



**TYTUŁ:** WYTYCZNE ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ WNĘTRZA SALI WIDOWISKOWEJ DO  
PROJEKTU ARCHITEKTONICZNEGO „DOSTOSOWANIE WIDOWNI I SCENY  
OŚRODKA KULTURY W NIEMODLINIE DO WYMOGÓW PPOŻ."

**BRANŻA:** Architektura

**FAZA:** Projekt wykonawczy

**OBIEKT:** Ośrodek Kultury W Niemodlinie im. Agnieszki Osieckiej, ul. Mikołaja Reja 1  
49-100 Niemodlin, wnętrze sali widowiskowej

**ZAMAWIAJĄCY:** K.A.S.P. studio projektowe, os. Rzeczypospolitej 3/97  
61-397 Poznań

**INWESTOR:** Ośrodek Kultury W Niemodlinie im. Agnieszki Osieckiej, ul. Mikołaja Reja 1  
49-100 Niemodlin

**WYKONAWCA:** AKUSTYKA-PRO dr Krzysztof Leo

Techniczna 9, 81-528 Gdynia, Polska

tel.: 530 850 300, mail: krzysztof.leo@gmail.com



Specjalista akustyki dr Krzysztof Leo: projektant branży akustycznej w zakresie akustyki budowlanej, architektonicznej, instalacyjnej, środowiska oraz przemysłowej. Realizuje pomiary akustyczne i drgań w budynkach i środowisku. Wykonuje zabezpieczenia przeciwhałasowe oraz specjalistyczne ustroje akustyczne.

Gdynia, wrzesień 2019

## Zawartość opracowania

<i>Lp</i>	<i>Tytuł</i>	<i>Strona</i>
1	Podstawa opracowania	3
2	Cel i zakres opracowania	4
3	Wymagania akustyczne	4
4	Wyniki akustycznych pomiarów inwentaryzacyjnych	5
5	Rozwiązania w zakresie akustyki wewnątrz sali widowiskowej	7
6	Wyniki obliczeń akustycznych	11
7	Ochrona przed hałasem	14
8	Pomiary akustyczne	15

## 1. Podstawa opracowania

Za podstawę przyjmuje się:

- zlecenie wykonania opracowania,
- uzgodnienia z projektantem,
- inwentaryzację architektoniczną sali,
- akustyczne pomiary inwentaryzacyjne,
- mgr inż. Jakub Kirszenstein, Projekt akustyczny – adaptacja typowego DK na 300 miejsc, Warszawskie Biuro Projektów Budownictwa Ogólnego,

publikacje i normy:

- J. Sadowski, "Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie", Arkady, Warszawa 1971,
- A. Kulowski: „Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów”, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2011,
- N. W. Adelman-Larsen, E.R. Thompson, A. C. Gade "Suitable reverberation times for halls for rock and pop music", JASA, 2010
- J.S. Bradley "Acoustical Design of Rooms for Speech", Construction Technology Update, 2002,
- Norma PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka -- Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń -- Część 1: Pomieszczenia specjalne
- Norma PN-EN ISO 3382-2:2010 Akustyka -- Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń -- Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach
- Norma 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.

## 2. Cel i zakres opracowania

W zakresie opracowania jest zaprojektowanie akustyki wnętrza sali widowiskowej w Ośrodku Kultury w Niemodlinie odpowiedniej dla form wykorzystania sali. Podano wyniki pomiarów akustycznych wykonanych w stanie przed planowaną przebudową sali. W opracowaniu podano wyniki obliczeń oraz podano materiały wykończeniowe wraz ze sposobem ich rozmieszczenia w wnętrzu. Rozwiązania ochrony przed hałasem dla sali i pozostałych chronionych akustycznie pomieszczeń w budynku są poza zakresem opracowania. Podano zalecenia mające na celu utrzymanie istniejącego poziomu ochrony przed hałasem.

W zakresie funkcjonalności sali planuje się funkcję pierwszoplanową i funkcje drugoplanowe:

1. Muzyka lekka i kameralna: 50% wykorzystania, ( w tym muzyka nagłośniona 40% wykorzystania)
2. Konferencja 50% wykorzystania.

## 3. Wymagania akustyczne

1. Optymalny czas pogłosu w sali powinien dla przewidzianych funkcji i kubatury pomieszczenia wynoszącej 1065 m<sup>3</sup> w sali z widownią pod sufitem podwieszanym i 1200 m<sup>3</sup> bez sufitu podwieszanego, oraz 1950 m<sup>3</sup> dla widowni i sceny łącznie wynosić  $T_{mid} = 0.75$  s; gdzie  $T_{mid}$  to średni czas pogłosu dla pasm oktaowych 500 Hz i 1000 Hz, przy nierównomierności charakterystyki częstotliwościowej z zakresu 125 Hz – 250 Hz: +25%, 2000 Hz - 4000 Hz: +-15%.
2. Celem osiągnięcia kształtu zadanej charakterystyki częstotliwościowej czasu pogłosu należy uwzględnić całkowity bilans chłonności akustycznej materiałów we wnętrzu dla pasm niskich, średnich i wysokich. W tym celu należy przewidzieć zbliżoną powierzchnię materiałów porowatych i rezonansowych, w bilansie tym uwzględniać należy publiczność oraz fotele,
3. ustroje dźwiękochłonne w zakresie niskich częstotliwości lokalizować należy w narożnikach sali lub wzdłuż styków ścian i sufitu, lub jak najbliżej tych miejsc,
4. w pomieszczeniu nie można dopuścić do powstania echa: a.) od tylnej ściany, b.) flutter echa od powierzchni równoległych ścian, c.) echa wielokrotnego powstałego od wielu ścian,
5. zaleca się uzyskanie dobrego rozproszenia dźwięku na scenie i widowni,

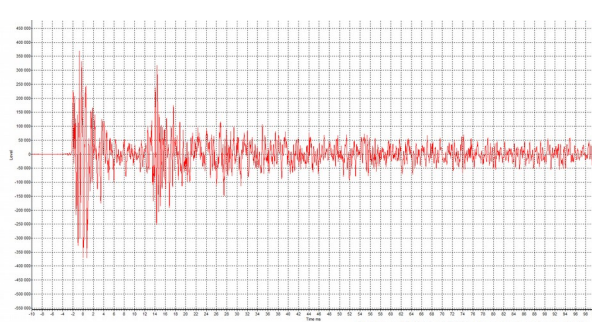
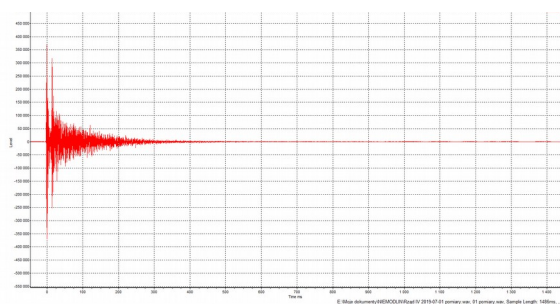
6. rozmieszczenie adaptacji akustycznej powinno uwzględniać zasadę: w pobliżu sceny i na scenie lokalizowane są materiały odbijające dźwięk, im dalej w kierunku tyłu sali tym większe nagromadzenie materiałów dźwiękochłonnych,
7. środek sufitu powinien mieć cechy odbijające dźwięk w celu lepszego nagłośnienia sali dźwiękiem naturalnym, efekt ten zrealizować należy przez zamontowanie ekranów kierujących i odbijających dźwięk,
8. różnica w czasie dojścia fali bezpośredniej i odbitej zarówno dla ścian jak i sufitu nie może przekraczać 30 ms, różnice w odbiciach do 25 ms są pożądane jako wspomagające zrozumiałość mowy i klarowność muzyki,
9. zaleca się realizację rozproszenia dźwięku przez wbudowanie na ścianach pilastrów z płyt gipsowo - włóknowych, grubości pilastrów zostały dobrane zgodnie z kształtem rozpraszacza typu opartego na residuum liczb pierwszych, dzięki czemu uzyskane zostanie możliwie najlepsze rozproszenie dźwięku w sali przy takim rozwiązaniu,
10. wymagania w zakresie kubatury sali przypadającej na jednego widza: dla sal wielofunkcyjnych do muzyki i mowy: od  $4 \text{ m}^3 / \text{widza}$  do  $7 \text{ m}^3 / \text{widza}$ , w salach koncertowych minimalna  $8 \text{ m}^3 / \text{widza}$ , zalecana  $10 \text{ m}^3 / \text{widza}$ ,
11. zrozumiałość mowy wyrażona wskaźnikiem zrozumiałości STI powinna być w odległości 10 m od źródła co najmniej dobra,  $\text{STI} > 0.6$ .

#### **4. Wyniki akustycznych pomiarów inwentaryzacyjnych**

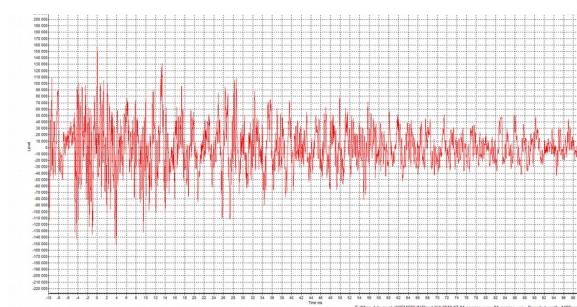
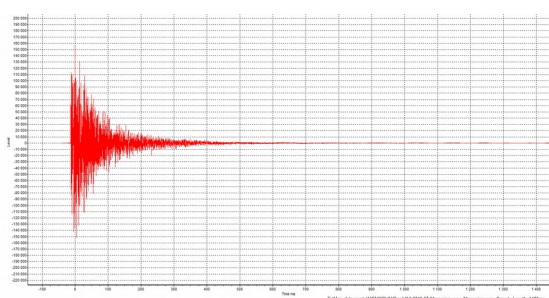
W dniu 1.07.2019 wykonano akustyczne pomiary inwentaryzacyjne w sali w stanie przed planowaną przebudową. W sali nie było widzów, fotele były w pozycji złożonej, na scenie znajdowała się umiarkowana powierzchnia tekstyliów. Pomiary wykonano stosując na scenie źródło impulsowe oraz rejestrację odpowiedzi impulsowej na widowni w pamięci miernika poziomu dźwięku SVANTEK typu 979. Układ pomiarowy jest klasy 1. Wynik analizowano w module AURORA. Uzyskano w ten sposób: średnią dla widowni charakterystykę częstotliwościową czasu pogłosu, czas pogłosu dla średnich częstotliwości  $T_{\text{mid}}$  oraz wskaźnik zrozumiałości mowy STI. Ponadto poglądowo zamieszczono widko odpowiedzi impulsowych dla rzędów bliższych i dalszych sceny. Pomiary wykonano zgodnie z normą ISO 3382.

Tab. 1 Wyniki akustycznych pomiarów inwentaryzacyjnych

Parametr,						
Średni na widowni czas pogłosu, $T(f)$ , s	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	1.14	1.00	0.82	0.77	0.71	0.66
Średni na widowni czas pogłosu, $T_{mid}$ , s	0.8					
Średnia na widowni zrozumiałość mowy, STI, %	65					



Rys. 1 Odpowiedź impulsowa zarejestrowana w rzędzie IV, źródło na skraju sceny, centralnie. Lewa część: cała odpowiedź impulsowa, prawa część: pierwsze 100 ms odpowiedzi impulsowej, silne odbicie dźwięku po 14 ms za dźwiękiem bezpośrednim. Rysunek w skali liniowej.



Rys. 2 Odpowiedź impulsowa zarejestrowana w rzędzie XVI, źródło na skraju sceny, centralnie. Lewa część: cała odpowiedź impulsowa, prawa część: pierwsze 100 ms odpowiedzi impulsowej, trudno wyróżnić pierwsze odbicie, pole akustyczne jest rozproszone. Rysunek w skali liniowej.

## 5. Rozwiązania w zakresie akustyki wnętrza sali widowiskowej

W związku z planowanym wykorzystaniem sali planuje się rozwiązania wspomagające wyrazistość brzmienia mowy i muzyki. Zrealizowane to zostanie między innymi podwieszanym sufitem ze sklejki lub płyt mdf lub płyt gipsowo - włóknowych między innymi skracającym czas pierwszego odbicia od sufitu i zapewniającego równomierność nagłośnienia widowni. Sufit montowany będzie na linkach lub wieszakach stalowych ze zmienną pustką od stropu zgodnie z projektem architektonicznym. Lokalizacja środkowej części projektowanego sufitu jest taka sama jak istniejących płaszczyzn sufitu. W pierwotnym projekcie akustycznych sali wykazano:

1. różnica pomiędzy dojściem dźwięku bezpośredniego i wczesnym odbiciem od sufitu od najbardziej krytycznego pod tym względem pierwszego panela od sceny wynosi około 15 ms, jest to wartość akceptowalna i pożądana,
2. różnica pomiędzy dojściem dźwięku bezpośredniego i wczesnym odbiciem od ściany bocznej od najbardziej krytycznego pod tym względem pierwszych fragmentów ścian od sceny wynosi około 25 ms i około 30 ms, jest to wartość akceptowalna.

Dlatego projektuje się w środkowej części sufitu pozostawienie go w niezmienionej lokalizacji, natomiast na obrzeżu sufitu w odległości od dwóch ścian bocznych i ściany tylnej projektuje się sufit podwieszany na jednej, niezmienniej rzędnej o szerokości 1.2 m o poszyciu z płyty gipsowej perforowanej.

Ściany w sali projektuje się jako wykończone płytą gipsowo - włóknową i gipsowo - kartonową perforowaną w formie pilastrów rozpraszających dźwięk, układ głębokości pilastrów został dobrany zgodnie z zależnością do obliczania wymiarów rozpraszaczy QRD. Ściany boczne należy wykończyć modułem pilastra o szerokości 600 mm, ścianę tylną modułem pilastra o szerokości 300 mm. Zalecane głębokości pilastrów dla ścian bocznych i tylnej podaje tab. 2. Ilość pilastrów można zwiększać przez powtórzenie modułów z sekwencji albo zmniejszać przez pominięcie elementów skrajnych.

Tab. 2 Głębokości pilastrów na ścianach, ściany boczne moduł 600 mm, ściana tylna moduł 300 mm,

Ściana lewa, mm	Ściana prawa, mm	Ściana tylna, mm
120	0	0

116	4	3
103	17	12
82	37	26
52	66	47
13	103	73
90	29	105
34	83	23
94	25	67
22	95	117
64	54	53
99	21	114
0	116	61
17	99	15
26	91	94
26	91	59
17	99	29
0	116	6
99	21	108
64	54	97
22	95	91
94	24	91
34	83	97
90	29	108
13	103	6
52	66	29
82	37	59
103	17	94
116	4	15
-	-	61
		114
		53
		117
		67
		23
		105
		73



		47
		26
		12
		3

Ponadto moduły pilastrów na tylnej ścianie powinny być wykonane zgodnie z przekrojem, od czoła:

1. płyta gipsowo – kartonowa perforowana o otworach 18 mm / 15 mm / 20 mm,
2. pustka 100 mm, w pustce: - na połowie pilastrów pianka melaminowa gr. 100 mm klejona do ściany klejem PU do styropianu, - na połowie pilastrów blacha stalowa, ocynkowana, gr. 1 mm, klejona do pianki melaminowej gr. 100 mm w/w klejem PU, pianka melaminowa gr. 100 mm klejona do ściany.

Wszystkie zabudowy z pełnej płyty gipsowej muszą posiadać pustkę powietrzną oraz wypełnienie z wełny mineralnej, zabudowa z płyty gipsowo – kartonowej perforowanej - z pianki melaminowej.

Efekt ewentualnej interferencji odbicia o dużej amplitudzie i dźwięku bezpośredniego i związanej z tym filtracji grzebieniowej zostanie zminimalizowany rozpraszającą dźwięk formą ścian, dla sufitu ryzyko tego efektu jest mniejsze ze względu na około połowę krótsze różnice w czasie dojścia fal bezpośredniej i odbitej.

W sali założono typowe wyściełane fotele jak w salach widowiskowych. Obliczenia przeprowadzono dla 75% zapełnienia sali, pozostałe 25% foteli uwzględniono w obliczeniach jako fotele puste.




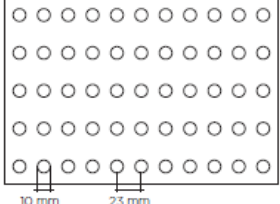
Przyjęto do obliczeń akustyki sali portal sceniczny, ponieważ na scenie zgromadzone będą materiały dźwiękochłonne.

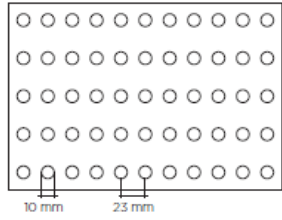
Na scenie: w kominie scenicznym, w górnych partiach jego ścian lub na suficie nad sceną oraz na ścianie zascenicznej, powyżej projektowanego lustra, projektuje się wykonanie kasetonów o łącznych powierzchniach około 30 m<sup>2</sup> – 35 m<sup>2</sup> o przekroju:

1. płyta gipsowo – kartonowa perforowana o otworach 10 mm i rozstawie osiowym otworów 23 mm,
2. pustka 200 mm, w pustce wełna mineralna zabezpieczona przed pyleniem,

Kasetony zaleca się wykonać jako pilastry w układzie poziomym o szerokości 600 mm, pomiędzy dwoma pilastrami zaleca się min. 300 mm przerwy ściany otynkowanej.

Tab. 3 Specyfikacja materiałów

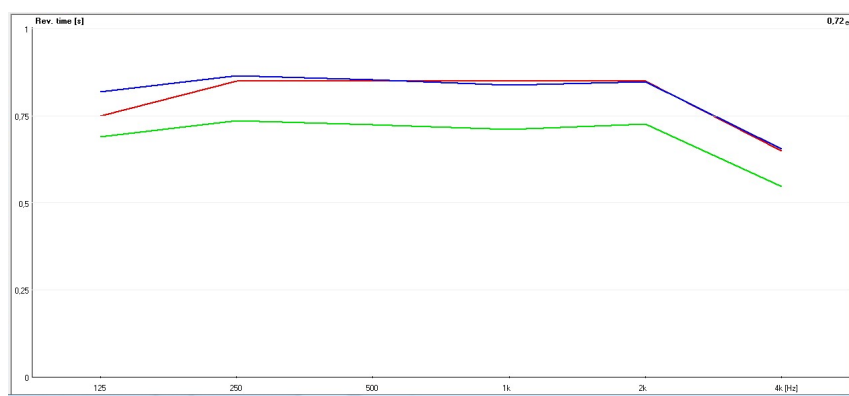
L. p.	Lokalizacja	Materiał budowlany/ ustrój akustyczny	Powierz- chnia, m <sup>2</sup>	Szkic ustroju
1	Podłoga sceny i widowni, przejścia pomiędzy rzędami widowni	Parkiet drewniany gr. min. 20 mm lub deski podłogowe gr. 22 mm	207	-
2	Fotele	Fotele wyściełane	112	
3	Ściany boczne widowni	Zabudowa z pojedynczej płyty gipsowo - włóknowej gr. 12.5 mm z pustką wg tab. 1, w pustce wełna mineralna o gęstości 40 - 60 kg/ m <sup>3</sup> , zabudowa ma formować pilastry o szerokości 60 cm zgodnie z rysunkami architektury, Opisane przedścianki stanowią również dodatkowy element ochrony przed hałasem w budynku, dlatego powinny zostać wykonane w sposób szczelny.	200	
8	Ściana tylna widowni	Zabudowa z pojedynczej płyty gipsowo - kartonowej gr. 12.5 mm z pustką wg tab. 1, w pustce wełna mineralna o gęstości 40 - 60 kg/ m <sup>3</sup> , zabudowa ma formować pilastry o szerokości 30 cm zgodnie z rysunkami architektury: - płyta gipsowo - kartonowa perforowana o otworach 18 mm / 15 mm / 20 mm, - pustka 100 mm, w pustce: - na połowie pilastrów pianka melaminowa gr. 100 mm klejona do ściany klejem PU do styropianu, - na połowie pilastrów blacha stalowa, ocynkowana, gr. 1 mm, klejona do pianki melaminowej gr. 100 mm w/w klejem PU, pianka melaminowa gr. 100 mm klejona do ściany.	34	
9	Sufit podwieszany, część środkowa	Sufit ze płyty gipsowo - włóknowej gr. 12.5 mm lub mdf gr. 18 mm lub sklejk gr. 18 mm, za płytą zabezpieczona przed pyleniem wełna mineralna o gęstości 40 - 60 kg/m <sup>3</sup> gr. 50 mm,	152	-
10	Sufit podwieszany, część obwodowa	W pasie o szerokości 1.2 m, obwodowo przy dwóch ścianach bocznych i ścianie tylnej: sufit podwieszany na jednej, niezmiennej rzędnej o poszyciu z płyty gipsowej perforowanej o otworach o średnicy 10 mm i rozstawie osiowym otworów 23 mm, pustka 200 mm, za płytą	55	

		zabezpieczona przed pyleniem wełna mineralna o gęstości 40 – 60 kg/m <sup>3</sup> gr. 50 mm,		
	Kasetony na ścianach sceny i / lub sufit nad sceną	Kasetony zaleca się wykonać jako pilastry w układzie poziomym o szerokości 600 mm, pomiędzy dwoma pilastrami zaleca się min. 300 mm przerwy ściany otynkowanej. Płyta gipsowo - kartonowa perforowana o otworach 10 mm i rozstawie osiowym otworów 23 mm, pustka 200 mm, w pustce wełna mineralna gr. 50 mm zabezpieczona przed pyleniem,	35 - 40	

## 6. Wyniki obliczeń akustycznych

Pokazane rozwiązanie adaptacji akustycznej potwierdzono przeprowadzeniem symulacji akustycznej metodą statystyczną. Metoda statystyczna, która polega na utworzeniu modelu akustycznego wnętrza daje spójne z rzeczywistością wyniki obliczeń parametrów akustycznych.

Zbadano parametry akustyczne dla materiałów podanych w tab. 3. Dla materiałów przyjęto literaturowe współczynniki pochłaniania dźwięku. Obliczono charakterystykę czasu pogłosu wnętrza oraz wskaźnik zrozumiałości mowy STI.



Rys. 3 Wynik obliczeń symulacyjnych metodą statystyczną, charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu. Krzywa czerwona wymagania, krzywa niebieska wg zależności Sabine'a, krzywa zielona wg zależności Eyringa. Krzywa spełnia kryteria wymagań:  $T_{mid} = 0.72$  s.

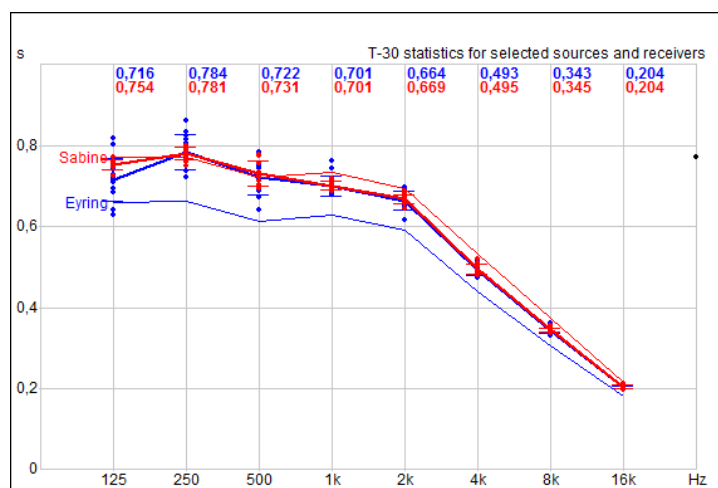
$$T_{mid} = 0.72 \text{ s}$$

$$STI_{d=10\text{ m}} = 0.66$$

$$\text{wymagany } T_{mid} = 0.75 \text{ s}$$

$$\text{wymagane } STI > 0.6$$

Wykonano także obliczenia sprawdzające przyjętą akustykę wnętrza metodą promieniową w programie CATT Acoustics. W tym celu zbudowano wirtualny model przestrzenny w którym rozmieszczono materiały budowlane zgodnie z projektem dla których przyjęto literaturowe współczynniki pochłaniania dźwięku i współczynniki rozproszenia. W obliczeniach akustycznych wykorzystano wszechkierunkowe wirtualne źródło dźwięku umiejscowione na froncie sceny. Dla punktów odbioru zlokalizowanych na widowni obliczono średnią charakterystykę częstotliwościową czasu pogłosu wraz z odchyleniem standardowym. Dla punktów odległych o 10 m od źródła podano średni współczynnik transmisji mowy STI. Sprawdzono również dla rzędu IV i XVI czy wystąpi echo, w tym celu podano kształt odpowiedzi impulsowej z tych punktów.



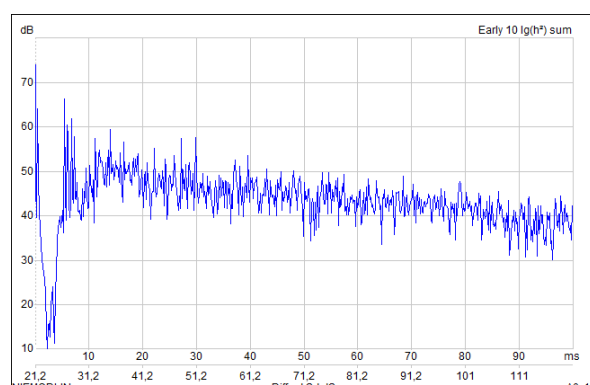
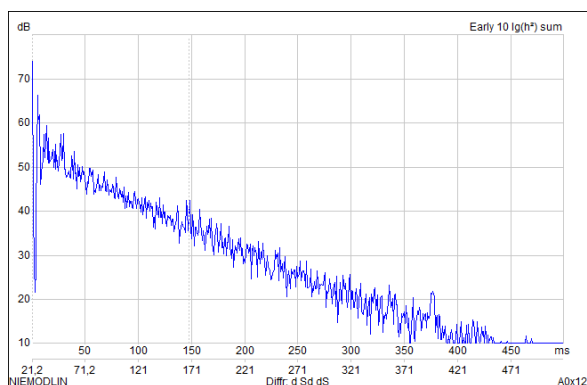
Rys. 4 Wynik obliczeń symulacyjnych metodą promieniową, charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu. Krzywa czerwona i niebieska pogrubiona - wyniki obliczeń, krzywa czerwona i niebieska cienka wg zależności Sabine'a i Eyringa. Krzywa spełnia kryteria wymagań:  $T_{mid} = 0.72$  s.

$$T_{mid} = 0.72 \text{ s}$$

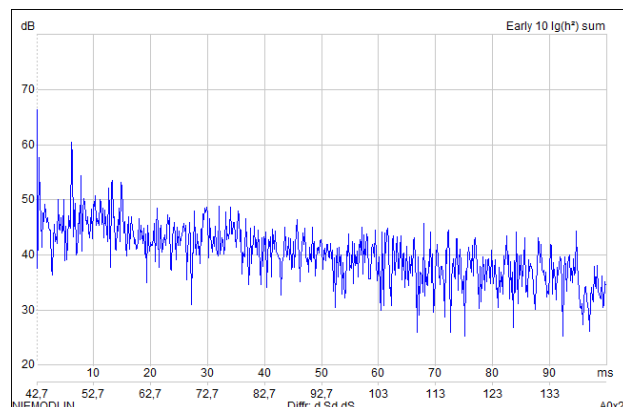
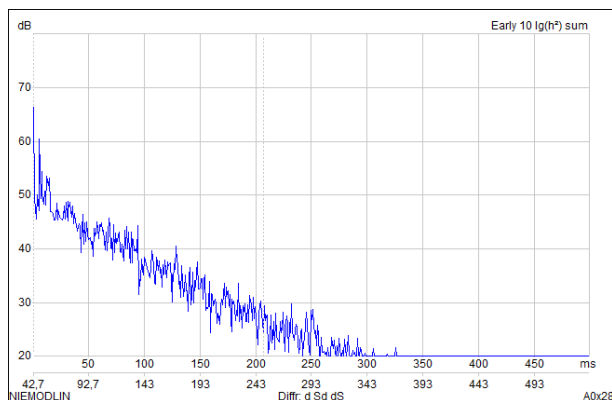
$$\text{wymagany } T_{mid} = 0.75 \text{ s}$$

$$STI_{d=10\text{ m}} = 0.68$$

$$\text{wymagane } STI > 0.6$$



Rys. 5 Odpowiedź impulsowa zarejestrowana w rzędzie IV, źródło na skraju sceny, centralnie. Lewa część: cała odpowiedź impulsowa, prawa część: pierwsze 100 ms odpowiedzi impulsowej, brak silnego odbicia, energia wczesnych odbić zanika równomiernie



Rys. 6 Odpowiedź impulsowa zarejestrowana w rzędzie XVI, źródło na skraju sceny, centralnie. Lewa część: cała odpowiedź impulsowa, prawa część: pierwsze 100 ms odpowiedzi impulsowej, trudno wyróżnić pierwsze odbicie, pole akustyczne jest rozproszone

Przewidywany czas pogłosu będzie w sali na wymaganym poziomie. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu jest płaska dla częstotliwości średnich, lekko opadająca dla niskich i wysokich pasm. Jest to zjawisko sprzyjające dla nagłośnienia sali. Nie przewiduje się wzmocnień dźwięku dla wybranych pasm. Przewidywana zrozumiałość mowy we wnętrzu będzie dobra i bardzo dobra, co jest wynikiem oczekiwanym przy projektowym czasie pogłosu. Ponadto zrozumiałość mowy nagłośnionej kierunkowymi głośnikami będzie poprawiona w stosunku do wyznaczonej zrozumiałości mowy bez nagłośnienia. Obliczenia wskazują, że w pomieszczeniu nie wystąpią wady akustyczne takie jak echo lub echo trzepoczące. Czasy pierwszego odbicia mieszczą się w granicach dopuszczalnych. Kształt odpowiedzi impulsowej jest równomiernie zanikający.

## 7. Ochrona przed hałasem

Pomieszczenie sali widowiskowej należy chronić przed hałasem zewnętrznym, z pozostałych pomieszczeń w budynku oraz od urządzeń wyposażenia technicznego budynku.

1. Na terenie zewnętrznym wokół Domu Kultury nie można lokalizować źródeł hałasu, które wytworzą przy ścianach zewnętrznych budynku poziom hałasu  $L_A > \text{ok. } 75 \text{ dBC}$ , miejscem szczególnie narażonym na przenoszenie hałasu są drzwi wejściowe zewnętrzne, dlatego w przedsionku (pom. Nr 14) należy zamontować silnie dźwiękochłonny sufit podwieszany w klasie A oraz zamontować dwie pary drzwi zgodnie z p.3.
2. Drzwi do sali widowiskowej (zarówno drzwi w ścianie zewnętrznej jak i w ścianach wewnętrznych) powinny mieć izolacyjność akustyczną  $R_{A1} > 37 \text{ dB}$ , drzwi powinny być wyposażone w próg lub opadającą uszczelkę, co najmniej dwie uszczelki.
3. Na dachu sali widowiskowej nie należy lokalizować żadnych urządzeń o ruchomych elementach, wszystkie inne urządzenia montowane powinny być do elementów konstrukcyjnych o masie powierzchniowej  $> 220 \text{ kg/m}^2$  za pośrednictwem wibroizolacji spełniającej warunek:  
 $f_{\text{rez}} < 2 * f_{\text{wym}}$  gdzie:  $f_{\text{rez}}$  jest częstotliwością rezonansową maszyny stojącej na wibroizolacji,  $f_{\text{wym}}$  jest najniższą częstotliwością wymuszenia maszyny, np. częstotliwością obrotową wirnika wentylatora,
4. Maksymalny poziom hałasu od wyposażenia technicznego budynku (wentylacji, klimatyzacji, wodociągu, instalacji grzewczej) w pomieszczeniu sali widowiskowej wynosić może  $L_A < 30 \text{ dB}$  od każdej z tych instalacji odrębnie, łącznie hałas ten nie może przekraczać  $L_A = 35 \text{ dB}$ .
5. Przejścia kanałów wentylacyjnych do i z sali prowadzić należy przez tłumiki o spadku poziomu ciśnienia akustycznego obliczonym na podstawie poziomu mocy emitowanej do kanału przez urządzenie wentylacyjne, długości kanału, jego rodzaju (ew. wyłożeniu kanału materiałem dźwiękochłonnym), ilości zakrętów i rozejść kanału, rodzaju elementu nawiewnego i jego skrzynki rozprężnej.

## 8. Pomiary akustyczne

W sali w trakcie prac:

1. po montażu płyt gipsowych na ścianach,
2. po montażu foteli

wymagane są pomiary parametrów akustyki wnętrza w celu określenia dokładnej ilości pozostałych materiałów wykończeniowych. Należy na kolejnych etapach również badać poziom hałasu od pracującej i wyregulowanej instalacji wentylacyjno – klimatyzacyjnej.

**W sali wykończonej wymagane są końcowe akustyczne pomiary odbiorowe w zakresie akustyki wnętrza oraz poziomu hałasu.**

opracowanie: specjalista akustyki dr Krzysztof Leo

