



"AS-ELEKTRO" Projektowanie, Wykonawstwo i
Nadzory w Branży Elektrycznej Adam Sakowicz
ul. Witkowska 68, 62-200 Gniezno
NIP: 784-226-28-79, REGON: 302166400
tel. 604 315 733, email: adamsakowicz@o2.pl

Inwestor:	Gmina Września ul. Ratuszowa 1, 62-300 Września		
Zlecający:	Gmina Września ul. Ratuszowa 1, 62-300 Września		
Temat opracowania:	Adaptacja Akustyczna Krytej Pływalni przy ul Koszarowej nr 8 we Wrześni		
Branża:	Akustyka	nr umowy:	
Stadium:		nr tomu:	
		nr upr.	data
Projektował:	mgr inż. A. Sakowicz		04.2012
Sprawdził:			
Zawartość opracowania:			
1.PRZEDMIOT I ZAKRES RZECZOWY DOKUMENTACJI2			
2. WSTĘP TEORETYCZNY.....2			
3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE.....5			
4. OPIS PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA6			
4.1. KRYTA PŁYWALNIA..... 6			
4.2. POZOSTAŁE POMIESZCZENIA 7			
5. SYMULACJA8			
6. WYNIKI SYMULACJI9			
7. PODSUMOWANIE SYMULACJI11			

1.Przedmiot i zakres rzeczowy dokumentacji

Przedmiotem dokumentacji jest adaptacja akustyczna krytej pływalni przy ul. Koszarowej nr 8 we Wrześni. 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.

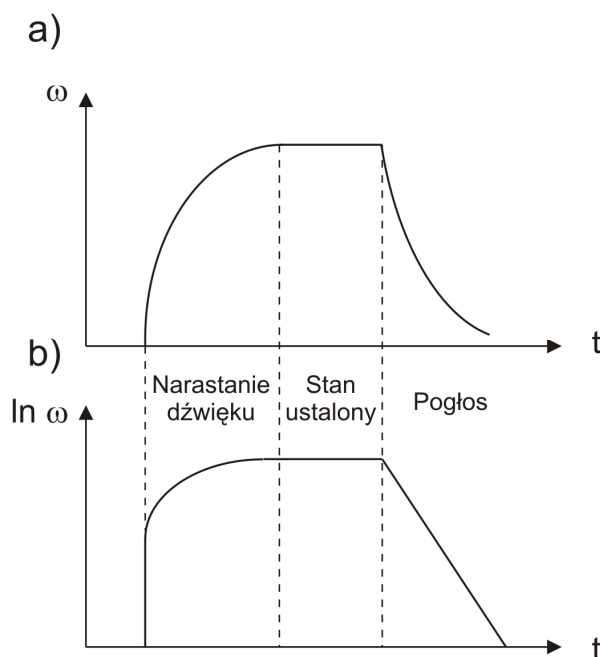


Fig.1 Narastanie, stan ustalony i zanikanie dźwięku (pogłos): a) w skali liniowej; b) w skali logarytmicznej.

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 wskaźnik STI (Speech Transmission Index), który opisuje jakość transmisji mowy od źródła do uszu słuchacza. Funkcja przeniesienia modulacji może być wyznaczona wieloma sposobami: przy użyciu sygnału mowy, specjalnych sygnałów testowych lub korzystając z odpowiedzi impulsowej pomieszczenia, a dokładnie z transmitancji kanału transmisyjnego. Sygnał pobudzenia modulowany jest 14 częstotliwościami (0,63 Hz; 0,8 Hz; 1 Hz; 1,25 Hz; 1,6 Hz; 2,0 Hz; 2,5 Hz; 3,15 Hz; 4 Hz; 5 Hz; 6,3 Hz; 8 Hz; 10 Hz; 12,5 Hz) w 7 pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych od 125 Hz do 8 kHz. Po zarejestrowaniu odpowiedzi kanału transmisyjnego analizuje się jak wpłynął on na modulacje sygnału pobudzenia. W przypadku, gdy

dostępna jest już transmitancja można wyznaczyć wskaźnik STI wyznaczając w każdej oktawie najpierw zespoloną funkcję przeniesienia modulacji (CMTF) dla każdej z 14 częstotliwości modulujących F_{mod} :

$$CMTF(F_{\text{mod}}) = \frac{\sum_{i=fd}^{fg} H(i) \cdot H(L_F - 1)}{\sum_{i=fd}^{fg} |H(i)|^2}$$

gdzie: $H(i)$ – transmitancja, L_F – numer prążka odpowiadający częstotliwości modulacji F_{mod} , fg – częstotliwość górna pasma, fd – częstotliwość dolna pasma.

Następnie wprowadza się skalę logarytmiczną:

$$S/N(F_{\text{mod}}) = 10 \log \frac{CMTF(F_{\text{mod}})}{1 - CMTF(F_{\text{mod}})}$$

Wartość S/N normalizuje się w zakresie ± 15 dB i liczy wartość średnią w oktawie:

$$S/N = \frac{\sum_{F_{\text{mod}}=1}^{14} S/N(F_{\text{mod}})}{14}$$

Ostateczne wyznaczenie wskaźnika STI to proste unormowanie do wartości z zakresu $0 \div 1$ [7]:

$$STI = \frac{S/N + 15}{30}$$

Przyjmuje on wartość w zakresie od 0 (najgorsza zrozumiałość) do 1 (zrozumiałość idealna), przy czym powyżej wartości 0,6 przyjmuje się bardzo dobrą zrozumiałość mowy.

Kolejnymi istotnymi parametrami są C50 i C80, określające przejrzystości przekazu, tzn. stosunek energii docierającej wcześniej do energii docierającej później. W zależności od tego czy wyniki mają odnosić się do warunków dla mowy czy muzyki mogą być obliczane odpowiednio dla pierwszych 50 ms lub 80 ms odpowiedzi impulsowej pomieszczenia.

$$C_{te} = 10 \log \left(\frac{\int_0^{\infty} h^2(t) dt}{\int_{te}^{\infty} h^2(t) dt} \right) dB$$

gdzie: C_{te} – wskaźnik energii wczesnej do późnej, te – granica przedziału czasu wczesnego równa 50 ms lub 80 ms.

3. Założenia projektowe

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : **ok. 6 300 m³**

Całkowita powierzchnia wszystkich płaszczyzn ograniczająca pomieszczenie:
ok. 2 850 m²

Szerokość : ok. 15,0 m

Długość : ok. 59 m

Wysokość: ok. 9,7 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 hal basenowych pływalni, parków wodnych i innych obiektów o podobnym przeznaczeniu o objętości $\geq 5000 \text{ m}^3$:

- Czas pogłosu dla 500 Hz $\leq 2,2$ s (dla pasma oktawowego dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości), Wykres czasu pogłosu w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.2.



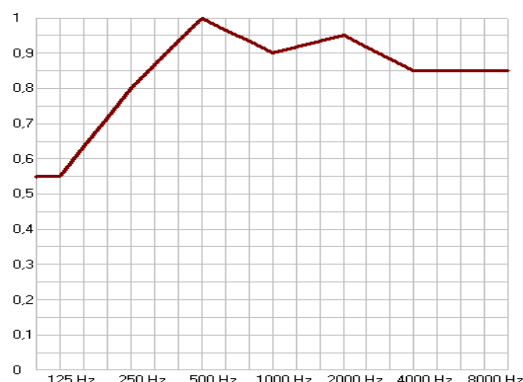
Fig.2 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla hali basenowej.

4. Opis proponowanego rozwiązania

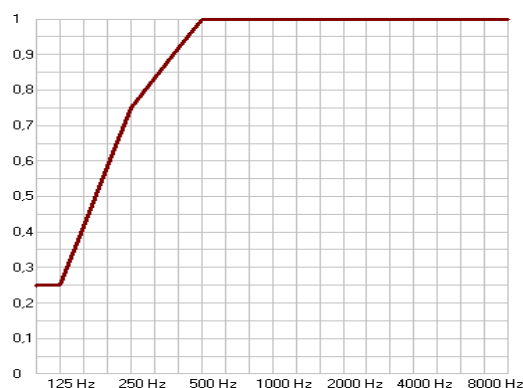
4.1. Kryta pływalnia

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych należy:

- sufit w całości pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi ze sprasowanej wełny mineralnej w welonie o grubości min. 100 mm np. Rockfon Koral 100 przy całkowitej wysokości konstrukcyjnej min. 200 mm. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):



- ściany krótsze od wysokości 4,6 m pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi ze sprasowanej wełny mineralnej w welonie o grubości min. 40 mm np. Rockfon Vertiq montowanymi bezpośrednio do powierzchni przegrody. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):

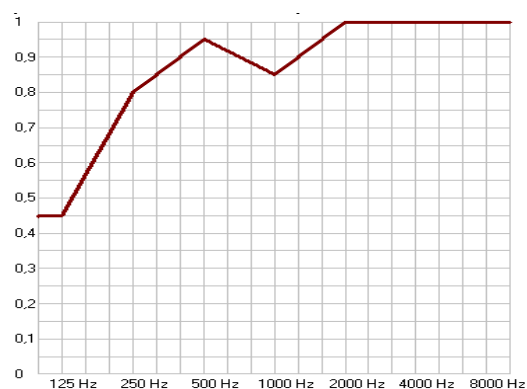


- podłogę oraz pozostałą powierzchnię ścian pokryć płytkami lub pomalować farbą.

4.2. Pozostałe pomieszczenia

W celu uzyskania odpowiednich parametrów akustycznych należy:

- sufit w całości pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi ze sprasowanej wełny mineralnej w welonie o grubości min. 15 mm np. Rockfon Tropic przy całkowitej wysokości konstrukcyjnej min. 200 mm. Wymagane parametry zastosowanego materiału (dopuszczalna tolerancja +10%, -5%):



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.3 i fig.4.

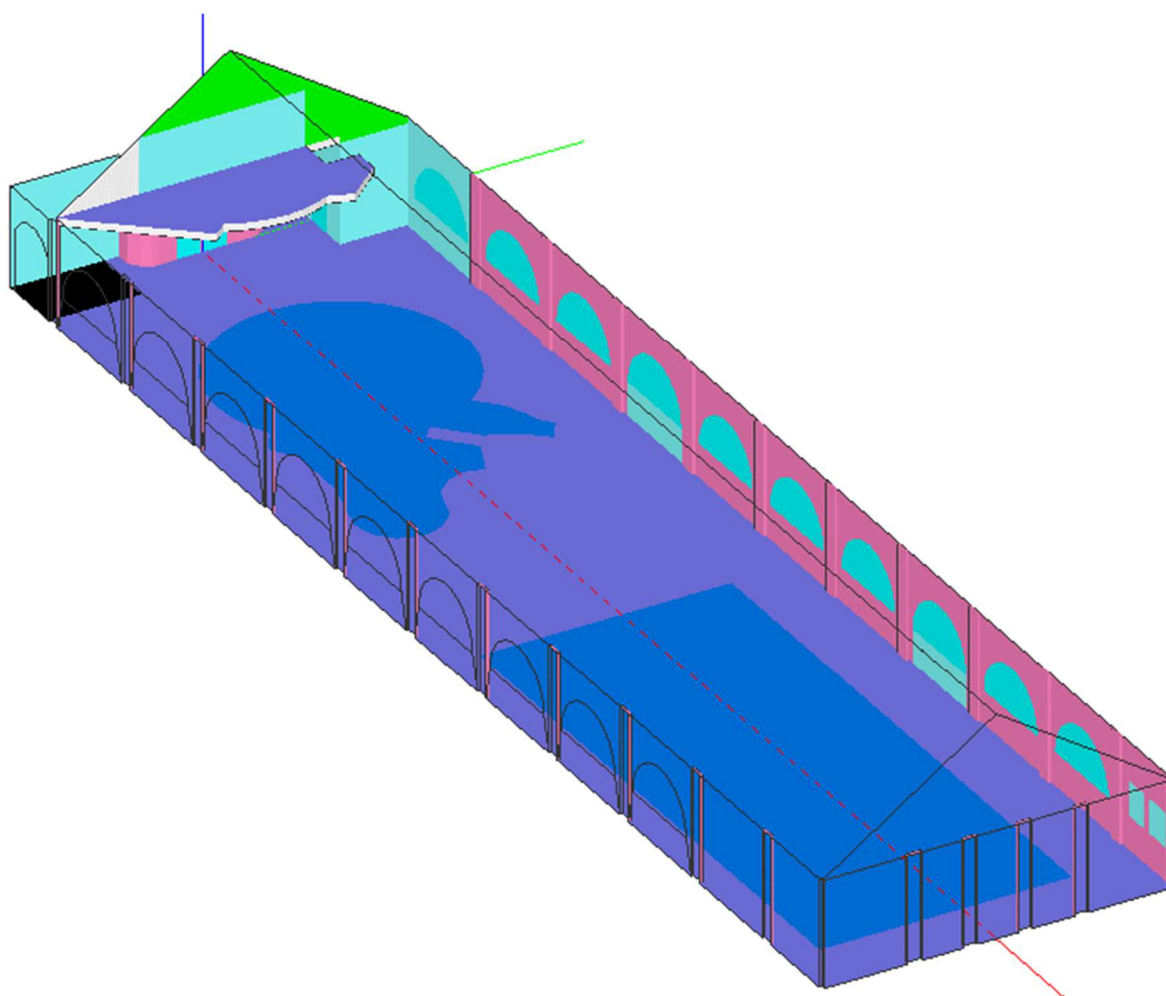


Fig.3 Komputerowy model krytej pływalni.

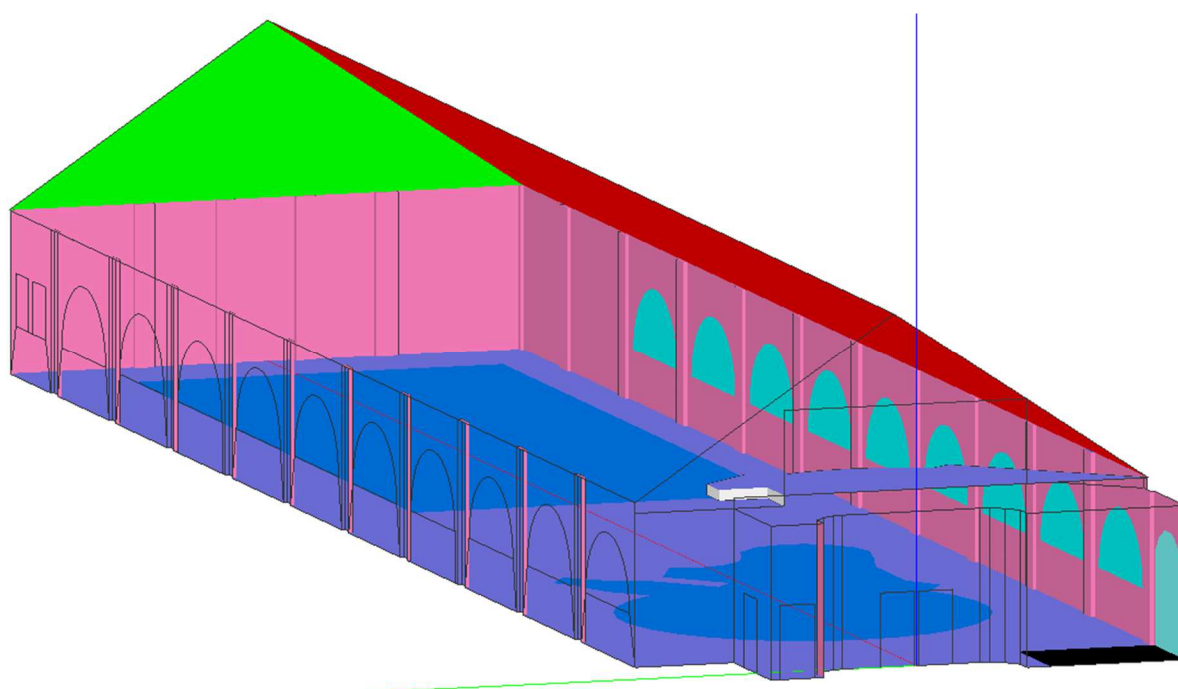


Fig.4 Komputerowy model krytej pływalni.

6. Wyniki symulacji

Pasmo oktauwowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	1,29	1,48	1,72	2,03	1,63	2,86
125 Hz	1,32	1,51	1,76	2,04	1,66	2,86
160 Hz	1,26	1,50	1,78	2,15	1,67	2,86
200 Hz	1,24	1,51	1,84	2,19	1,70	2,2
250 Hz	1,23	1,53	1,86	2,20	1,71	2,2
315 Hz	1,22	1,54	1,89	2,22	1,72	2,2
400 Hz	1,22	1,53	1,88	2,20	1,71	2,2
500 Hz	1,21	1,53	1,89	2,24	1,72	2,2
630 Hz	1,20	1,51	1,87	2,20	1,70	2,2
800 Hz	1,18	1,49	1,83	2,19	1,67	2,2
1000 Hz	1,17	1,48	1,83	2,16	1,66	2,2
1250 Hz	1,16	1,46	1,78	2,07	1,62	2,2
1600 Hz	1,15	1,44	1,73	2,02	1,59	2,2
2000 Hz	1,13	1,41	1,71	1,99	1,56	2,2
2500 Hz	1,08	1,35	1,61	1,88	1,48	2,2
3150 Hz	1,03	1,28	1,51	1,74	1,39	2,2
4000 Hz	0,95	1,18	1,36	1,52	1,25	2,2
5000 Hz	0,85	1,05	1,19	1,32	1,10	2,2
6300 Hz	0,74	0,91	1,01	1,10	0,94	2,2
8000 Hz	0,61	0,74	0,82	0,88	0,76	2,2
10000 Hz	0,49	0,58	0,64	0,68	0,60	2,2
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					1,61	2,28

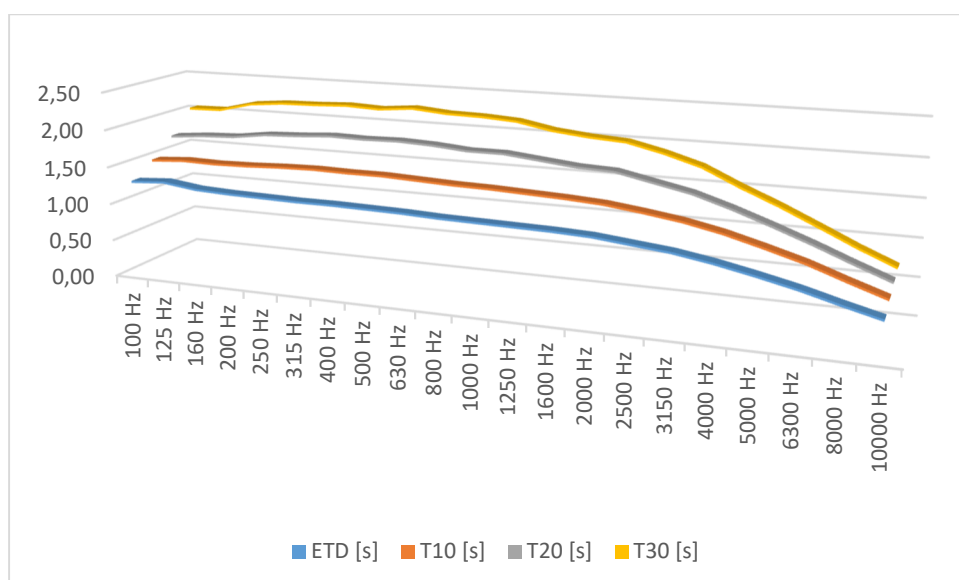


Fig.5 Wykres czasu pogłosu przy różnych metodach pomiarowych w krytej pływalni.

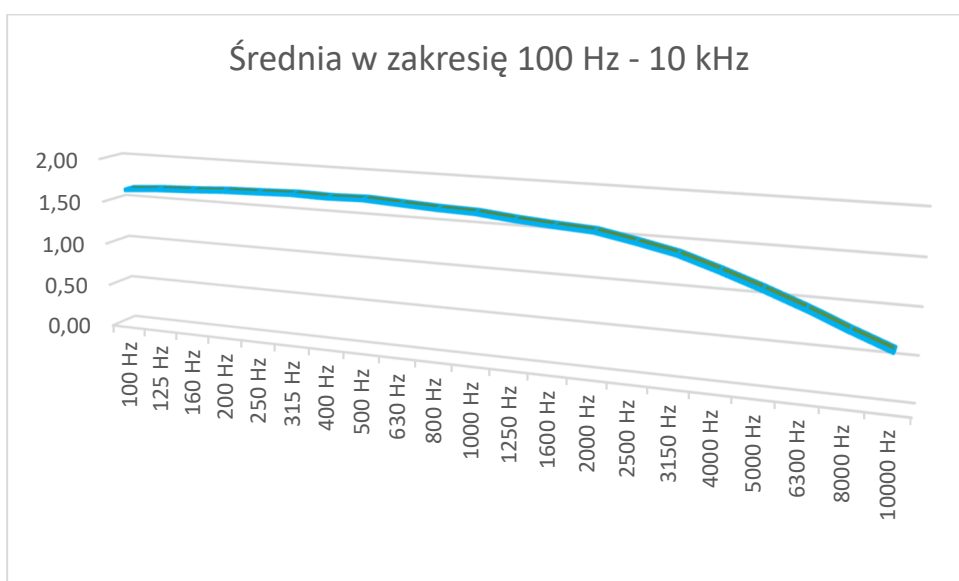


Fig.6 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w paśmie 100 Hz – 10 kHz w krytej pływalni.

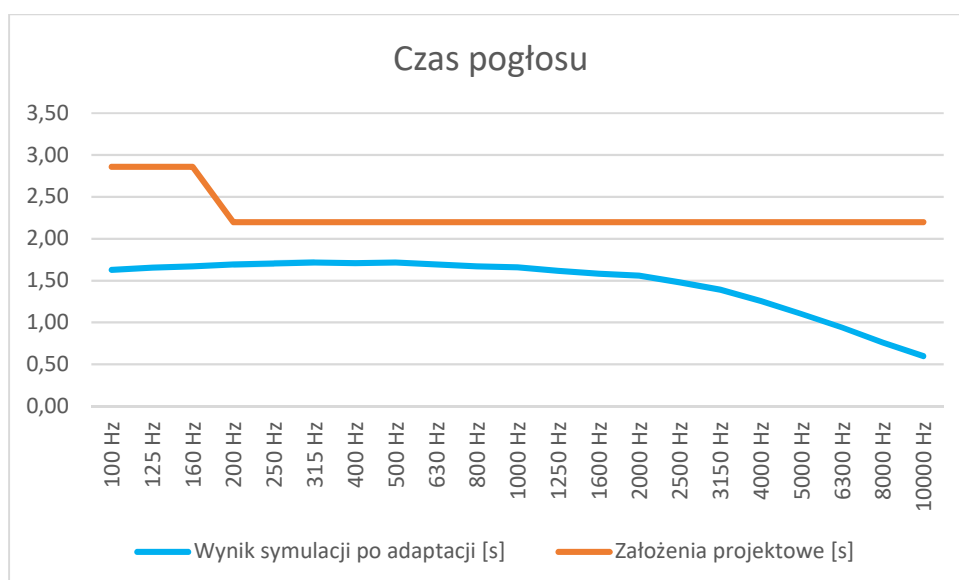


Fig.7 Wykres wartości średniej czasu pogłosu z graniczną wartością dopuszczalną przez normę PN-B-02151-4:2015-06 w krytej pływalni.

7. Podsumowanie symulacji

Przeprowadzone symulacje dały bardzo zadowalające wyniki, uzyskane wartości zgadzają się z przyjętymi założeniami oraz spełniają wymogi normy PN-B-02151-4:2015-06.