

INWESTOR		<b>UNIwersytet Przyrodniczy</b> <b>60-637 Poznań ul Wojska Polskiego 28</b>			
ETAP		<b>PROJEKT BUDOWLANY</b>  <b>EATP - PROJEKT TECHNICZNYCH</b>			
NAZWA ZAMIERZENIA BUDOWLANEGO		<b>PROJEKT TECHNICZNY PRZEBUDOWY AULI 111, WYDZIAŁU INŻYNIERII ŚRODOWISKA I INŻYNIERII MECHANICZNEJ</b>			
ADRES I KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO		POZNAŃ UL. PIĄTKOWSKA 94E KAT. OB. BUDOWLANEGO - XIX			
POZOSTAŁE DANE ADRESOWE		Nazwa jednostki ewidencyjnej: POZNAŃ Nazwa i numer obrębu ewidencyjnego: WINIARY (52) Numer działki ewidencyjnej: 1/94 Arkusz: 20			
BRANŻA		<b>AKUSTYKA</b>			
ZESPÓŁ AUTORSKI	IMIĘ I NAZWISKO	SPECJALNOŚĆ NUMER UPRAWNIENÍ BUDOWLANYCH	BRANŻA	DATA	PODPIS
Projektant	mgr inż. arch. Andrzej Sikorski	do projektowania bez ograniczeń w specjalności ARCHITEKTONICZNEJ nr upr.7131/32P/2003.	Architektura	12.2021	
Projektant	mgr. Inż. Dariusz Borowiecki		Akustyka	12.2021	
				12.2021	
				12.2021	

## Spis treści

1. PRZEDMIOT I ZAKRES RZECZOWY DOKUMENTACJI.....	3
2. WSTĘP TEORETYCZNY .....	3
3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE .....	4
4. OPIS PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA.....	5
5. SYMULACJA .....	9
6. WYNIKI SYMULACJI.....	10
7. PODSUMOWANIE SYMULACJI .....	12

## 1. Przedmiot i zakres rzeczowy dokumentacji

Przedmiotem dokumentacji jest adaptacja akustyczna Auli 111 Instytutu Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Zakres niniejszego opracowania obejmuje dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych dla otrzymania jak najlepszych warunków akustycznych.

## 2. Wstęp teoretyczny

Celem adaptacji akustycznej pomieszczenia jest zapewnienie odpowiednich warunków dla komfortowego użytkowania sali. Zjawiska towarzyszące rozchodzeniu się dźwięku w pomieszczeniu są odmienne niż w przypadku przestrzeni otwartej. Ściany odbijają falę dźwiękową pochłaniając jej energię przy każdym odbiciu. Źródło dźwięku promieniującego w pomieszczeniu ze stałą mocą pokrywa straty energii i po pewnym czasie następuje stan ustalony, w którym energia wyemitowana przez źródło jest równa energii pochłoniętej przez powierzchnie pomieszczenia. W momencie, gdy źródło zostanie wyłączone energia dźwięku stopniowo zanika. Zjawisko to nazywa się pogłosem. Obrazuje to fig.1. Czas, w którym natężenie dźwięku zmniejsza się o 60 dB nazywany jest czasem pogłosu. Wielkość ta zależy od liczby odbić fal akustycznych w ciągu 1 s, a więc od średniej długości swobodnej drogi fali między dwoma kolejnymi odbiciami i od ilości energii pochłanianej w ciągu jednego odbicia. Wielkość tą można wyliczyć wykorzystując wzór Eyringa:

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

gdzie: T – czas pogłosu, V – całkowita objętość pomieszczenia, S – całkowita powierzchnia ścian, a – średni pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku.

Innym parametrem opisującym jakość warunków akustycznych w pomieszczeniu jest STI (Speech Transmission Index), który opisuje jakość transmisji mowy od źródła do uszu słuchacza. Przyjmuje on wartość w zakresie

od 0 (najgorsza zrozumiałość) do 1 (zrozumiałość idealna), przy czym dla powyżej wartość 0,6 przyjmuje się bardzo dobrą zrozumiałość mowy.

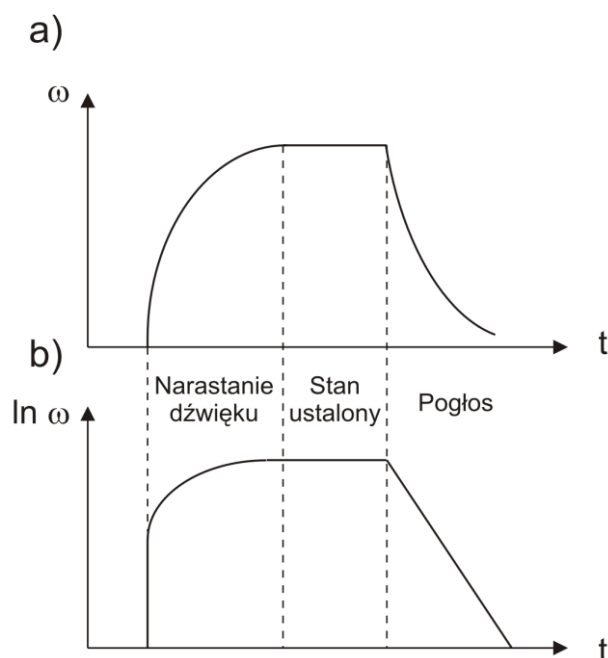


Fig.1 Narastanie, stan ustalony i zanikanie dźwięku (pogłos): a) w skali liniowej; b) w skali logarytmicznej.

### 3. Założenia projektowe

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 460 m<sup>3</sup>

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca pomieszczenie: ok. 790 m<sup>2</sup>

Szerokość : ok. 9,2 m

Długość: : ok. 17,6 m

Wysokość: ok, 4,1 m

Zalecane wartości parametrów akustycznych wg normy PN-B-02151-4 „Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.” dla sal i pracowni szkolnych, sal audytoryjnych, wykładowych w szkołach podstawowych, średnich i wyższych i innych

pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu o objętości w zakresie od 250 m<sup>3</sup> do 500 m<sup>3</sup>:

- Wskaźnik zrozumiałości mowy  $\geq 0,6$ ,
- Czas pogłosu dla 500 Hz  $\leq 0,8$  s (dla pasma oktawowego 125 Hz dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości), wykres w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.2.

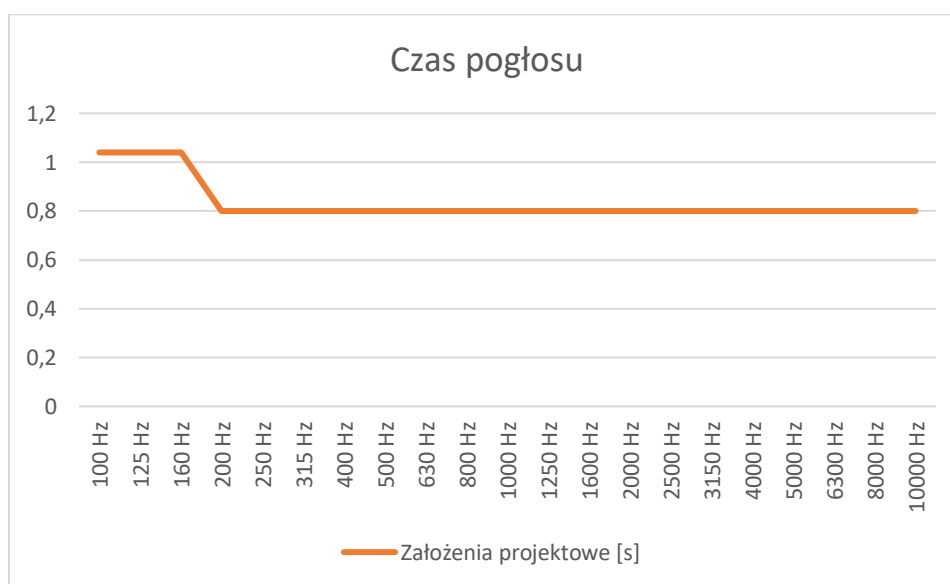
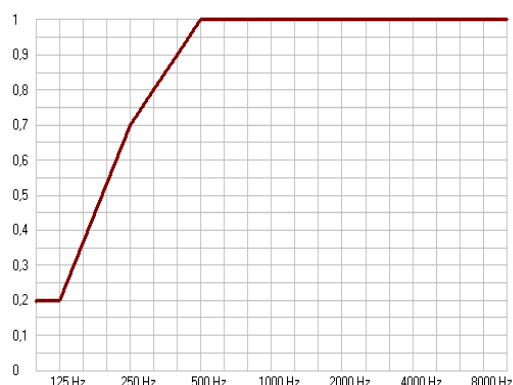


Fig.2 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla auli 111.

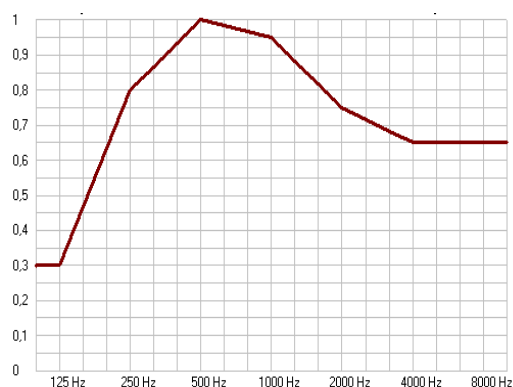
#### 4. Opis proponowanego rozwiązania

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych proponuje się:

- cały strop płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z prasowanej wełny mineralnej w welonie o grubości min. 50 mm w kolorze czarnym np. Rockfon Industrial Black montowanymi bezpośrednio do powierzchni przegrody. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):



- nad widownią na wysokości 3,5 m od najniższego poziomu posadzki zamontować 21 sztuk wyspy wykonanych z prasowane wełny mineralnej w welonie o grubości 50 mm i rozmiarach 1760 mm x 1160 mm,
- nad podestem wykładowcy na wysokości 3,5 m od najniższego poziomu posadzki zamontować 3 sztuki wyspy wykonanych z prasowane wełny mineralnej w welonie o grubości 50 mm i rozmiarach 2360 mm x 1160 mm,
- wokoło wysp na wysokości 3,5 m od najniższego poziomu posadzki zamontować sufit lamelowy wykonany z pionowych listew, odległość pomiędzy elementami nie może być mniejsza niż 100 mm,
- ściany boczne pomiędzy dźwigarami od wysokości 1,2 m do poziomu sufitu pokryć fornirowanymi płytami perforowanymi z perforacją PD8 na całej powierzchni płyty przy odstępach od przegrody 75 mm i wypełnieniu wełną mineralną o gęstości 60-80 kg/m<sup>3</sup>. Perforacja PD8 została przedstawiona na fig. 3, natomiast rozmieszczenie materiału na fig.4 i fig.5. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):



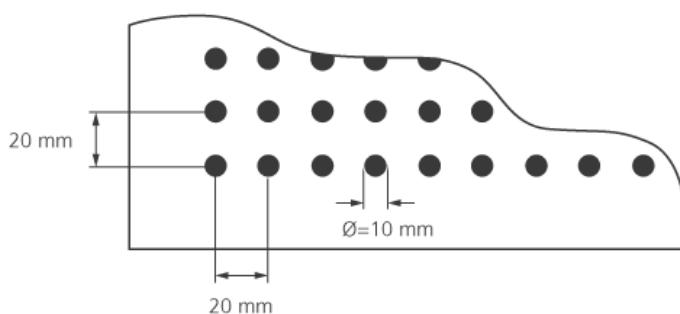


Fig.3 Perforacja PD8.

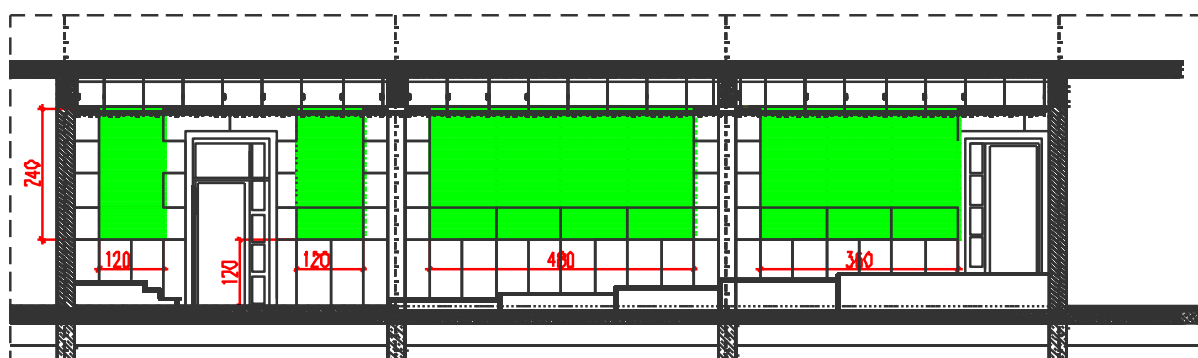


Fig.4 Rozmieszczenie płyt perforowanych na ścianie bocznej.

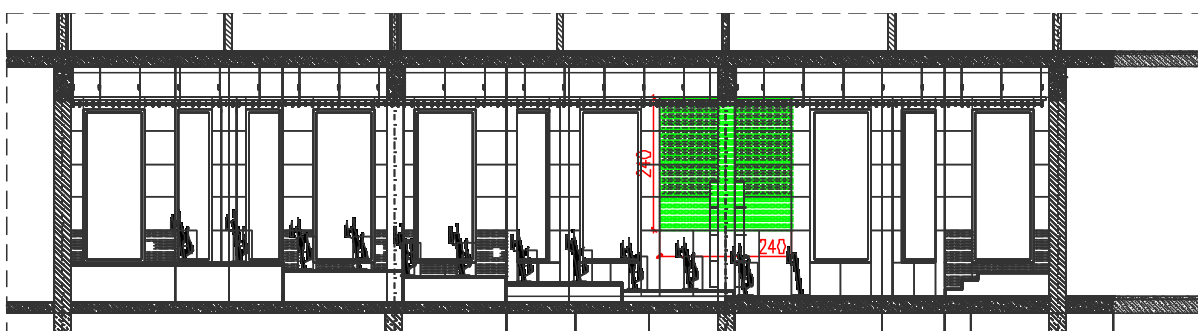


Fig.5 Rozmieszczenie płyt perforowanych na ścianie bocznej.

- ścianę tylną po bokach w pasach o szerokości 1200 mm pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z prasowanej wełny mineralnej w welonie odpornej na uderzenia o grubości 40 mm np. Rockfon Vertiq montowanymi bezpośrednio do powierzchni ściany. Rozmieszczenie materiału przedstawione

zostało na fig.6. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):

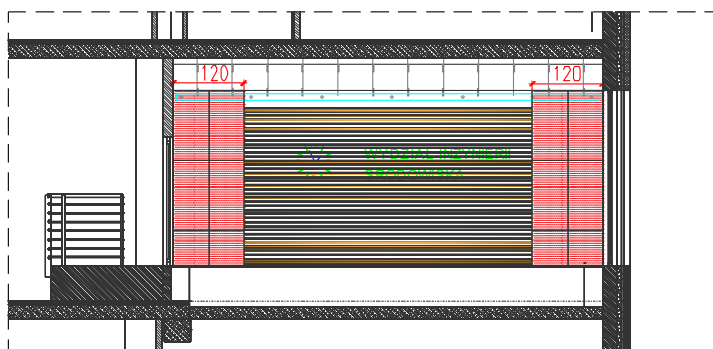
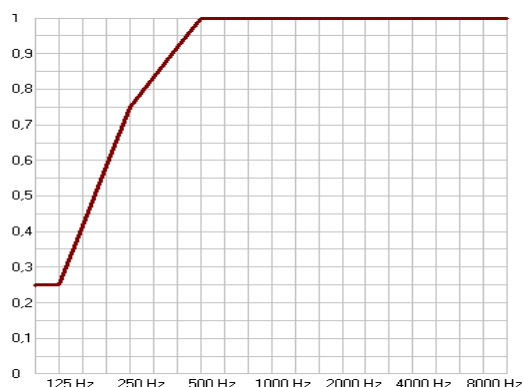
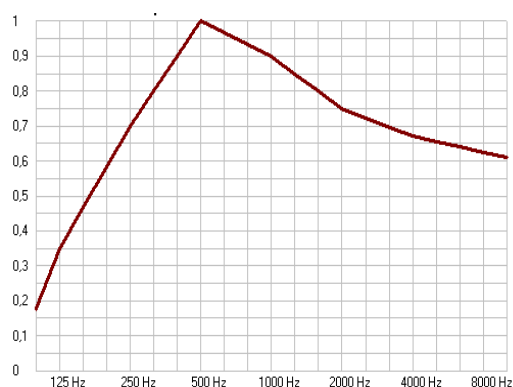


Fig.6 Rozmieszczenie płyt perforowanych na ścianie tylnej.

- ścianę tylną w części środkowej pokryć poziomymi lamelami przy odległości pomiędzy elementami nie mniejszej niż 50 mm, przestrzeń pomiędzy lamelami a ścianą pokryć wełną mineralną o grubości 50 mm i gęstości 60-80 kg/m<sup>3</sup>. Rozmieszczenie materiału przedstawione zostało na fig.6. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):





- pozostałe powierzchnie ścian pokryć fornirowanymi płytami bez perforacji przy odstępach od przegrody 75 mm i wypełnieniu wełną mineralną o gęstości 60-80 kg/m<sup>3</sup>.,
- na widowni wyściełane siedziska,
- podłogę na sali pokryć wykładziną dywanową.

## 5. Symulacja

W celu weryfikacji zaproponowanego rozwiązania zostały przeprowadzone symulacje przy wykorzystaniu oprogramowania EASE 4.4.61 z modułem AURA. Komputerowe modele pomieszczeń przedstawione są na fig.7 – fig 8.

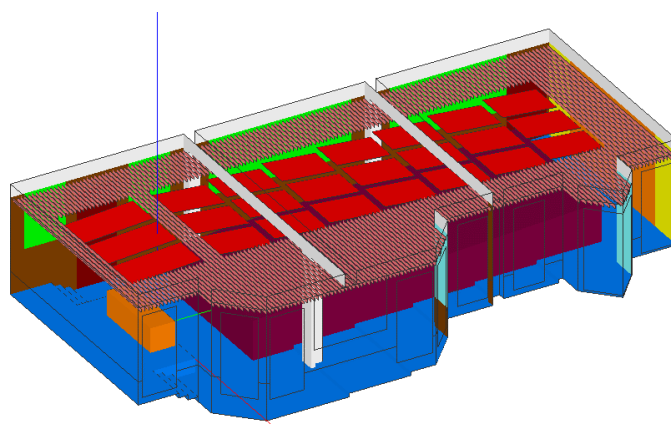


Fig.7 Komputerowy model auli 111.

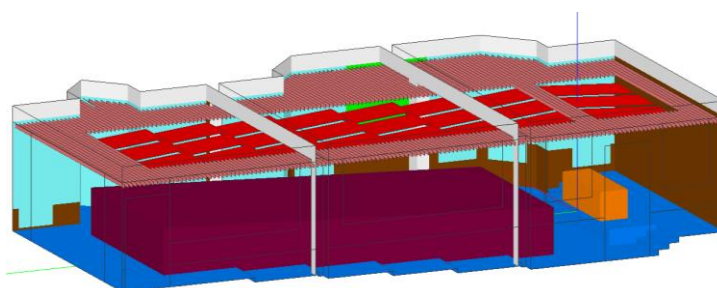


Fig.8 Komputerowy model auli 111.

## 6. Wyniki symulacji

Pasmo oktawowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	0,55	0,57	0,57	0,58	0,57	1,04
125 Hz	0,54	0,55	0,56	0,57	0,56	1,04
160 Hz	0,49	0,51	0,52	0,53	0,51	1,04
200 Hz	0,46	0,49	0,49	0,52	0,49	0,8
250 Hz	0,41	0,46	0,47	0,49	0,46	0,8
315 Hz	0,40	0,46	0,46	0,49	0,45	0,8
400 Hz	0,38	0,44	0,46	0,50	0,45	0,8
500 Hz	0,38	0,45	0,47	0,53	0,46	0,8
630 Hz	0,37	0,45	0,45	0,46	0,43	0,8
800 Hz	0,36	0,44	0,47	0,55	0,46	0,8
1000 Hz	0,37	0,45	0,47	0,52	0,45	0,8
1250 Hz	0,38	0,46	0,47	0,51	0,46	0,8
1600 Hz	0,37	0,45	0,50	0,55	0,47	0,8
2000 Hz	0,37	0,45	0,48	0,57	0,47	0,8
2500 Hz	0,37	0,46	0,50	0,56	0,47	0,8
3150 Hz	0,36	0,44	0,47	0,53	0,45	0,8
4000 Hz	0,35	0,44	0,46	0,49	0,44	0,8
5000 Hz	0,34	0,41	0,45	0,48	0,42	0,8
6300 Hz	0,32	0,39	0,43	0,45	0,40	0,8
8000 Hz	0,29	0,36	0,39	0,42	0,37	0,8
10000 Hz	0,26	0,31	0,34	0,35	0,32	0,8
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					0,47	0,83

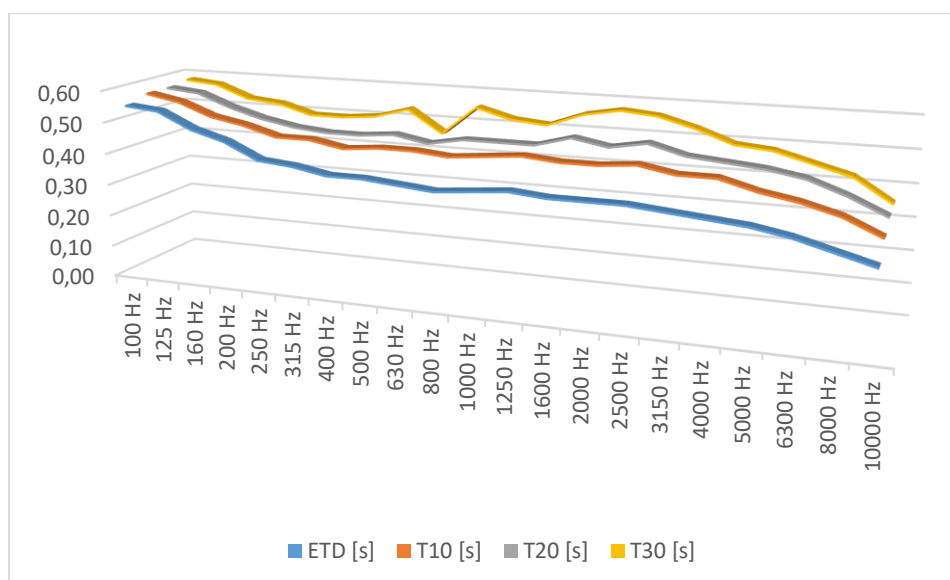


Fig.9 Wykres czasu pogłosu w auli 111 przy różnych metodach pomiarowych.

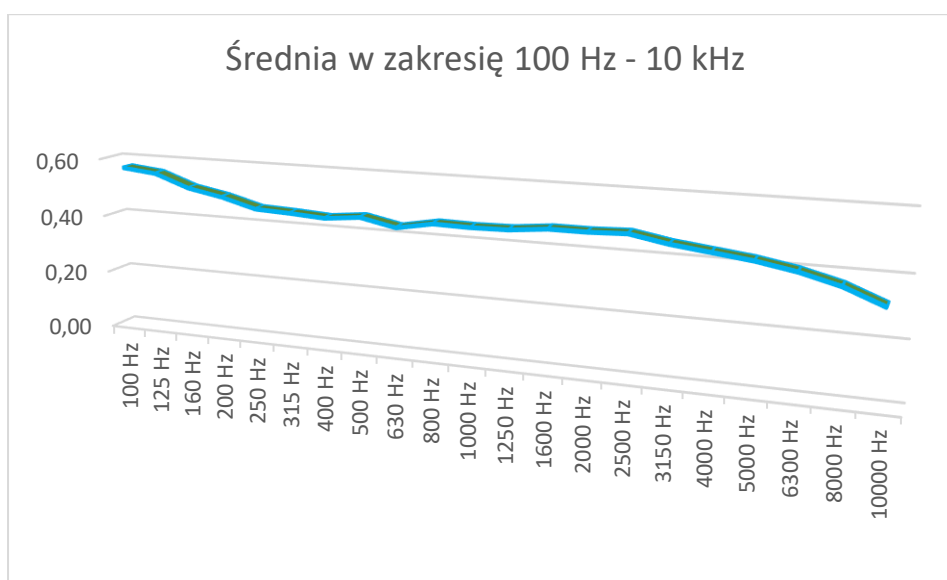


Fig.10 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w auli 111 w paśmie 100 Hz – 10 kHz.

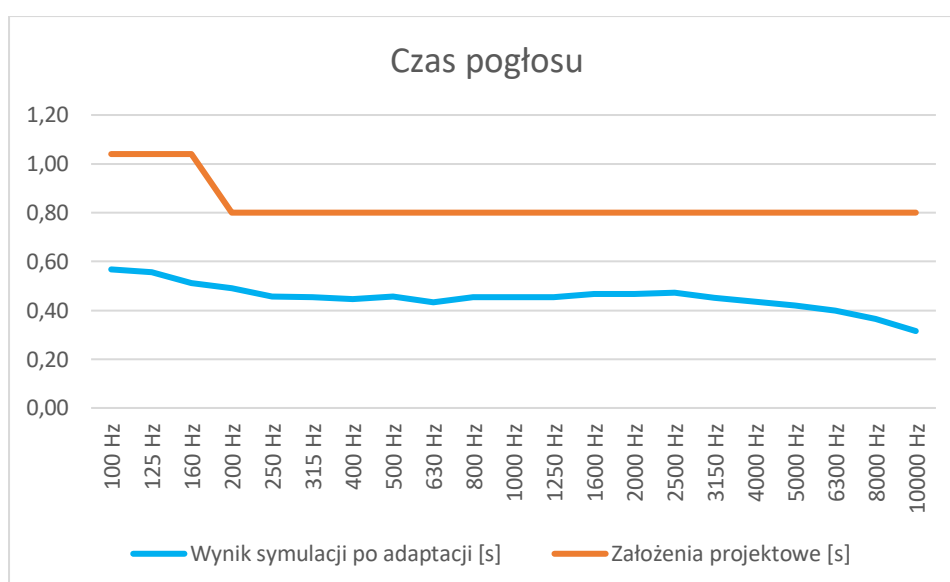


Fig.11 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w auli 111 w paśmie 100 Hz – 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych.

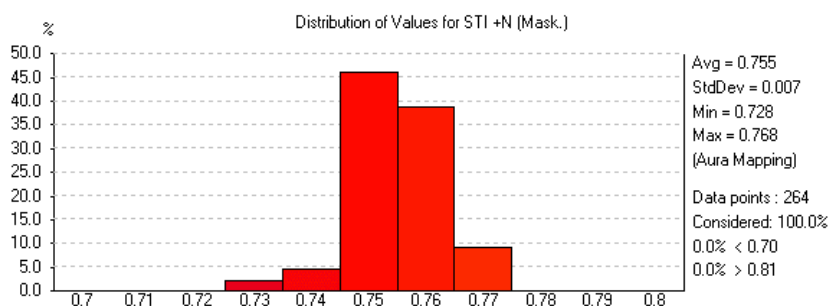


Fig.12 Rozkład powierzchniowy wskaźnika transmisji mowy STI w auli 111.

## **7. Podsumowanie symulacji**

Przeprowadzone symulacje dały bardzo zadowalające wyniki, uzyskane wartości zgadzają się z przyjętymi założeniami. Obliczenia pokazały również, że adaptacja sal jest konieczna w celu spełnienia normy PN-B-02151-4.