

# OPERAT AKUSTYCZNY

---

Uniwersytet Rolniczy – Studio Nagrań TV

Zespół projektowy:

mgr inż. Katarzyna Baruch  
dr inż. Krzysztof Brawata

SIERPIEŃ 2020

---

## Spis treści

1	Cel i zakres opracowania .....	3
2	Definicje.....	3
3	Wizja lokalna + Pomiary .....	5
4	Ochrona przeciwdźwiękowa.....	6
4.1	Poziom tła akustycznego .....	6
4.2	Wytyczne dla branży HVAC.....	6
4.3	Przegrody budowlane.....	7
4.4	Stolarka drzwiowa i okienna .....	7
5	Adaptacja akustyczna .....	8
5.1	Studio nagrań TV .....	8
5.2	Reżyserka video .....	12
6	Zestawienie materiałów .....	16
7	Podsumowanie .....	21
8	Bibliografia.....	22

## 1 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest sformułowanie wytycznych do adaptacji akustycznej i ochrony przeciwdźwiękowej dla projektowanych pomieszczeń Studia Nagrań TV (sala 135 - studio oraz 135' - reżyserka) zlokalizowanych w budynku Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie przy al. 29 Listopada 46.

Zakres prac obejmował:

- przeprowadzenie wizji lokalnej pomieszczeń i wykonanie pomiarów izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych dla wybranych przegród budowlanych,
- określenie wymagań i rozwiązań w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej,
- określenie zestawu parametrów akustycznych w pomieszczeniach oraz podanie ich zakładanych wartości wynikających z funkcji i kubatury wnętrz zgodnie z zaleceniami literaturowymi,
- przedstawienie układu materiałów i ustrojów akustycznych w pomieszczeniach,
- podanie informacji o parametrach akustycznych proponowanych materiałów i ustrojów akustycznych,
- zawarcie wyników obliczeń wartości parametrów akustycznych w pomieszczeniach.

## 2 Definicje

**Hałas pogłosowy** – składowa hałasu w pomieszczeniu, powstająca w wyniku odbić fali akustycznej od powierzchni ograniczających to pomieszczenie oraz obiektów w nim się znajdujących.

**Czas pogłosu  $T_{20}$**  – czas zmniejszenia poziomu ciśnienia akustycznego o 60 dB po wyłączeniu źródła dźwięku wyrażony w sekundach. Jest wyznaczany z krzywej zaniku na podstawie nachylenia prostej regresji liniowej uzyskanej metodą najmniejszych kwadratów w zakresie od 5 dB do 25 dB poniżej poziomu początkowego (PN-EN ISO 3382-1, 2009).

$$T_{20} = 3 \cdot (t_{-25\text{dB}} - t_{-5\text{dB}}) [\text{s}]$$

**Krzywe NR (ang. *Noise Rating*)** – Krzywe wyznaczające dopuszczalne wartości poziomów hałasu. Są określone zgodnie z wymogami normy (PN-ISO 1996-1:2006, 2006) w pasmach oktaowych w zakresie od 63 Hz do 8000 Hz. Wartości dla wybranych krzywych przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 1 Wartości dla krzywej NR20

Częstotliwość [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Kryterium								
NR20 [dB]	72,4	55,2	43,7	35,2	29,2	25	21,9	19,5

W przypadku ukończonego budynku spełnione powinny być wymagania dotyczące poziomu dla pasm oktaowych.

**Izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych** – określana wartością wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1}$  obliczona zgodnie ze wzorem (1) oraz  $R'_{A2}$  obliczona zgodnie ze wzorem (2) lub określana wskaźnikiem izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A1}$  oraz  $R_{A2}$  obliczanym zgodnie ze wzorami (3) oraz (4):

$$R'_{A1} = R_w + C - 2 - K_a \text{ [dB]} \quad (1)$$

$$R'_{A2} = R_w + C_{tr} - 2 - K_a \text{ [dB]} \quad (2)$$

$$R_{A1} = R_w + C \text{ [dB]} \quad (3)$$

$$R_{A2} = R_w + C_{tr} \text{ [dB]} \quad (4)$$

gdzie:

$R_w$  – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej,

$C, C_{tr}$  – widmowe wskaźniki adaptacyjne.

$K_a$  – wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej przegrody rozdzielającej dane pomieszczenia w budynku.

### 3 Wizja lokalna + Pomiary

W dniu 13.07.2020 r. w godzinach 15:00 – 17:00 przeprowadzono pomiary akustyczne oraz wizję lokalną pomieszczeń 135 oraz 135' – sal wytypowanych do pełnienia funkcji Studia nagrań TV i Reżyserki Video. Pomiary przeprowadzono zgodnie z (PN-EN ISO 140-4, 2000).

W poniższej tabeli zestawiono uzyskane wyniki izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych dla zmierzonych przegród budowlanych.

*Tabela 2 Zestawienie wymagań w zakresie dopuszczalnych poziomów tła akustycznego.*

L.p.	Nazwa przegrody budowlanej	Wartość zmierzona
1	Ściana pomiędzy salą 135' a korytarzem	$R'_w(C; Ctr) = 33(-1; -4)$ dB
2	Ściana z drzwiami pomiędzy salą 135 a korytarzem	$R'_w(C; Ctr) = 34(0; -1)$ dB
3	Ściana pomiędzy salą 135' a salą 134	$R'_w(C; Ctr) = 41(-1; -6)$ dB
4	Ściana pomiędzy salą 135 a salą 136	$R'_w(C; Ctr) = 48(-1; -5)$ dB
5	Strop pomiędzy salą 135 a salą 17/18	$R'_w(C; Ctr) = 64(-4; -9)$ dB
6	Ściana zewnętrzna sali 135	$R'_w(C; Ctr) = 34(-2; -2)$ dB

Uzyskane wartości izolacyjności akustycznej wskazują na niewystarczającą izolacyjność akustyczną dla projektowanych pomieszczeń i funkcji studyjnych. Głównymi powodami takiego stanu są:

- niska izolacyjność akustyczna stolarki drzwiowej i okiennej,
- występowanie licznych nieszczelności, otworów, itp. w ścianach murowanych (Rysunek 1)
- obniżona izolacyjność akustyczna fragmentów ścian (m.in. zróżnicowana technologia warstw) zlokalizowanych pomiędzy fasadą a słupami nośnymi w pomieszczeniach,
- kanały wentylacyjne poprowadzone w przestrzeni nad dźwiękochłonnym sufitem podwieszanym - łączą ze sobą przyległe pomieszczenia oraz nie są umieszczone w obudowach dźwiękoizolacyjnych (Rysunek 2).



*Rysunek 1 Nieszczelniony otwór w ścianie pomiędzy salą 135' a korytarzem.*



Rysunek 2 Kanały wentylacyjne umieszczone nad podwieszanym sufitem dźwiękochłonnym bez obudowy dźwiękoizolacyjnej.

Zagadnienia związane z poprawą warunków izolacyjności akustycznej w projektowanych pomieszczeniach zostały podane w dalszych punktach niniejszego dokumentu.

## 4 Ochrona przeciwdźwiękowa

### 4.1 Poziom tła akustycznego w pomieszczeniach

Dopuszczalny poziom tła akustycznego dla projektowanych pomieszczeń określono krzywymi NR. Wymagane wartości zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 3 Zestawienie wymagań w zakresie dopuszczalnych poziomów tła akustycznego.

L.p.	Nazwa pomieszczenia	Wymaganie NR
1	Studio nagrań TV	NR20
2	Reżyserka Video	NR20

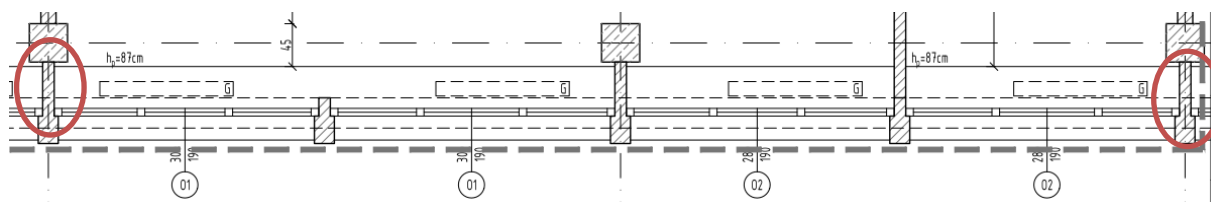
### 4.2 Wytyczne dla branży HVAC

Zmiana funkcji pomieszczeń na pomieszczenia studia nagraniowego wymuszają zaprojektowanie nowego systemu HVAC. Zaleca się, aby dobór prędkości strugi powietrza, tłumików, kanałów i ich długości oraz urządzeń należy przeprowadzić tak, aby zachować dopuszczalne poziomy tła akustycznego w pomieszczeniach chronionych. Z uwagi na wykonaną obecnie wspólną wentylację dla pomieszczeń 135 oraz 135' należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość wystąpienia przesłuchów pomiędzy tymi pomieszczeniami. Obliczenia hałasu od urządzeń systemu HVAC należy przeprowadzić dla każdego pasma oktawowego oddzielenie. Projekt systemu HVAC należy skonsultować z akustykiem.

### 4.3 Przegrody budowlane

W pomieszczeniach wchodzących w skład kompleksu studia nagrań TV przeprowadzona wizja lokalna wykazała liczne nieciągłości w ścianach murowanych. W celu zwiększenia izolacyjności akustycznej wszystkie ubytki, otwory, itp. należy zamurować lub wypełnić masą o gęstości nie mniejszej niż masa przegrody.

Dodatkowo zaobserwowano niższą izolacyjność akustyczną fragmentów ścian zlokalizowanych pomiędzy ścianą zewnętrzną a słupami nośnymi (Rysunek 3). Zaleca się weryfikację materiałów wypełniających te przestrzenie i w przypadku ściany murowanej wypełnienie nieszczelności masą o gęstości nie mniejszej niż masa przegrody lub w przypadku przegrody wykonanej w technologii lekkiej - ponowne wymurowanie ich cegłą silikatową o grubości co najmniej 18 cm np.: bloczek silikatowy Silka E18.



Rysunek 3 Kolorem czerwonym zaznaczono miejsca o niższej izolacyjności akustycznej niż pozostałe fragmenty ściany.

### 4.4 Stolarka drzwiowa i okienna

Wymagania izolacyjności akustycznej dla poszczególnych pomieszczeń podano w tabeli poniżej.

Tabela 4 Zestawienie wymagań dla stolarki drzwiowej.

L.p.	Nazwa pomieszczenia	Wymagania wskaźnika $R_{A1}$ – nie mniej niż:
1	Studio nagrań TV – Reżyserka video	42 dB
2	Reżyserka video – Korytarz	42 dB

Przeprowadzona wizja lokalna i pomiary wykazały bardzo niską izolacyjność akustyczną okien w pomieszczeniach chronionych – spowodowane jest to m.in. niską izolacyjnością szklenia oraz występowaniem licznych nieszczelności. Z uwagi na zlokalizowane w niewielkiej odległości od budynku chodnik i parking zaleca się w pierwszej kolejności wymianę wszystkich uszczelek oraz przeprowadzenie regulacji okien. W przypadku nieuzyskania zadowalających efektów, zaleca się wymianę wszystkich okien na okna o podwyższonej izolacyjności akustycznej – w przeciwnym wypadku hałas parkujących samochodów, rozmowy ludzi itp. mogą być słyszalne w projektowanych pomieszczeniach. W poniższej tabeli podano wymaganą izolacyjność akustyczną dla stolarki okiennej.

Tabela 5 Zestawienie wymagań dla stolarki okiennej.

L.p.	Nazwa pomieszczenia	Wymagania wskaźnika $R_{A2}$ – nie mniej niż:
1	Studio nagrań TV	35 dB
2	Reżyserka Video	35 dB
3	Studio nagrań TV – Reżyserka Video	35 dB

## 5 Adaptacja akustyczna

Na podstawie otrzymanej dokumentacji rysunkowej stworzono model akustyczny projektowanych pomieszczeń. Model i obliczenia wykonano z wykorzystaniem oprogramowania AFMG EASE v4.4.11.4 (numer licencji: 72487-0000E-00000-00000-EA4233), które pozwala na predykcję wartości parametrów akustycznych w pasmach tercjowych od 100 Hz do 10 kHz. Symulacje obliczeniowe zostały wykonane z parametrami materiałów podanymi w tabelach. Rodzaje materiałów zostały dobrane na podstawie informacji dostarczonych przez producentów materiałów wykończeniowych, danych zawartych w literaturze oraz doświadczenia zawodowego akustyka.

Przedstawione rozwiązania materiałowe zostały podane jako przykładowe i dopuszcza się ich zamianę na inne o równoważnych właściwościach akustycznych (wartości praktycznych współczynników pochłaniania dźwięku  $\alpha_p$  oraz współczynników rozproszenia dźwięku  $s$ ), po uprzedniej konsultacji z akustykiem posiadającym wykształcenie wyższe w dziedzinie akustyki.

### 5.1 Studio nagrań TV

#### 5.1.1 Ogólna charakterystyka sali

- sala na planie prostokąta
- kubatura (wg. modelu akustycznego) sali 155 m<sup>3</sup>
- wymiary gabarytowe (szerokość x długość x wysokość) ok. 6,2 x 8,8 x 3,0 m
- główne funkcje: studio nagrań TV

#### 5.1.2 Wymagania akustyczne

##### Czas pogłosu

Zalecana wartość średnia czasu pogłosu  $T_{500-1000 \text{ Hz}}$  dla tego typu pomieszczenia dla przyjętej kubatury (Walker, 2002) powinna mieścić się w zakresie:

$$0,19 \text{ s} \leq T_{500-1000 \text{ Hz}} \leq 0,27 \text{ s}$$

W opracowaniu dla pustego pomieszczenia (bez wyposażenia) przyjęto wartość średnią czasu pogłosu  $T_{500-1000 \text{ Hz}} = 0,27 \text{ s}$ .

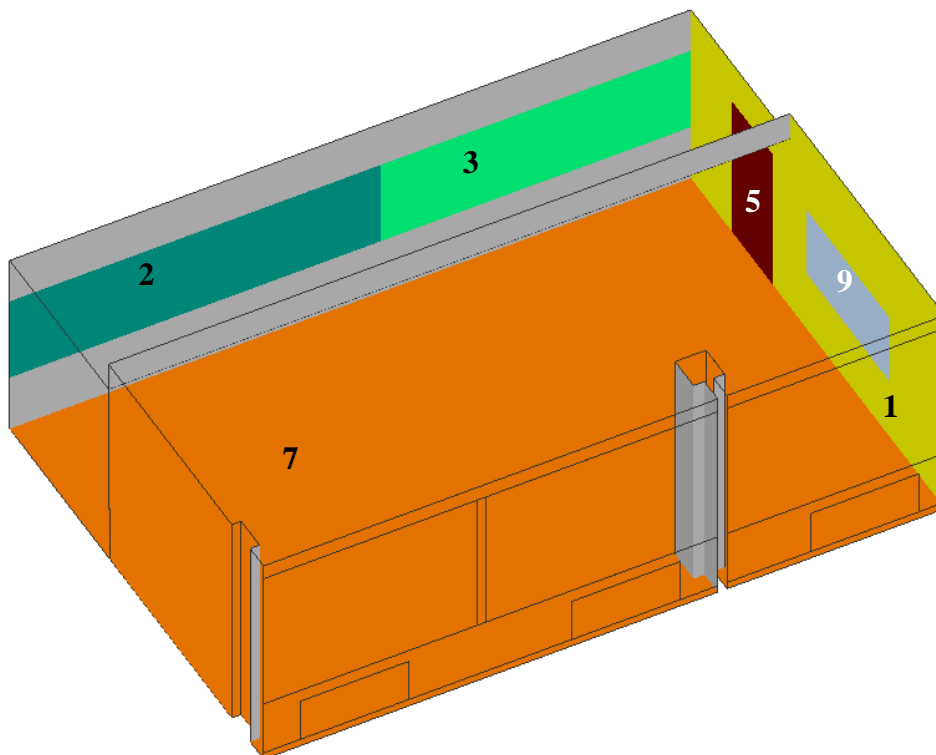


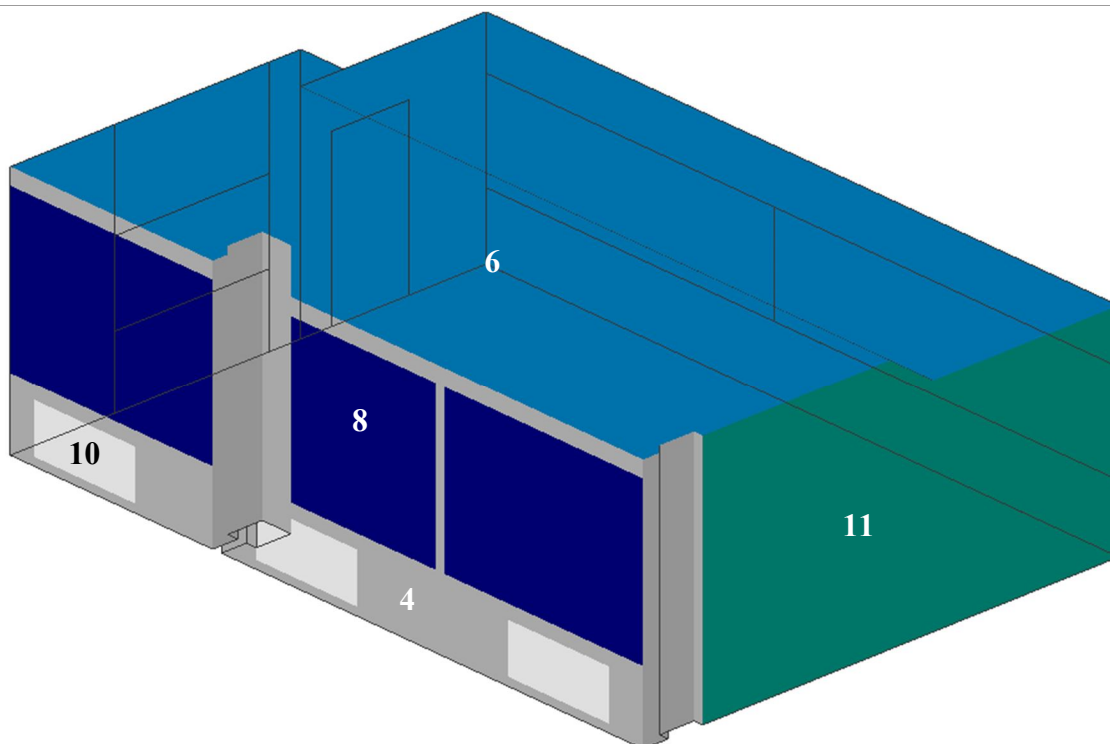
Zgodnie z literaturą, zalecana jest płaska charakterystyka czasu pogłosu w funkcji częstotliwości z dopuszczalnym odchyleniem  $\pm 20\%$  od wartości średniej. Dla częstotliwości poniżej 250 Hz dopuszczalny jest wzrost o ok. 20% na każdą oktawę (ze względu na uwidaczanie się zjawisk falowych i trudności w wytworzeniu wystarczającej chłonności akustycznej elementów wystroju sali w zakresie niskich częstotliwości). Dla częstotliwości powyżej 2 kHz dopuszczalny jest spadek o ok. 20% na każdą oktawę (ze względu na pochłanianie dźwięku przez powietrze, zwłaszcza w wyższych częstotliwościach).

### 5.1.3 Adaptacja akustyczna

#### Rozmieszczenie materiałów

Zaproponowano wyposażenie sali w elementy adaptacji akustycznej zaznaczone na poniższym rysunku, których praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku zawiera Tabela 6.





Rysunek 4 Schemat rozmieszczenia proponowanych materiałów adaptacji akustycznej.

**Uwaga!** Kolory symbolizują jedynie rodzaj materiału.

## Parametry ustrojów akustycznych

Tabela 6 Zestawienie materiałów adaptacji akustycznej.

Lp.	Nazwa	S [m <sup>2</sup> ]	Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_p$					
			125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
1	Architected Sound OptiDi gr. 40 mm + warstwa wełny mineralnej gr. 100 mm (URP1)	14	0,70	0,45	0,20	0,15	0,15	0,20
2	Architected Sound Up-Sorber Panel gr. 100 mm (UP1)	6	0,75	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95
3	Architected Sound Up-Sorber Panel Low gr. 100 mm (UP2)	5	1,00	0,60	0,15	0,05	0,05	0,10
4	Ściana tynkowana	30	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
5	Drzwi	2	0,15	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
6	Kasetonowy sufit dźwiękochłonny (SP1) + (SP2), c.w.k. 200 mm	21 + 33	0,45	0,40	0,45	0,30	0,20	0,15
			0,65	0,80	0,85	0,90	1,00	1,00
7	Wykładzina dywanowa/flokowana	54	0,00	0,00	0,05	0,10	0,20	0,30
8	Roleta akustyczna (RA1)	17	0,10	0,35	0,65	0,85	0,65	0,65
9	Okno	2	0,25	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00
10	Kaloryfer	3	0,20	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05
11	Architected Sound Up-Sorber Wall gr. 100 mm (UP3)	15	0,75	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95

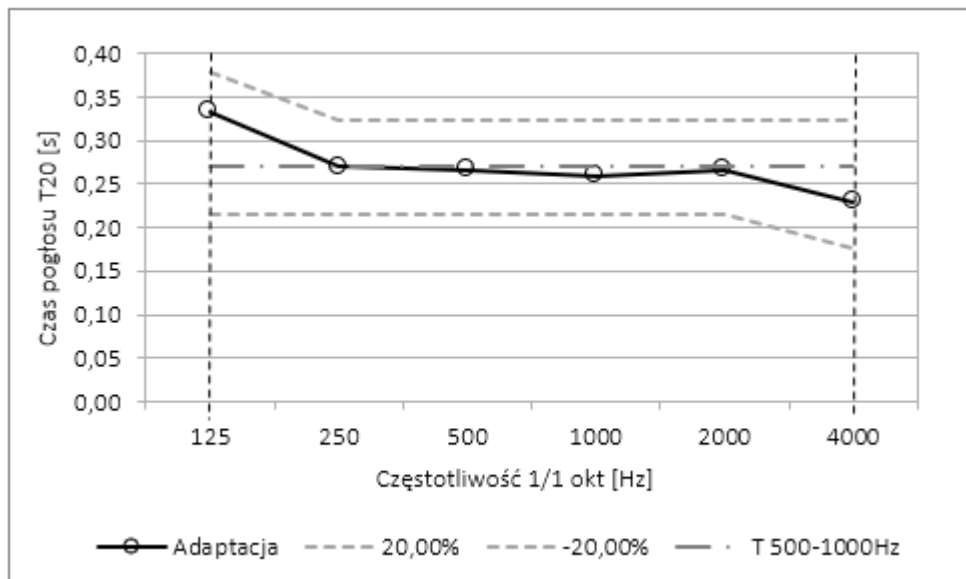
Materiały akustyczne mogą charakteryzować się praktycznymi współczynnikami pochłaniania różniącymi się od podanych w powyższej tabeli w granicach  $\pm 0,05$ . Ponadto w celu zwiększenia rozproszenia dźwięku i eliminacji możliwości występowania echa trzepoczącego zaleca się umieścić sufitowe płyty dźwiękochłonne SP1 w ramach Architected Sound Tilt 7 umożliwiającym ich pochylenie pod kątem  $7^\circ$ .

#### 5.1.4 Wyniki symulacji obliczeniowej

Tabela 7 Parametry symulacji obliczeniowej

Parametry symulacji komputerowej				
Lp.	Nazwa parametru	Wartość		
1	Widownia	-		
2	Stan pomieszczenia	Sala z projektowaną adaptacją akustyczną		
3	Walidacja modelu	-		
4	Warunki atmosferyczne	wilgotność	50	[%]
		temperatura	22	[°C]
		ciśnienie	1013	[hPa]
5	Parametry symulacji	czas predykcji	540	[ms]
		liczba promieni	10 tys.	-

Poniżej zaprezentowano wykresy czasu pogłosu w funkcji częstotliwości (wartość średnia).



Rysunek 5 Czas pogłosu  $T_{20}$  w funkcji częstotliwości uzyskany na drodze symulacji obliczeniowej z zaznaczonym przedziałem dopuszczalnych odchyleń dla założonej funkcji pomieszczenia.

Zaprezentowane wyniki symulacji potwierdzają poprawność zaproponowanej adaptacji akustycznej. Założone wartości czasu pogłosu zostały osiągnięte oraz uzyskano korzystny kształt charakterystyki częstotliwościowej.

## 5.2 Reżyserka video

### 5.2.1 Ogólna charakterystyka sali

- sala na planie prostokąta
- kubatura (wg. modelu akustycznego) sali 52 m<sup>3</sup>
- wymiary gabarytowe (szerokość x długość x wysokość) ok. 2,9 x 6,2 x 3,2 m
- główne funkcje: reżyserka video

### 5.2.2 Wymagania akustyczne

#### Czas pogłosu

W celu zapewniania właściwych warunków akustycznych w pomieszczeniu należy uzyskać następujące parametry dla wykończonego wnętrza zgodnie z wytycznymi (AESTD1001.1.01-10, 2003) (EBU Tech. 3276 - 2nd edition, 1998) (ITU-R, 2012): pomieszczenie nieposiadające twardych równoległych ścian w celu zapobieżenia powstawania echa trzepoczącego, pomieszczenie symetryczne względem miejsca odsłuchu.

Zalecaną wartość średnią czasu pogłosu  $T_{500-1000\text{ Hz}}$  dla przyjętej funkcji sali wg (AESTD1001.1.01-10, 2003):

$$T_{500-1000\text{ Hz}} = 0,25 \left( V/V_0 \right)^{\frac{1}{3}} = 0,20\text{ s} \pm 10\%$$

gdzie:

$V$  – objętość pomieszczenia, m<sup>3</sup>

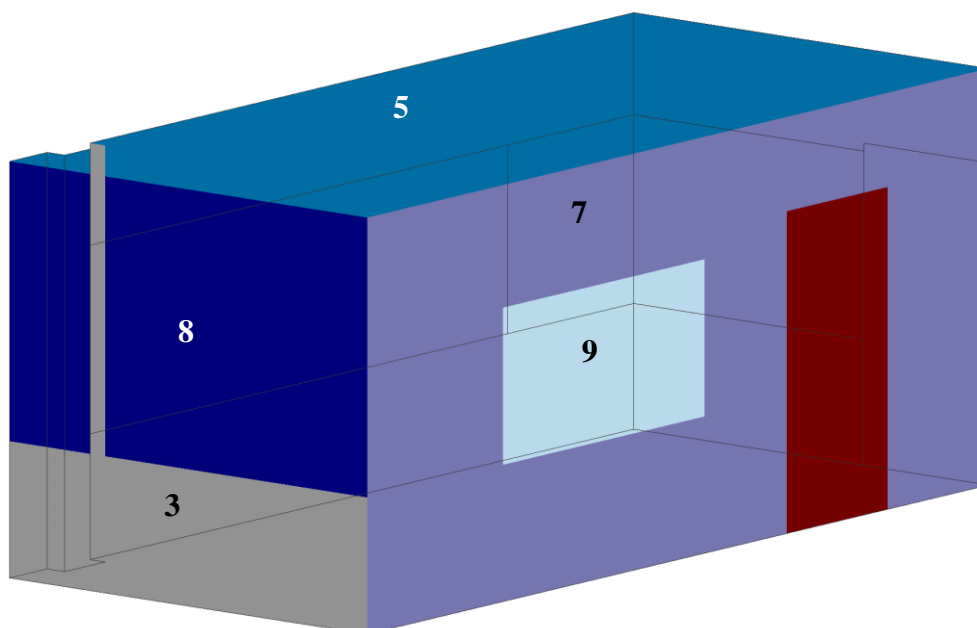
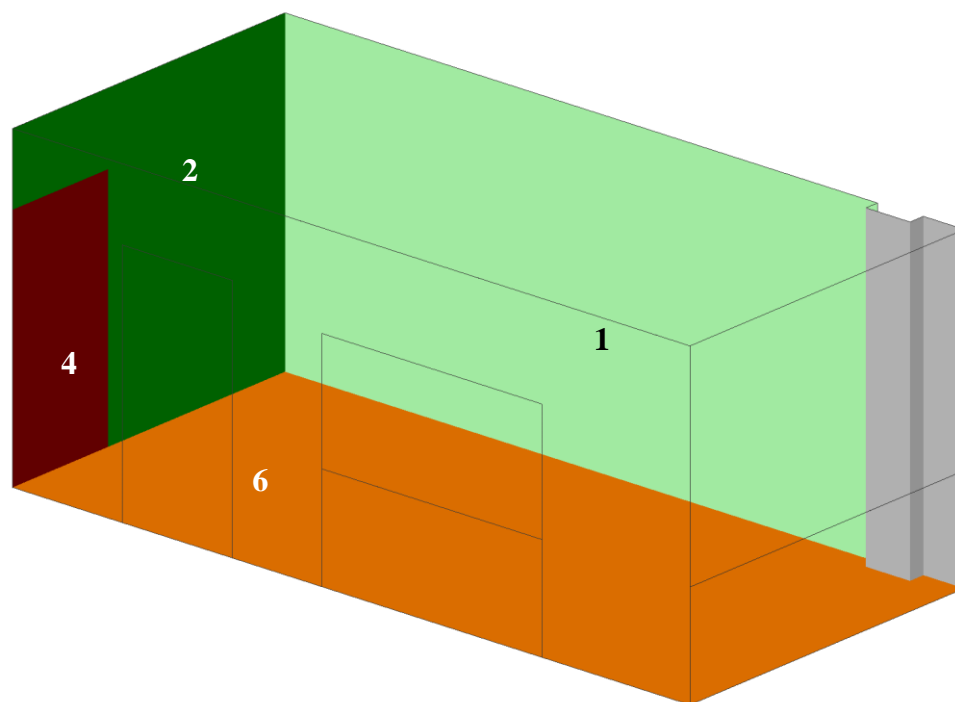
$V_0$  – objętość odniesienia = 100 m<sup>3</sup>

W opracowaniu przyjęto wartość średnią czasu pogłosu  $T_{500-1000\text{ Hz}} = 0,18\text{ s}$ .

### 5.2.3 Adaptacja akustyczna

#### Rozmieszczenie materiałów

Zaproponowano wyposażenie sali w elementy adaptacji akustycznej zaznaczone na poniższym rysunku, których praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku zawiera Tabela 8.



Rysunek 6 Schemat rozmieszczenia proponowanych materiałów adaptacji akustycznej.  
**Uwaga!** Kolory symbolizują jedynie rodzaj materiału.

## Parametry ustrojów akustycznych

Tabela 8 Zestawienie materiałów adaptacji akustycznej.

Lp.	Nazwa	S [m <sup>2</sup> ]	Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_p$					
			125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
1	Architected Sound Up-Sorber Wall gr. 100 mm (UP3) + Up-Sorber Wall Low gr. 100 mm (UP4)	7 + 7	0,75	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95
			1,00	0,60	0,15	0,05	0,05	0,10
2	Architected Sound EcoPET gr 9 mm + Stratocell gr. 100 mm (UP5)	6	0,75	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95
3	Ściana tynkowana	5	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
4	Drzwi	4	0,15	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
5	Sufit dźwiękochłonny monolityczny perforowany, c.w.k. 200 mm (SP3)	18	0,65	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00
6	Wykładzina dywanowa/flokowana	18	0,00	0,00	0,05	0,10	0,20	0,30
7	Architected Sound EcoPET gr. 9 mm (UP5)	12	0,00	0,05	0,15	0,35	0,60	0,85
8	Roleta akustyczna (RA1)	5	0,10	0,35	0,65	0,85	0,65	0,65
9	Okno	2	0,25	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00

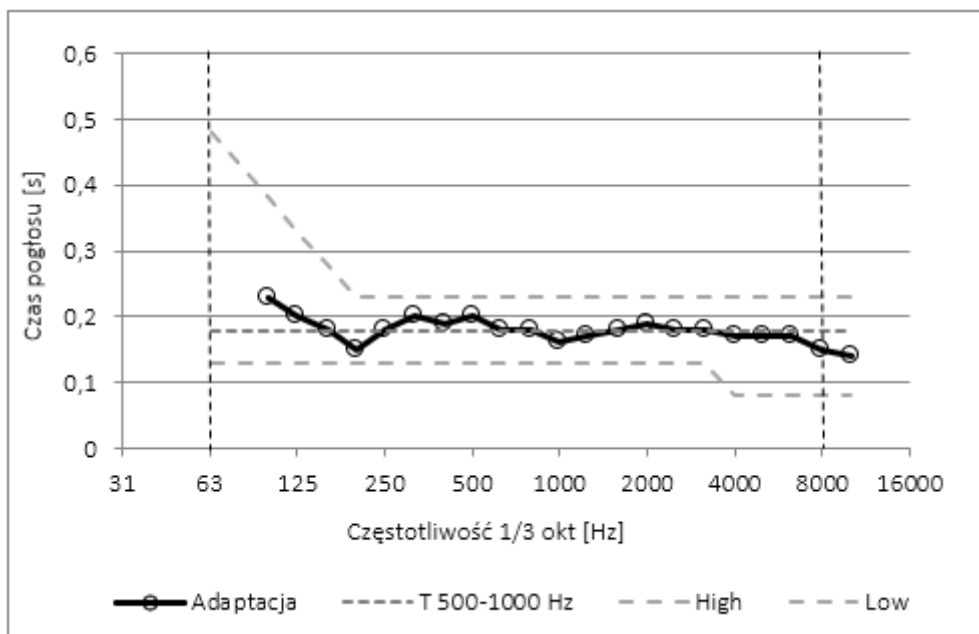
Materiały akustyczne mogą charakteryzować się praktycznymi współczynnikami pochłaniania różniącymi się od podanych w powyższej tabeli w granicach  $\pm 0,05$ . Ponadto w celu uniknięcia niekorzystnych odbić dźwięku pomiędzy równoległymi płaszczyznami: drzwi i okna zaleca się umieścić na drzwiach ustrój akustyczny Architected Sound Tilt Wall.

### 5.2.4 Wyniki symulacji obliczeniowej

Tabela 9 Parametry symulacji obliczeniowej

Parametry symulacji komputerowej				
Lp.	Nazwa parametru	Wartość		
1	Widownia	-		
2	Stan pomieszczenia	Sala z projektowaną adaptacją akustyczną		
3	Walidacja modelu	-		
4	Warunki atmosferyczne	wilgotność	50	[%]
		temperatura	22	[°C]
		ciśnienie	1013	[hPa]
5	Parametry symulacji	czas predykcji	200	[ms]
		liczba promieni	10 tys.	-

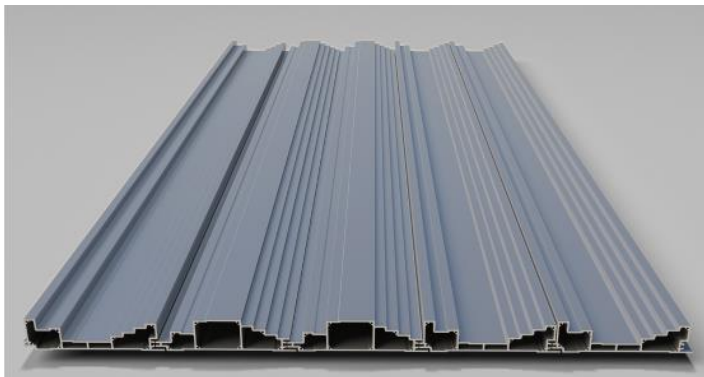
Poniżej zaprezentowano wykresy czasu pogłosu w funkcji częstotliwości (wartość średnia).





Rysunek 7 Czas pogłosu  $T_{20}$  w funkcji częstotliwości uzyskany na drodze symulacji obliczeniowej z zaznaczonym przedziałem dopuszczalnych odchyłeń dla założonej funkcji pomieszczenia.



Zaprezentowane wyniki symulacji potwierdzają poprawność zaproponowanej adaptacji akustycznej. Założone wartości czasu pogłosu zostały osiągnięte oraz uzyskano korzystny kształt charakterystyki częstotliwościowej.


## 6 Zestawienie materiałów

Lp.	Symbol	Opis	Przykładowy materiał																		
1	URP1	<p>Ustrój akustyczny rozpraszająco-pochłaniający szczelinowy, montowany na podkonstrukcji drewnianej. Złożony z warstwy materiału rozpraszającego dźwięk o masie powierzchniowej nie mniejszej niż 15 kg/m<sup>2</sup> i wełny mineralnej o grubości 100 mm. Wełna mineralna zabezpieczona włókniną akustyczną o oporności przepływu nie większej niż 300 kPa·s/m<sup>2</sup>. Wykończenie listwami wykończeniowymi.</p> <p>Szerokość szczeliny: 1 mm</p> <p>Ustrój akustyczny rozpraszający o współczynniku rozproszenia dźwięku s zgodnie z ISO 17497-1 nie mniejszym niż:</p> <table><tr><td>1/3okt [Hz]</td><td>1000</td><td>1250</td><td>1600</td><td>2000</td><td>2500</td><td>3150</td><td>4000</td><td>5000</td></tr><tr><td>s</td><td>0,00</td><td>0,05</td><td>0,10</td><td>0,25</td><td>0,50</td><td>0,60</td><td>0,70</td><td>0,80</td></tr></table> <p>Całkowita wysokość konstrukcji: 140 mm.</p> <p>Ustrój wykonany z materiałów klasy ogniowej A1 – materiał niepalny.</p> 	1/3okt [Hz]	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	s	0,00	0,05	0,10	0,25	0,50	0,60	0,70	0,80	Architected Sound OptiDi
1/3okt [Hz]	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000													
s	0,00	0,05	0,10	0,25	0,50	0,60	0,70	0,80													
2	RA1	<p>Roleta akustyczna</p> <table><tr><td>1/1 okt. [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>4000</td></tr><tr><td>α<sub>p</sub></td><td>0,15</td><td>0,40</td><td>0,75</td><td>0,85</td><td>0,65</td><td>0,65</td></tr></table> <p>Całkowita wysokość konstrukcji: 100 mm.</p>	1/1 okt. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	α <sub>p</sub>	0,15	0,40	0,75	0,85	0,65	0,65	Serge Ferrari Alphalia Silent Aw				
1/1 okt. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000															
α <sub>p</sub>	0,15	0,40	0,75	0,85	0,65	0,65															



																			
3	UP1	<p>Dźwiękochłonny ustrój akustyczny w postaci paneli akustycznych na bazie materiału pochłaniającego dźwięk (wełna mineralna, pinaka melaminowa itp.) pokrytego materiałem tekstylnym o oporności przepływu nie większej niż 300 kPa·s/m<sup>2</sup>.</p> <table border="1"><tr><td>1/10kt [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>3150</td><td>4000</td></tr><tr><td>α<sub>p</sub></td><td>0,25</td><td>0,70</td><td>0,95</td><td>1,00</td><td>0,95</td><td>0,95</td><td>0,95</td></tr></table> <p>Wymiary: 632 x 1032 mm Grubość ustroju to 100 mm.</p> 	1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	3150	4000	α <sub>p</sub>	0,25	0,70	0,95	1,00	0,95	0,95	0,95	Architected Sound Up-Sorber Panel
1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	3150	4000												
α <sub>p</sub>	0,25	0,70	0,95	1,00	0,95	0,95	0,95												
4	UP2	Tak jak UP1 ale z dodatkową warstwą folii PVC o grubości 1 mm zlokalizowaną pomiędzy warstwą materiału dźwiękochłonnego a materiałem tekstylnym.	Architected Sound Up-Sorber Panel Low																
5	UP3	<p>Dźwiękochłonny ustrój akustyczny na bazie materiału pochłaniającego dźwięk (wełna mineralna, pinaka melaminowa itp.) pokryty materiałem tekstylnym o oporności przepływu nie większej niż 300 Pa·s/m<sup>2</sup>. Ustrój montowany na podkonstrukcji drewnianej i profilach systemowych.</p> <table border="1"><tr><td>1/10kt [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>3150</td><td>4000</td></tr><tr><td>α<sub>p</sub></td><td>0.25</td><td>0.70</td><td>0.95</td><td>1.00</td><td>0.95</td><td>0.95</td><td>0.95</td></tr></table>	1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	3150	4000	α <sub>p</sub>	0.25	0.70	0.95	1.00	0.95	0.95	0.95	Architected Sound Up-Sorber Wall
1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	3150	4000												
α <sub>p</sub>	0.25	0.70	0.95	1.00	0.95	0.95	0.95												

		<p>Grubość ustroju to 100 mm.</p> 															
6	UP4	<p>Tak jak UP3 ale z dodatkową warstwą folii PVC o grubości 1 mm zlokalizowaną pomiędzy warstwą materiału dźwiękochłonnego a materiałem tekstylnym.</p>	Architected Sound Up-Sorber Wall Low														
7	UP5	<p>Materiał dźwiękochłonny składający się z termicznie związanych i sprasowanych włókien poliestrowych. Materiał PET o grubości 9 mm;</p> <table border="1"><tr><td>1/1 okt. [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>4000</td></tr><tr><td><math>\alpha_p</math></td><td>0,00</td><td>0,05</td><td>0,15</td><td>0,35</td><td>0,60</td><td>0,85</td></tr></table> 	1/1 okt. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	$\alpha_p$	0,00	0,05	0,15	0,35	0,60	0,85	Architected Sound EcoPET
1/1 okt. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000											
$\alpha_p$	0,00	0,05	0,15	0,35	0,60	0,85											
8	SP1	<p>Panel sufitowy na bazie z wełny szklanej. Rdzeń płyty wykonany z wełny szklanej 3. generacji o wysokiej gęstości. Powierzchnia licowa pokryta malowaną, porowatą powierzchnią odbijającą dźwięk. Tył płyty zabezpieczony welonem szklanym. Krawędzie: A, Dp, E Wymiary: 600 x 600 mm, 1200 x 600 mm, 1200 x 1200 mm Grubość: 20 mm</p>	Ecophon Master Rigid gamma														

		<p>Kolor płyty: White Frost 500</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math>: 0,25</p> <p>Klasa pochłaniania dźwięku: D</p> <table><tr><td>1/10kt [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>4000</td></tr><tr><td><math>\alpha_p</math></td><td>0,45</td><td>0,40</td><td>0,50</td><td>0,30</td><td>0,20</td><td>0,15</td></tr></table> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math>, praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_p</math> oraz klasę pochłaniania dźwięku podano dla c.w.k. = 200 mm, oraz krawędzi A.</p> <p>Klasa reakcji na ogień: A2-s1,d0</p> <p>Płyty montowane na stalowej ocynkowanej konstrukcji nośnej o łącznej przybliżonej wadze 3-5 kg/m<sup>2</sup>.</p>  <p>Źródło: <a href="http://www.ecophon.com/">http://www.ecophon.com/</a></p>	1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	$\alpha_p$	0,45	0,40	0,50	0,30	0,20	0,15	
1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000											
$\alpha_p$	0,45	0,40	0,50	0,30	0,20	0,15											
9	SP2	<p>Panel sufitowy na bazie z wełny szklanej. Rdzeń płyty wykonany z wełny szklanej 3. generacji o wysokiej gęstości. Powierzchnia licowa pokryta malowaną, porowatą powierzchnią umożliwiającą wnikanie dźwięku do rdzenia płyty. Tył płyty zabezpieczony welonem szklanym. Nad płytą umieszczone dwie dodatkowe warstwy wełny mineralnej o grubości 50 mm każda.</p> <p>Krawędzie: A, B, Ds., E, F, SQ, Matrix, Rigid A, Rigid E, Rigid Ds</p> <p>Wymiary: 600 x 600 mm, 1200 x 600 mm, 1200 x 1200 mm</p> <p>Grubość: 40 mm</p> <p>Kolor płyty: White Frost 500</p> <p>Odbicie światła: 85%</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math>: 1,00</p> <p>Klasa pochłaniania dźwięku: A</p> <table><tr><td>1/10kt [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>4000</td></tr><tr><td><math>\alpha_p</math></td><td>0,60</td><td>0,95</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr></table> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math>, praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_p</math> oraz klasę pochłaniania dźwięku podano dla c.w.k. = 200 mm, oraz krawędzi A.</p> <p>Klasa reakcji na ogień: A2-s1,d0</p> <p>Płyty montowane na stalowej ocynkowanej konstrukcji nośnej o łącznej przybliżonej wadze 6 kg/m<sup>2</sup>.</p> <p><b>Extra Bass:</b></p> <p>Dodatkowa warstwa wełny szklanej o grubości 50 mm ułożona na płytach sufitowych. System składa się wełny szklanej, w pełni zamkniętej w mikroperforowanej folii, przez co płyta łatwo się przesuwająca oraz ustawia na konstrukcji sufitu. Produkt nie jest</p>	1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	$\alpha_p$	0,60	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	Ecophon Master + Extra Bass
1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000											
$\alpha_p$	0,60	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00											

		<p>przeznaczony do przycinania. Można go łatwo formować i wyginać wokół kanałów wentylacyjnych lub podobnych instalacji, jeśli zachodzi taka potrzeba.</p> <p>Wymiary: 600x1200 mm</p> <p>Płyty są odporne na wilgoć do 95%, przy temperaturze 30°C bez ugięcia, wypaczenia, czy też rozwarstwienia.</p> <p>Klasa reakcji na ogień: A2-s1,d0</p>															
10	SP3	<p>Perforowany panel sufitowy pozwalający na wykonywanie monolitycznych sufitów podwieszanych. Perforowana płyta gipsowo-kartonowa. Składa się z rdzenia gipsowego obłożonego obustronnie specjalnym kartonem. Oklejona warstwą czarnej lub białej włókniny akustycznej od spodu.</p> <p>Kolor – szary karton przeznaczony do pomalowania.</p> <p>Wymiary: 2400 x 1200 x 12,5 mm</p> <p>Ciężar: 7,5 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Gęstość: 600-800 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Klasa reakcji na ogień: A2</p> <p>Odporność na wilgoć RH: 70%</p> <p>Stopień perforacji 23%</p> <p>Rodzaj perforacji: kwadratowa</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math> – 0,85</p> <p>Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_p</math></p> <table><tr><td>1/10kt [Hz]</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>4000</td></tr><tr><td><math>\alpha_p</math></td><td>0,55</td><td>0,90</td><td>0,95</td><td>0,85</td><td>0,85</td><td>0,65</td></tr></table> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math> oraz praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_p</math> podano dla c.w.k. = 200 mm z warstwą wełny mineralnej o grubości 50 mm.</p>	1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	$\alpha_p$	0,55	0,90	0,95	0,85	0,85	0,65	Rigips RIGITON 12/25Q
1/10kt [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000											
$\alpha_p$	0,55	0,90	0,95	0,85	0,85	0,65											
11	Tilt Wall	<p>Ścienny ustrój akustyczny stworzony w celu właściwego ukierunkowania odbić fali dźwiękowej oraz eliminacji zjawiska echa trzepoczącego w pomieszczeniu. Dzięki pochylonej pod kątem 7° ramie możliwe jest skierowanie płyty refleksyjnej w jedną z czterech stron. Produkt umożliwiający właściwe ukierunkowanie odbić fal dźwiękowych i zapewniający poprawę zrozumiałości mowy, co jest istotnym parametrem w salach konferencyjnych i salach lekcyjnych. Ustrój refleksyjny, nie wprowadzający nadmiernej chłonności akustycznej do pomieszczenia dający możliwość lokalnego profilowania przegrody bez ingerencji w jej konstrukcję.</p>	Architected Sound Tilt Wall														

			
12	Tilt7	<p>Produkt umożliwiający eliminację echa trzepoczącego powstającego między równoległymi powierzchniami podłogi i sufitu oraz pozwalający na transmisję dźwięku odbitego w pożądanym kierunku. Poszerza możliwości standardowego sufitu systemowego typu T24 o technikę profilowania lokalnego, uzyskanego przy kącie odchylenia 7°.</p> <p>Minimalna wysokość konstrukcji sufitu umożliwiająca montaż: 100 mm. Ruszt: stalowy, malowany proszkowo</p> 	<p>Architected Sound Tilt7</p>

## 7 Podsumowanie

Wykonanie adaptacji akustycznej zgodnie z zaleceniami sformułowanymi w niniejszym dokumencie pozwoli na użytkowanie zaprojektowanego pomieszczenia zgodnie z jego przeznaczeniem oraz zgodnie z obowiązującym prawem budowlanym. Zapobiegnie również powstawaniu wad akustycznych takich jak nadmierna pogłosowość, echo czy echo wielokrotne.

## 8 Bibliografia

- AESTD1001.1.01-10. (2003). *Multichannel surround sound systems and operations*. AES TECHNICAL COUNCIL Document.
- Dolby Laboratories. (2003). *Dolby 5.1-Channel Music Production Guidelines*.
- EBU Tech. 3276 - 2nd edition. (1998). *Listening conditions for the assessment of sound*. European Broadcasting Union.
- Everest, A. (2001). *The master handbook of acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- ISO 17497-1:2004. (2004). *Acoustics -- Sound-scattering properties of surfaces -- Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room*.
- ITB. (2009). *Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 448/2009; Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego*. Warszawa.
- ITU-R. (2012). *BS.775 : Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture*.
- Kulowski, A. (2007). *Akustyka architektoniczna*. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.
- PN-B-02151-3. (2015). *Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach -- Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych*.
- PN-B-02151-4. (2015). *Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach - Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań*.
- PN-EN ISO 140-4. (2000). *Akustyka -- Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych -- Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami*. PKN.
- PN-EN ISO 3382-1. (2009). *Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń – Część 1: Pomieszczenia specjalne*.
- PN-ISO 1996-1:2006. (2006). *Akustyka -- Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego -- Część 1: Wielkości podstawowe i procedury oceny*.
- Sadowski, J. (1971). *Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie*. Warszawa: Arkady.
- Walker, R. (2002). *Acoustic criteria and specification*. British Broadcasting Corporation.