

---

# Tukan Audio

Ul. Wrocławska 12c/9, 55-100 Trzebnica  
tel. 669 84 1234 , e-mail: kontakt@tukanaudio.pl

---

*przedmiot opracowania:*

**Analiza warunków akustycznych w patio  
w budynku Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu**

50-375 Wrocław, ul. Norwida 5

---

*nazwa:*

## OPERAT AKUSTYCZNY

---

*branża:*

**AKUSTYKA WNĘTRZ, SYSTEMY ELEKTROAKUSTYCZNE**

*Inwestor / Zleceniodawca:*

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

---

Data wykonania pomiarów	20-06-2018	
Data opracowania	28-06-2018	
Wykonawca	Tukan Audio Łukasz Matyasik Ul. Wrocławska 12c/9 55-100 Trzebnica	
Osoba wykonująca pomiary	Łukasz Matyasik	
Autor opracowania	Łukasz Matyasik	

## SPIS TREŚCI:

1. Cel, podstawa i zakres opracowania.....	3
2. Charakterystyka badanego pomieszczenia. ....	3
3. Czas pogłosu – zalecenia normatywne dla atrium, hall, foyer.....	4
4. Wyniki pomiarów czasu pogłosu i ocena względem normy.....	4
5. Wnioski i zalecenia.....	6

## 1. Cel, podstawa i zakres opracowania.

Celem opracowania jest przedstawienie wytycznych dotyczących adaptacji akustycznej wnętrza i/lub doboru systemu elektroakustycznego w celu uzyskania dobrej zrozumiałości mowy i polepszenia warunków odsłuchu na audytorium podczas przemówień i wystąpień mówców.

### Podstawa opracowania.

Zlecenie Inwestora.

### Zakres opracowania.

- pomiar czasu pogłosu w pasmach oktaowych;
- ocena aktualnych warunków akustycznych na podstawie wyników;
- zalecenia dotyczące polepszenia warunków odsłuchowych w badanym pomieszczeniu.

## 2. Charakterystyka badanego pomieszczenia.

Badane pomieszczenie to zabudowane patio usytuowane wewnątrz w centralnej części budynku.

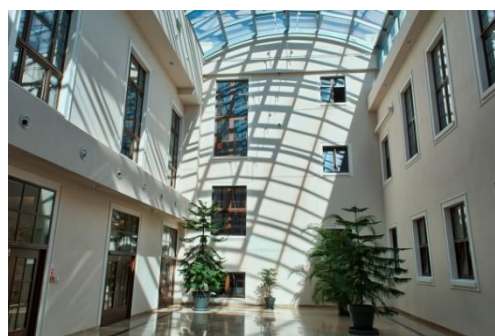
W pomieszczeniu organizowane są spotkania, ceremonie, prelekcje z udziałem mówców i audytorium oraz występy chórów i zespołów muzycznych. Subiektywna zrozumiałość mowy bez użycia systemu nagłośnieniowego jest zła. Ściany, podłoga i sufit to powierzchnie silnie odbijające dźwięk, co wpływa niekorzystnie na warunki akustyczne w patio.

Przy użyciu standardowych zestawów nagłośnieniowych oraz bez wprowadzania korekcyjnych słyszalne są dudnienia, które wpływają negatywnie na zrozumienie treści.

Podczas występów zespołów instrumenty muzyce, które emitują energię w pasmie małych częstotliwości (gitara basowa, kontrabas, bęben centralny perkusji) potęgują wrażenie dudnienia co w efekcie uniemożliwia klarowny odbiór treści dźwiękowych

Tabela 1. Opis powierzchni odbijających dźwięk w patio.

Powierzchnia	Opis
Ściany	Równoległe, otynkowane, częściowo przeszklone (okna, drzwi przeszklone).
Podłoga	Gładka, płytki kamienne
Sufit	Szklany, w kształcie łukowatego sklepienia.



### 3. Czas pogłosu – zalecenia normatywne dla atrium, hall, foyer.

Czas pogłosu to decydujący parametr określający cechy akustyczne wnętrza. Wyraża on czas po jakim poziom ciśnienia dźwięku spadnie o 60 dB po zaniku źródła. Wartość czasu pogłosu określa sposób wybrzmiewania dźwięku i zależy on od częstotliwości. O długości czasu pogłosu decyduje objętość pomieszczenia, właściwości dźwiękochłonne powierzchni ścian, podłogi i sufitu oraz chłonność akustyczna elementów wyposażenia. Zalecane wartości czasu pogłosu dla pomieszczeń: atrium, hall, foyer przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zalecana wartość czasu pogłosu T wg. normy PN-B-02151-4.

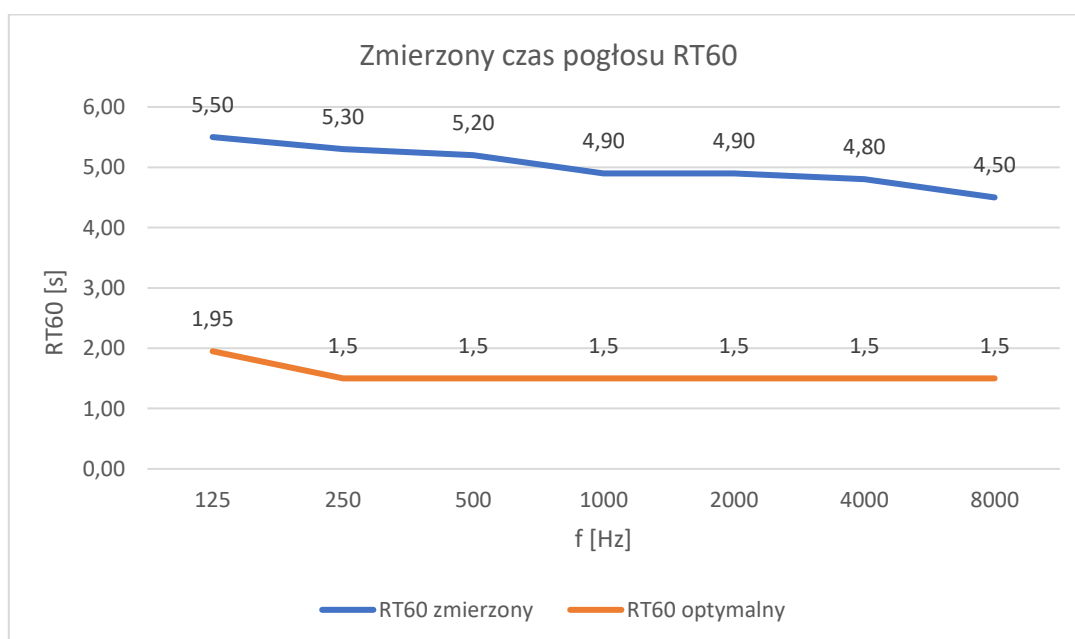
Rodzaj pomieszczenia	Wysokość pomieszczenia [m]	Czas pogłosu, T [sekundy]
atrium, hall, foyer	Od 4 do 16 m	≤1,5

Wartości czasu pogłosu T w pomieszczeniu odnoszą się każdego oktawowego pasma o środkowej częstotliwości f wynoszącej 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz. W pasmie o częstotliwości środkowej f=125 Hz wartość czasu pogłosu T może być do 30% większa od wartości podanej w tabeli.

### 4. Wyniki pomiarów czasu pogłosu i ocena względem normy.

Pomiary czasu pogłosu wykonano metodą techniczną dla dwóch pozycji źródła i sześciu punktów pomiarowych (zgodnie z metodą PN-EN ISO 3382-2 „Pomiar parametrów akustycznych pomieszczenia. Czas pogłosu w pomieszczeniach zwyczajnych”).

Zmierzone wartości czasu pogłosu odniesiono do wartości podanych w obowiązującej normie PN-B-02151-4 „Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań”. Wyniki pomiarów w odniesieniu do wartości z normy przedstawiono na rysunku 1.

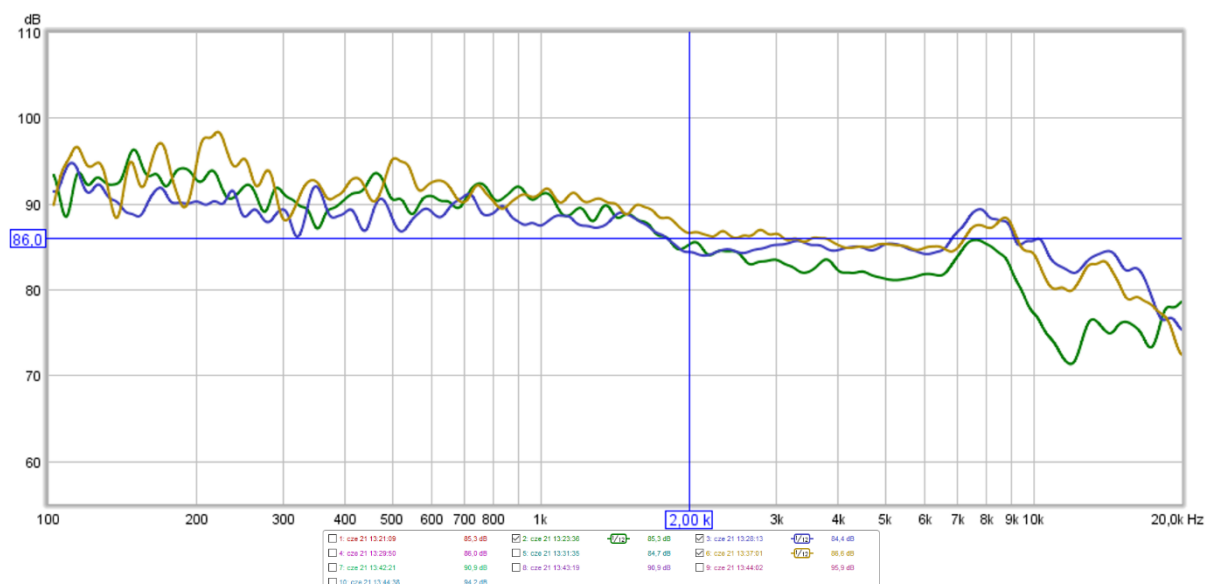


Rys. 1. Wyniki pomiaru czasu pogłosu w odniesieniu do wartości normatywnych.

## Ocena wyników pomiaru czasu pogłosu.

Wyniki pomiarów czasu pogłosu przekraczają zalecane wartości o średnio 3,6 sekundy dla pasma środkowego oraz o 3 sekundy dla dużych częstotliwości. Oznacza to zbyt długie wybrzmiewanie dźwięku w pomieszczeniu. Jest to wynik słaby w subiektywnej ocenie pomieszczenia jako komfortowego akustycznie pod kątem zrozumiałości mowy. Duże wartości czasu pogłosu w zakresie 125-250 Hz są przyczyną dudnienia w pomieszczeniu.

Na rysunku 2 przedstawiono dodatkowo wyniki pomiarów poziomu dźwięku SPL w pasmie 100-20 000 Hz w trzech wybranych punktach pomiarowych. Wszystkie odczyty charakteryzują się niższym poziomem SPL dla częstotliwości dużych (powyżej 2 kHz) względem pasm środkowego i niskiego środka (100-2000 Hz). Częstotliwości w zakresie 2-4kHz odpowiadają za tzw. prezencję dźwięku i wpływają bezpośrednio na subiektywną zrozumiałość mowy. Wyniki pomiarów wykazały, że poziom energii dźwiękowej dla tego pasma jest niższy co należy wziąć pod uwagę przy późniejszym strojeniu systemu elektroakustycznego.



Rys. 2. Zmierzone wartości poziomu SPL dla pasm 100-20 000 Hz dla trzech punktów pomiarowych.

## **5. Wnioski i zalecenia.**

### **Ocena akustyki sali**

Badane pomieszczenie charakteryzuje się czasem pogłosu  $T \approx 5,1$  sekundy. Wielokrotne odbicia dźwięku od podłogi, ścian i łukowego sklepienia sufitu powodują występowanie dudnień, co skutkuje niewyraźnym i rozmytym odbiorem treści dźwiękowych. Ponadto energia dźwiękowa dla pasma powyżej  $f=2\text{kHz}$  zanika dużo szybciej niż w zakresie środka i niskiego środka. Oznacza to, że aby uzyskać niższy czas pogłosu i jednocześnie równowagę tonalną należałoby zastosować ustroje pochłaniające działające skutecznie również dla częstotliwości z zakresu 150-300 Hz.

Aby zmniejszyć czas pogłosu do wartości akceptowalnych należałoby pokryć co najmniej 40% powierzchni ścian materiałem dźwiękochłonnym np. Ecophon Akusto Wall Panel (Akusto Wall C/Texona, cena ~400 zł netto/m<sup>2</sup> bez montażu) oraz pokryć podłogę wykładziną dywanową.

Aby polepszyć warunki odsłuchu bez ingerencji w akustykę pomieszczenia przez montaż ustrojów zaleca się zastosowanie mobilnego systemu nagłośnienia, którego odpowiednie parametry własne, korekcja oraz usytuowanie podczas wydarzenia/imprezy będzie miało korzystny wpływ na odbiór treści dźwiękowych w obecnych warunkach akustycznych.

### **Zalecenie dotyczące systemu elektroakustycznego**

- **Urządzenia głośnikowe**

Ze względu na niekorzystne warunki pogłosowe panujące w pomieszczeniu zaleca się stosowanie systemu nagłośnienia opartego o kolumny głośnikowe z odpowiednią charakterystyką kierunkowości. Do uzupełnienia odtwarzania w pasmie średnich i małych częstotliwości należy zastosować niewielki subwoofer (8 lub 10 cali) Konstrukcja kolumnowa (wiele przetworników zamontowanych w osi pionowej) charakteryzuje się z szerokim kątem zasięgu w płaszczyźnie poziomej, co wpływa korzystnie na pokrycie dźwiękiem szerokiej przestrzeni odsłuchu, i jednocześnie wąskim kątem zasięgu w płaszczyźnie pionowej, co niweluje niekorzystny wpływ odbić dźwięku od sufitu i podłogi.

Zaleca się zastosowanie zestawu: kolumna + subwoofer przygotowanego jako komplet nagłośnieniowy od jednego, renomowanego producenta, dzięki czemu parametry zwrotnicy i wstępne zestrojenie kolumny z subwooferem jest już zaprojektowane i wykonane przez producenta.

- **Procesor dźwięku**

Aby uzyskać najlepszą możliwą zrozumiałość mowy absolutnie konieczne jest zastosowanie procesora audio z filtrami dolno- i górnoprzepustowymi oraz co najmniej czteropunktową parametryczną korekcją barwy na każdy kanał wejściowy niezależnie oraz na kanały sumy i odsłuchów niezależnie. Procesor musi mieć również wbudowany kompresor na każdy kanał wejściowy niezależnie.

Wskazane jest stosowanie urządzeń cyfrowych, które mają możliwość zapisania ustawień korekcji, kompresji i poziomów dźwięku - co ułatwia konfigurację i szybkie uruchomienie systemu podczas różnego rodzaju imprez, użytkowaniu różnych rodzajów mikrofonów (doręczne, nagłowne) oraz różnych ustawień głośników w pomieszczeniu.

- **Liczba i usytuowanie głośników**

W celu zapewnienia komfortu pracy i odsłuchu podczas przemówień i występów zaleca się zastosowanie dwóch systemów kolumnowych: jeden do nagłośnienia audytorium, drugi do odsłuchu dla mówcy.

Dwa zestawy kolumnowe należy ustawić z boku pomieszczenia, możliwie najbliżej siebie, w osi dzielącej przestrzeń słuchaczy i mówcy. Jeden z zestawów kolumnowych należy skierować w kierunku słuchaczy z osią promieniowania w środek audytorium, długi zestaw należy ustawić kierunku mówcy. Proporcje poziomu głośności obu zestawów należy ustawić niezależnie. W przypadku odsłuchu dla mówcy trzeba zwrócić szczególną uwagę, aby poziom dźwięku był wystarczający do komfortowego przemawiania. Zbyt wysoki poziom dźwięku w odsłuchu może spowodować wzbudzenie akustyczne mikrofonu.

- **Korekcja barwy**

Aby uzyskać większą zrozumiałość mowy i przejrzystość dźwięku można w torze audio kierowanym do kolumny nagłaśniającej audytorium zastosować wstępne ustawienia korekcji zgodnie z poniższym:

	HPF	F1	F2	HShelf
$f_{sr}$	160 Hz	250 Hz	2kHz	5kHz
Q	12 dB / okt	1,4	1,4	--
Gain	--	-5 dB	+3 dB	+2dB

W torze odsłuchu należy zastosować filtr górnoprzepustowy z częstotliwością odcięcia  $f=200\text{Hz}$ . W ten sposób odsłuch będzie generował mniej energii w pasmie małych częstotliwości (które w badanym pomieszczeniu są przyczyną dudnień), natomiast zrozumiałość mowy zostanie zachowana.

Aby dodatkowo zwiększyć wyrazistość mowy w odsłuchu należy w pierwszej kolejności korygować poziomy dźwięku pasmach w oktawie o  $f_{sr}=250\text{ Hz}$  (obniżenie poziomu) oraz w pasmie dwóch oktaw o  $f_{sr}=2\text{ kHz}$  (zwiększenie poziomu). Wartości należy dobierać i korygować empirycznie, gdyż efekt finalne zależy też od rodzaju mikrofonu, odległości głośnik-słuchacz, usytuowania głośników z pomieszczeniu i liczebności audytorium.

- **Uwagi.**

Urządzenia głośnikowe oparte o wiele przetworników o małych średnicach np. 16szt. 3,5" ułożonych w układzie kolumnowym z racji swej konstrukcji zapewnią większa zrozumiałość mowy w pomieszczeniach o trudnej akustyce niż tradycyjnie zestawy głośnikowe dwudrożne

Niezalecane jest stosowanie tradycyjnych głośników dwu- lub trójdrożnych opartych o przetworniki 10-12-15 cali i driver gdyż duża część energii jest wypromieniowana w górę w kierunku sufitu i w podłogę co zwiększa energię wielokrotnych odbić i wpływa niekorzystnie na zrozumiałość mowy i przejrzystość dźwięku.