woda
	Podciągi stalowe

3.3. Czas pogłosu w hali basenowej

Dnia 17.09.2021 został wykonany pomiar czasu pogłosu w hali basenowej 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 basenowej

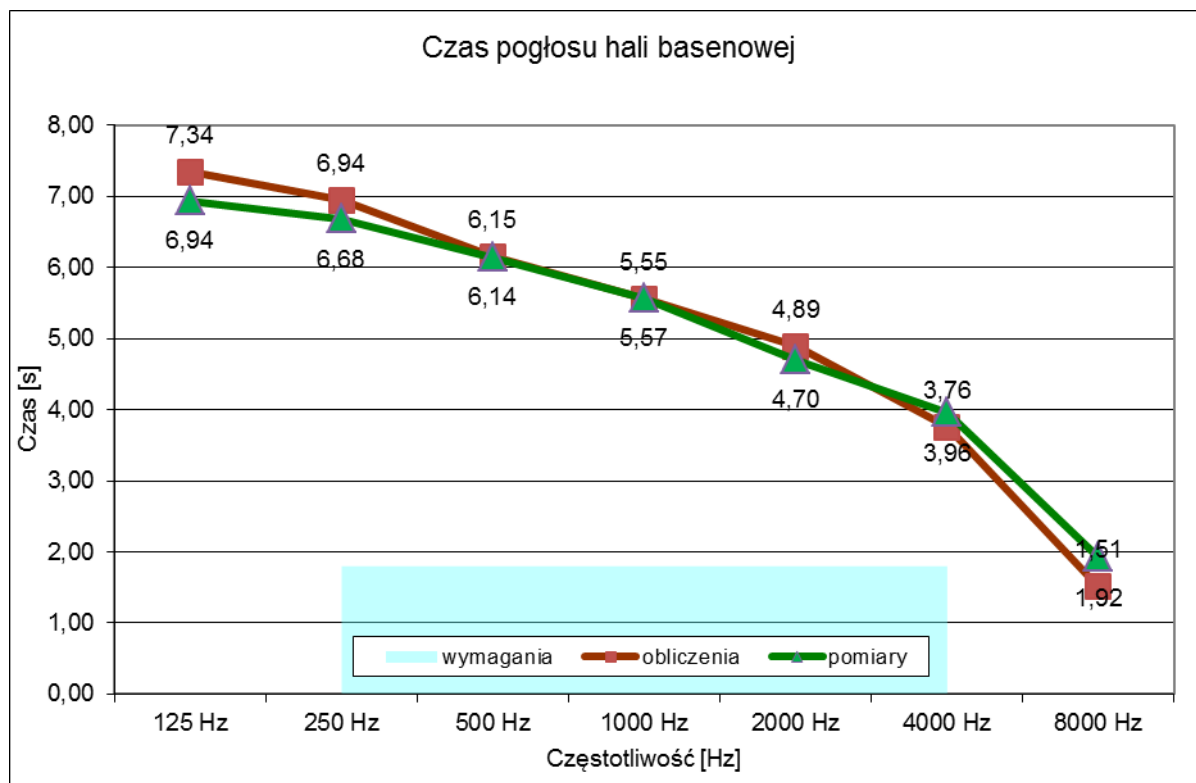
Punkty pomiarowe	Czas pogłosu w pasmach częstotliwości [s]						
nr/f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
P1	6,0	6,9	5,8	5,6	4,7	4,1	1,9
P2	6,0	7,0	6,3	5,5	4,7	4,0	1,8
P3	7,5	6,5	6,2	5,5	4,7	3,5	1,7
P4	4,9	5,5	6,1	5,5	4,7	3,7	1,8
P5	6,2	7,5	6,2	5,6	4,7	4,4	2,0
P6	6,4	5,8	6,2	5,6	4,7	3,5	1,7
P7	6,5	6,5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



Rysunek 6 Widok hali basenowej

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 basenowej bez adaptacji akustycznej. Zestawienie wartości obliczonych z wartościami pomiarowymi.

Czas pogłosu w hali basenowej wynosi 5,4s (250-4000Hz) i przekracza maksymalne zalecane wartości ($RT \leq 1,8s$).

3.4. Wskaźnik zrozumiałości mowy

Ze względu na funkcje basenu, który jest basenem szkolnym duży nacisk kładzie się na komfort zrozumiałości treści słownej. Pomiary wskaźnika zrozumiałości mowy wykazały niskie wartości $STI=0,29$. Rekomendacje dla pomieszczeń do komunikacji słownej wnoszą $STI \geq 0,6$, jednak nie są one stawiane halom basenowym.

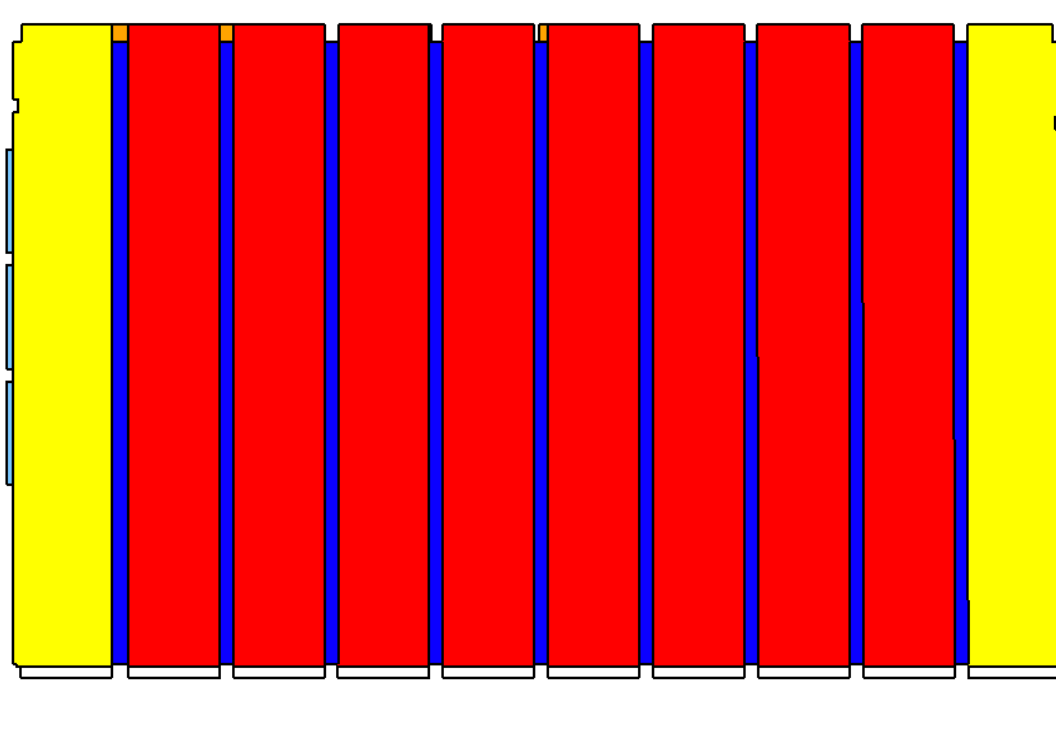
3.5. Adaptacja akustyczna

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

3.5.1 Przyjęte materiały i ustroje

a) Strop basenu

Strop basenu wyłożono tynkiem akustycznym specjalistycznym standard o grubości 35mm pomiędzy stalowymi podciągami. Dla dwóch skrajnych pasów stropu zastosowano ustrój akustyczny w postaci wełny mineralnej 60mm pokrytej cienkowarstwowym tynkiem akustycznym (grubo ci 5mm na wełnie 60mm).



Rysunek 8 Miejsce montażu materiału na stropie

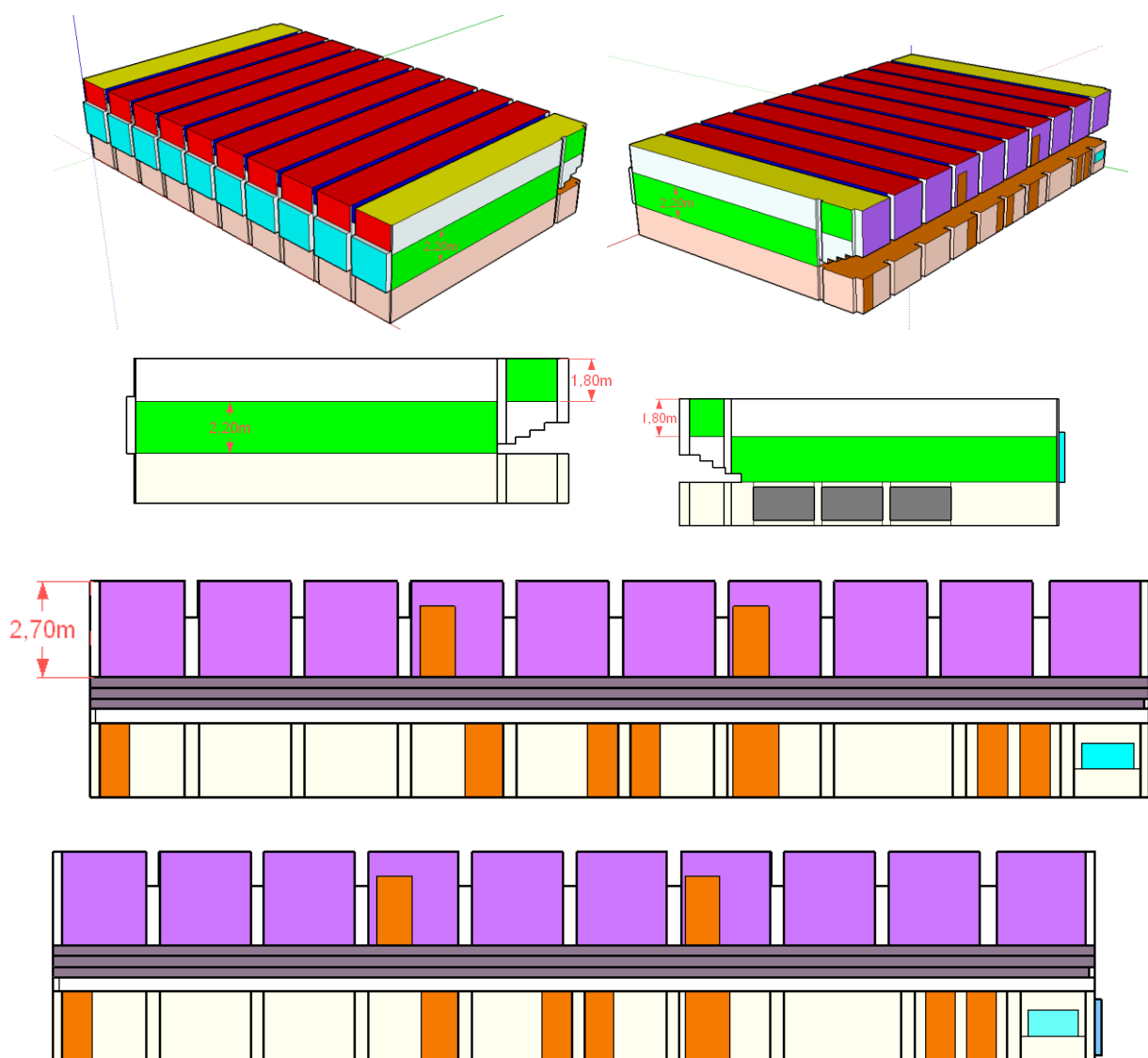
Tabela 3 Wykaz zastosowanych materiałów akustycznych na stropie

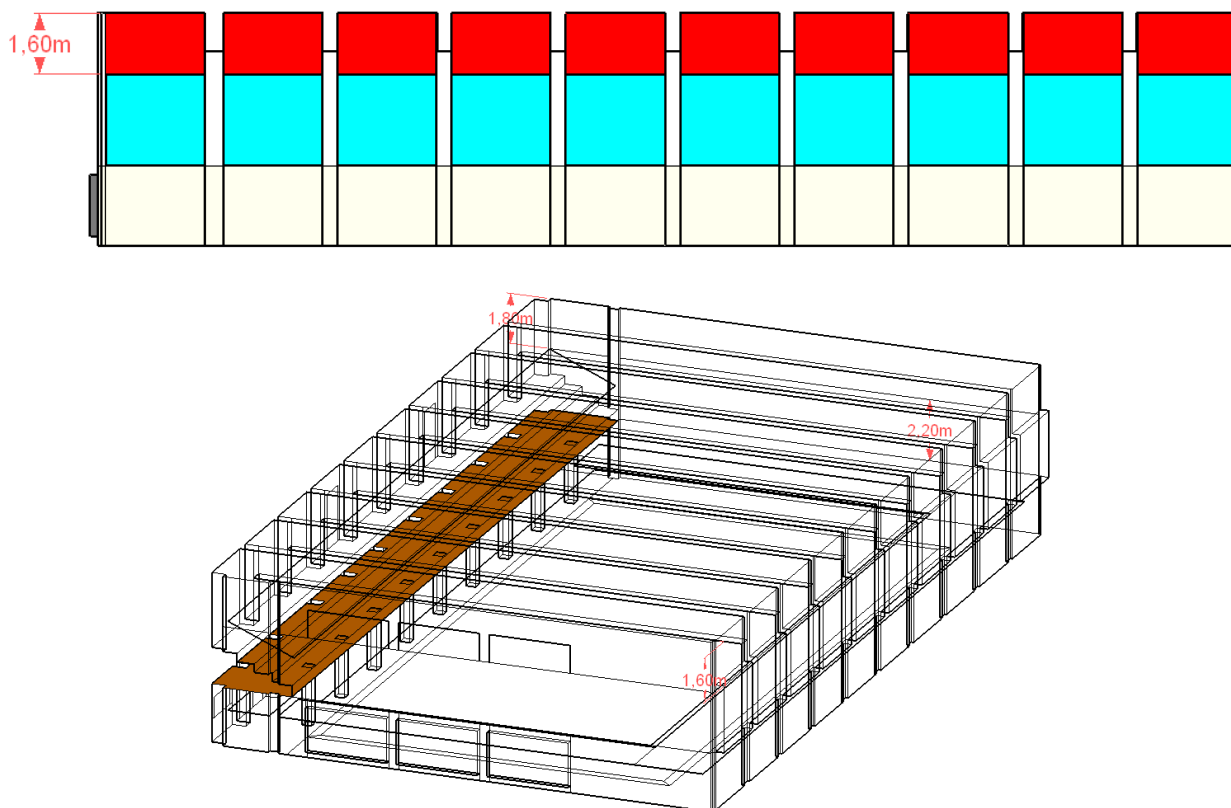
Kolor	Materiał	Miejsce montażu	Ilość [m ²]
	Tynk akustyczny specjalistyczny std. o gr 35mm	Strop	384
	Tynk akustyczny grubo ci 5mm na wełnie mineralnej – 60mm	Strop – dwa zewnętrzne prefabrykaty	100

a) Ściany basenu

Ściany basenu wyłożono perforowanymi płytami GK w wersji odpornej na wilgoć (rozw. syst. na podkonstrukcji 200mm z wypełnieniem wełną 100mm) na ścianach za trybunami, tynkiem akustycznym specjalistycznym standard o grubości 35mm nad oknami na ścianie pn. Na ścianach wsch. oraz zach. użyto płyt akustycznych certyfik. klasy A (poch. dźwięku) w montażu bezpośrednim w formie pasa o wysokości 2,2m nad płytkami ceramicznymi oraz na bocznych ścianach trybun.

Na ściennie północnej Dla dwóch skrajnych prefabrykatów stropu zastosowano ustrój akustyczny w postaci wełny mineralnej 60mm pokrytej cienkowarstwowym tynkiem akustycznym (grubość 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 15mm	Montaż bezpośredni Sufit pod trybunami	89
	Tynk akustyczny specjalistyczny std. o gr 35mm	Montaż bezpośredni Ściany płd, nad oknami (około 1,8m)	42
	h yta akustyczna certyfik. klasy A grub. 40 mm odp. na uderzenia	Montaż bezpośredni na dedykowanej konstrukcji: Ściany szczytowe w formie 2,2m pasa na wysokości 2m od posadzki (nad cermiką) Oraz na 50% ścianach bocznych trybuny	75
	płyta GK perforowana , wełna 100mm cwk 200mm peorforacja kwadratowa 23% , odporna na wilgoc	Montaż na podkonstrukcji z odstępem od ściany 200mm, wypełnieni pustki wełną 100mm.: Wnęki tylnej ściany trybuny	66

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 15mm	0,17	0,26	0,63	0,85	0,93	0,98	0,55
	Tynk akustyczny specjalistyczny std. o gr 35mm	0,26	0,62	1	1	1	0,96	0,9
	Tynk akustyczny cienkowarstw. 5mm na wełnie mineralnej – 60mm	0,67	1	1	1	1	1	1
	płyta akust. klasy A gr. 40 mm	0,15	0,65	1	1	1	1	0,95
	płyta 8M perfor. cwk 200mm wypełnienie wełną 100mm	0,60	1	1	0,95	0,80	0,65	1

UWAGA:

Wszystkie materiały należy dostarczyć w wersji odpornej na wodę oraz wilgotne warunki użytkowania.

Perforowane płyty GK należy zamówić w wersji hydro, dedykowanych do pomieszczeń o dużej wilgotności powietrza.

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 być dedykowane do pomieszczeń o wysokiej wilgotności.

Materiały należy mocować w sposób trwały uniemożliwiający ich samoistne przesunięcie bądź oderwanie. Wszystkie materiały akustyczne montować w sposób zalecany przez producenta.

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

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

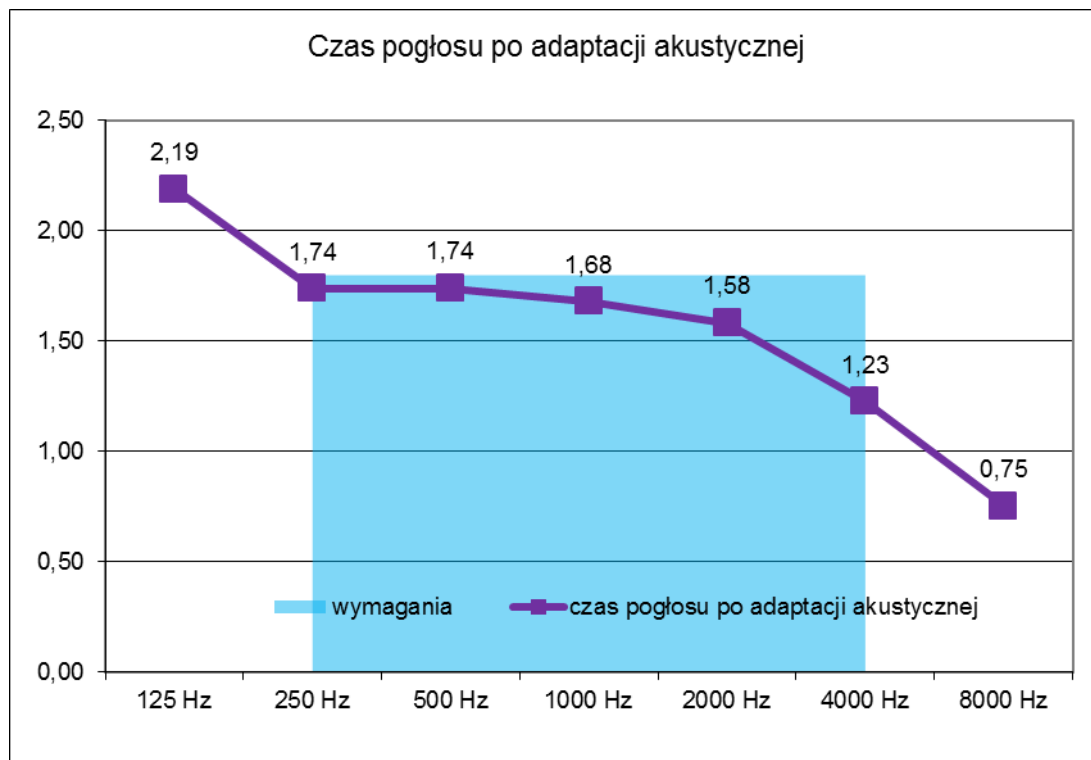
Panele z wełny mineralnej prasowanej montować bezpośrednio do ścian używając dedykowanych konstrukcji systemowych.

Płyty GK perforowane montować na podkonstrukcji stalowej o zagęszczonym rozstawie z pustką powietrzną 200mm wypełnioną wełną mineralną 100mm zgodnie z zaleceniami producenta.

3.6. Wyniki

3.6.1 Czas pogłosu po adaptacji akustycznej

Uzyskano czas pogłosu $T = 1,59s$ (250-4000Hz) co jest zgodne z założeniami oraz wymaganiami.



Rysunek 10 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	2,19	1,74	1,74	1,68	1,58	1,23	0,75

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]	5,0	5,8	5,5	5,2	4,7	5,1	4,1	5,3

Po zastosowaniu projektowanej adaptacji uzyskano redukcję hałasu pogłosowego ΔL 4,1-5,8 dB w zależności od pasma częstotliwości. Średnia wartość zmniejszenia hałasu pogłosowego wynosi 5,3dB co odpowiada trzy i pół krotnemu zmniejszeniu hałasu w pomieszczeniu.

3.6.3 Poprawa wskaźnika zrozumiałości mowy STI

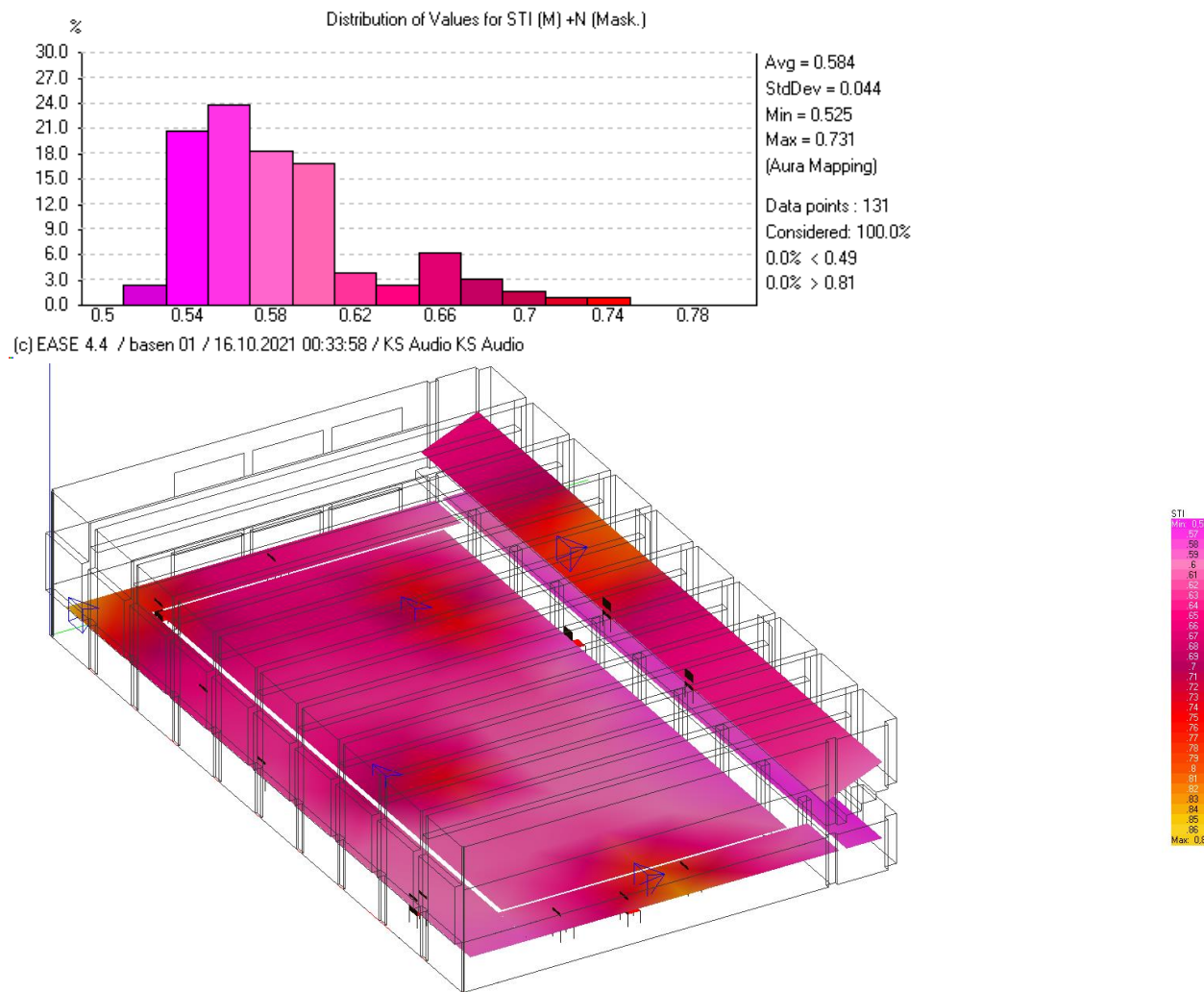
Po zastosowaniu adaptacji akustycznej w hali uzyskano średnią wartość wskaźnika zrozumiałości mowy $STI=0,58$. Co jest wartością wysoką i wskazuje na dobre warunki akustyczne.

Promień graniczny pomieszczenia po zastosowaniu adaptacji akustycznej:

Tabela 8 Wartości promienia granicznego

Promień graniczny pomieszczenia r_c [m]	
Bez adaptacji	Adaptacja akustyczna
1,98	3,68

Po adaptacji akustycznej promień graniczny został wydłużony z wartości 2m do 3,7m. Oznacza to, że ilość energii fali odbitej w pomieszczeniu bez adaptacji zaczyna dominować w odległości 2m a po adaptacji po 3,7m.



Rysunek 11 Rozkład przestrzenny wskaźnika zrozumiałości mowy przy hałasie odpowiadającym krzywej hałasowej NR-40.

3.6.4 Ocena i podsumowanie

Hala basenowa bez adaptacji akustycznej wykazuje czas pogłosu rzędu 5,4s. 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 basenowej. Materiały akustyczne rozmieszczono na stropie (95% powierzchni), na ścianach (około 40% powierzchni). Zastosowanie adaptacji wnętrza pozwala na skrócenie czas pogłosu do wartości 1,59s.

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 5,4s do wartości zalecanych 1,59s (poniżej 1,8s). Zaproponowane rozwiązania pozwalają uzyskać odczuwalne zmniejszenie wartości hałasu pogłosowego i zapewnią odpowiedni komfort akustyczny.

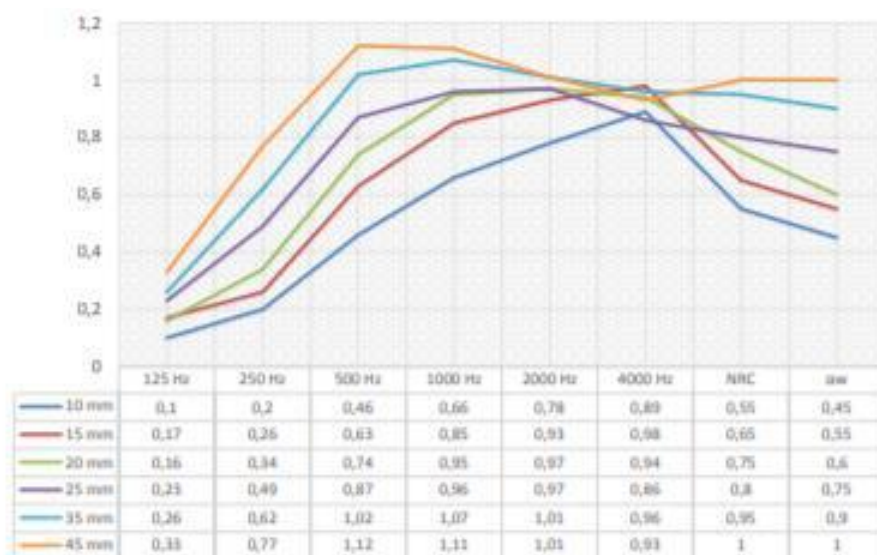
Należy zastosować materiały akustyczne o parametrach nie gorszych niż przedstawione w niniejszym dokumencie z uwzględnieniem współczynników pochłaniania dla każdego z pasm częstotliwości. Materiały te należy zamontować w ilościach oraz miejscach opisanych w niniejszym dokumencie. Zastosowanie materiałów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

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%.

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

Karty materiałowe - referencyjne

parametry tynku akustycznego

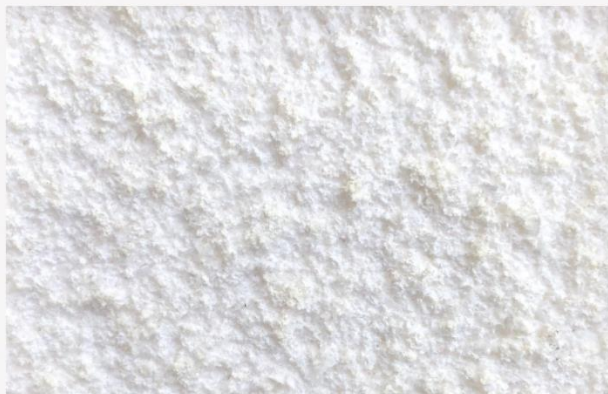


Wytyczne akustyczne do projektu technicznego Hali Basenowej ZSSiMS w Gdańsku - rev00

Układ akustyczny cienkowarstwowy wykonywany na wełnie mineralnej

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

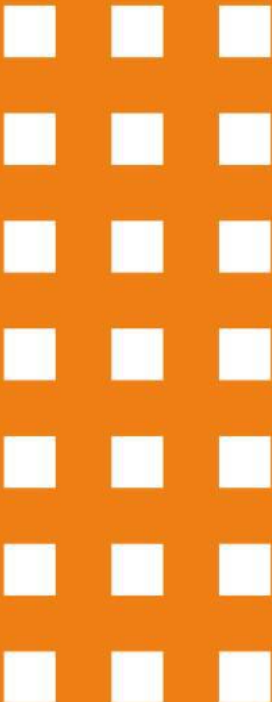


Set-up: 5 mm Power Acoustics
60 mm thick



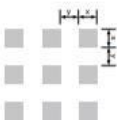
PERFOROWANE PŁYTY GIPSOWE DO OKŁADZIN BEZSPOINOWYCH

Wzorec fragmentu okładziny w skali 1:1



Wymiary perforacji:

Odstęp pomiędzy krawędziami otworów: y = 13 mm
Krawędź otworu: x = 12 mm



Wymiary płyty:

Długość płyty: 2000 mm
Szerokość płyty: 1200 mm
Grubość: 12,5 mm



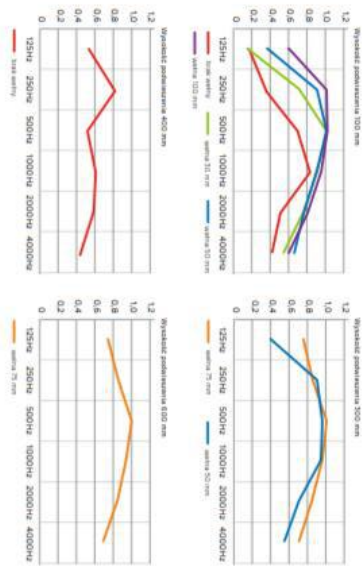
Perforacja na całej powierzchni płyty

Rodzaj krawędzi płyty:

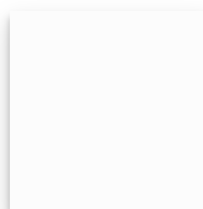
Krawędź wzdłużna: cięta
Krawędź poprzeczna (krośnia): cięta

Akustyka - współczynniki pochłaniania dźwięku												
Wysokość powierzchni	Wzrost mężczyzna	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	α_e	Wzrost	S4A	NBC	Ny budowa
30 mm	0,20	0,20	0,69	0,83	0,49	0,42	0,55	0	0,60	0,60	0,60	Symulacja
50 mm	0,35	0,90	1,00	0,90	0,75	0,55	0,75 (M)	C	0,66	0,65	0,65	LA1187A2025
100 mm	0,60	1,00	1,00	0,95	0,80	0,60	0,80 (L)	B	0,82	0,85	0,85	LA1187A2025
50 mm	0,40	0,90	0,95	0,95	0,70	0,55	0,70 (M)	C	0,68	0,60	0,60	LA1187A2025
75 mm	0,55	1,00	1,00	1,00	0,80	0,70	0,85 (L)	B	0,88	0,90	0,90	LA1187A2025
400 mm	-	0,58	0,80	0,85	0,80	0,57	0,44	0,55 (L)	D	0,60	0,65	Symulacja
600 mm	0,75	0,85	1,00	0,95	0,85	0,70	0,85	B	0,90	0,95	0,95	LA1187A2025

Masa płyty: 9,1 kg/m²
Stopień perforacji: 23,0%
Obciążenie niszczące: w poprzek płyty - 300 N
wzdłuż płyty - 120 N
Dostępne kolory tła: czarna, biała
Odporność na wylód: 70% wilgotności względnej przy temperaturze 5 - 40°C
Norma Europejska: PN-EN14190
Atest higieniczny: PZH HK/08/07/01/2013
Reakcja na ogień: zgodna z PN-EN1390
- materiał niepalny A2-s1,0



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%

