

WIBROAKUSTYKA

44-100 Gliwice, ul. Jasnogórska 14/13, skr. poczt. 403

tel./fax (32) 231-74-03
tel. +48 601-48-24-35

e-mail:
rhwibro@wibroakustyka.eu
www.wibroakustyka.eu

NIP: 631-010-69-77
Regon: 003552846

Zakres działania:

Prace badawcze, projektowe i
obliczeniowe z zakresu akustyki

Pomiary hałasów i drgań

Wyciszanie hal przemysłowych

Wyciszanie maszyn i urządzeń
w pomieszczeniach
i przestrzeni otwartej

Wibroizolacje maszyn i urządzeń

Oceny oddziaływania na środo-
wisko na etapie planowania
i projektowania inwestycji

Oceny uciążliwości zakładów
przemysłowych dla środowiska
w zakresie hałasów i drgań

Projektowanie urządzeń
zabezpieczających przed
nadmierną emisją hałasów i drgań:
ekrany akustyczne, obudowy
dźwiękochłonne, tłumiki,
elementy wibroizolacyjne

Nadzory inwestorskie w zakresie
prac związanych z akustyką
przemysłową i urbanistyczną

Doradztwo prawne i technologiczne
w zakresie problemów i przepisów
związanych z akustyką środowiska,
przemysłową i urbanistyczną

Posiadamy uprawnienia biegłego
z listy ministra i wojewody
w zakresie sporządzania ocen
oddziaływania na środowisko

Zleceniodawca:

ARCHITEK RADOSŁAW GUZOWSKI

02-640 Warszawa, ul. Woronicza 31/266

Temat:

**ANALIZA I OCENA CZASU POGŁOSU DWÓCH
PROJEKTOWANYCH SAL – ORGANOWEJ I BALETOWEJ
UNIwersytetu MUZYCZNEGO FRYDERYKA CHOPINA
W WARSZAWIE**

Autor opracowania:

dr Ryszard HNATKÓW

Właściciel Zakładu
"WIBROAKUSTYKA"
Fizyk - Akustyk


DR RYSZARD HNATKÓW

Gliwice, grudzień 2013r

1. Wprowadzenie

Opracowanie dotyczy aranżacji akustycznej dwóch projektowanych sal – organowej i baletowej Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina w Warszawie.

Głównym wykonawcą projektu jest Architekt Radosław Guzowski, ul. Woronicza 31/266, 02-640 Warszawa.

2. Podstawa opracowania

2.1. Formalna

Zlecenie pracy przez Architekta Radosława Guzowskiego.

2.2. Merytoryczna

1. podkłady architektoniczne wnętrza sal wykonane przez pracownię projektową Architekta Radosława Guzowskiego.
2. Standardy THX (THX Architect's & Engineer's Manual),
3. Barron M. Auditorium Acoustics and Architectural Design,
4. Barron M., Lee L-J. Energy Relations in Koncert Audytorium,
5. Houtgast T., Steeneken H. J. Predicting Speech Intelligibility in Rooms from the Modulation Transfer Function,
6. Everest F. A. Podręcznik Akustyki,
7. Marshall L. G. An acoustics measurement program for evaluating auditoriums based on the Early/late sound energy ratio,
8. Fasold W., Veres E. Schallschutz + Raumakustik in der Praxis,
9. Hartman G. Üben der Optimalen Nachhall In Kleinen bis Mittलगrossen Kirchen,
10. Hojan E. Zasady nagłaśniania pomieszczeń i przestrzeni otwartej,
11. PN-EN 12354-6 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 6: Pochłanianie dźwięku w pomieszczeniach,
12. Gołaś A. Podstawy sterowania dźwiękiem w pomieszczeniach,
13. katalogi stosowanych materiałów,
14. dane z literatury i doświadczeń własnych autora,
15. uzgodnienia ze Zleceniodawcą.

3. Cel i zakres opracowania

Celem pracy było określenie wymagań, odnośnie;

1. czasu pogłosu sal,

2. rodzaju materiałów i elementów stosowanych w salach,
3. oceny wielkości powierzchni materiałów i ich rozkładu na; ścianach, suficie i podłodze sal.

4. Stosowane materiały

4.1. Ściana działowa pomiędzy salą organową a salą baletową (uwagi do projektu)

- a. liczba płyt GK – akustycznych o nazwie RIGIPS AKU-Line, jak uzgodniono i przedstawiono w projekcie architektonicznym, na przekroju całej ściany, wynosi;
 $2 + 3 + 3 = 8$ szt.
- b. przy montażu płyt MDF należy zachować po obwodzie każdej płyty odstęp 2mm (czyli wszędzie szczelina 2mm – pierwsza warstwa dolna może opierać się na stropie).
- c. profile konstrukcyjne ściany działowej C należy montować do ścian przez podkładkę gumową o grubości 8mm i twardości gumy 40°Sh (40 stopni Shora). Oznacza to, że na ścianie (lub posadzce, czy suficie) należy najpierw zamontować pas gumy o szerokości równej grubości ściany, a dopiero potem montować konstrukcję do ściany.
- d. płyty GK należy układać zgodnie ze sztuką budowania ścian z GK, uwzględniając w szczególności, aby linie łączenia płyt nigdzie się nie pokrywały (ani w pionie ani w poziomie), także dotyczy to warstw 3 x GK.
- e. w celu wzmocnienia konstrukcji można połączyć "obie" ściany za pomocą klocków gumowych o wymiarach 6 x 6 x 6cm wykonanych z gumy o twardości 40°Sh w odstępach co 1 ÷ 1,5m w pionie i poziomie. Klocki gumowe do płyt GK (tu; 3 x GK) i ceowników należy mocować wkrętami o symbolu RIGIPS TD lub grubszymi. Jednakże nie mogą to być wkręty łączące jednocześnie 3 warstwy (GK – guma – konstrukcja), co oznacza że każdy klocek gumowy łączy 2 wkręty guma – GK i osobno 2 wkręty guma – konstrukcja. W tym układzie pustka powietrzna ściany będzie wynosić 6cm.
Podkładkę i klocki gumowe można zamówić w firmie SEMAG z Zabrza.
- f. krańcowe płyty przyścienne 2 x GK i 3 x GK (każdą z płyt) na całej ich grubości należy dokładnie uszczelnić – na styku ze ścianą, stropem, sufitem lub podkładką gumową – masą trwale elastyczną Hilti lub silikonem.
- g. szacowana izolacyjność akustyczna ściany wynosi 70dB.

4.2. Sala organowa

Wymagany czas pogłosu T_{60} sali organowej przyjęto na podstawie formuły opracowanej przez Hartmana [9] – jak dla małych i średnich kościołów katolickich, która ma postać;

$T_{60} = 0,0596V^{0,462} \pm 15\%$, s (dotyczy pasma oktawowego 1000Hz). Co przy kubaturze V sali rzędu 300m³ daje wartość czasu pogłosu 0,83s.

Dla małych pomieszczeń o kształtach prostopadłościennych i kubaturze od 250m³ do 1250m³, zalecane (wg Hojana) proporcje geometryczne ścian wynoszą odpowiednio; wys. : szer. : dł. = 1 : 1,59 : 2,52 \pm 5%. Dla projektowanej sali organowej proporcje te wynoszą; wys. : szer. : dł. = 1 : 0,93 : 1,58. Jak widać proporcje wymiarów geometrycznych sali organowej znacząco odbiegają od zalecanych.

W czasie gry na organach (na żywo), w niewielkich pomieszczeniach zamkniętych, najbardziej eksponowane są niskie częstotliwości w pasmach 31,5 i 63Hz. Struktura powierzchniowa ścian typowych pomieszczeń bardzo słabo pochłania częstotliwości znajdujące się w powyższych pasmach. Typowe materiały dźwiękochłonne również wykazują znikome pochłanianie dźwięków z tych pasm. Skutkiem tego jest najczęściej znaczący wzrost czasu pogłosu niskich częstotliwości w pomieszczeniu – sięgający nawet kilku sekund, a przy wymiarach pomieszczenia przekraczających 14m może pojawić się tzw. subiektywne odczuwanie echa. Dlatego też dla sali organowej – w celu wyrównania chłonności akustycznej w całym paśmie częstotliwości, zaprojektowano rezonansowy układ pochłaniania dźwięków – w szczególności bardzo aktywny dla niskich częstotliwości. Konstrukcję komór rezonansowych takiego układu przedstawiono na zdjęciach, w dalszej części opracowania. Komory mają szerokość 600mm i głębokość około 500mm. Przednia część komory, na całym przekroju, wypełniona jest warstwą wełny o grubości 100mm firmy URSA AKP3/V/100mm Super Silent, zaś tylną – o grubości około 400mm – stanowi pustka powietrzna. Komora zamknięta jest płytą perforowaną MDF o symbolu perforacji O-6P2,6-ST (karty katalogowe perforacji w załączeniu). Należy zastosować płyty MDF o grubości 16mm oklejone laminatem HPL o wymiarach około 1200 x 2400mm. Kolorystykę płyt należy uzgodnić z Inwestorem.

a. ściana tylna sali organowej

Ścianę tylną (wewnętrzną) sali organowej – oprócz ściany murowej, stanowi komorowy ustrój rezonansowy opisany powyżej. Konstrukcję komór rezonansowych można wykonać z płyt OSB lub płyt wiórowych ognioodpornych o grubości 18mm. Wszelkie listwy pomocnicze czy elementy mocujące należy wykonać z tego samego materiału. Połączenie płyt ściennych komór ze ścianą murową należy uszczelnić masą trwale elastyczną lub silikonem. Do montażu nie należy stosować żadnego typu kantówek czy desek drewnianych. Drzwi wejściowe dwuskrzydłowe powinny mieć izolacyjność akustyczną rzędu 50dB. Należy je zabudować w części murowej ściany symetrycznie względem ścian

bocznych. Próg drzwi nie powinien być wyższy niż 30mm. Drzwi powinny otwierać się do wewnątrz sali – prawe skrzydło jako otwierane stale za pomocą klamki, natomiast lewe zablokowane – otwierane tylko w przypadkach transportowych. Drzwi można zamówić w firmie Miśkiewicza (tel. 602478696). Rysunek drzwi w załączeniu.

b. ściany boczne sali organowej

Ściany boczne sali organowej należy wyłożyć płytami gładkimi MDF o grubości 16mm oklejonymi laminatem HPL i wymiarach około 1200 x 2400mm. Ułożenie płyt ma kształt rozpraszający dźwięki, zapobiegający tym samym ewentualnemu powstawaniu zjawiska "flutter echo". Płyty należy mocować do konstrukcji wsporczej wykonanej z elementów drewnopochodnych, ognioodpornych, skręcanych wkrętami. Przestrzeń pomiędzy płytą GK, a płytą MDF stanowi pustkę powietrzną. Na obwodzie każdej płyty MDF należy pozostawić szczelinę o szerokości 2mm.

c. ściana z oknami sali organowej

Szyby okien proponuję okleić folią samoprzylepną odbijającą światło na zewnątrz.

Przed oknami na całej szerokości ściany, od podłogi do sufitu, należy zamontować zasłonę układaną w fałdy o masie powierzchniowej – pofałdowanej tkaniny – rzędu $0,3 \div 0,4 \text{ kg/m}^2$.

d. sufit i podłoga sali organowe

Na sufit podwieszany zastosowano płyty Ecophon Master DS./gamma mocowane do stropu w odległości większej niż 50cm. Nad płytami umieszczone będą przewody i kanały instalacji klimatyzacyjnej. Na podłodze będzie klasyczna klepka podłogowa.

4.3. Sala baletowa

Czas pogłosu T_{60} sali baletowej przyjęto jako kompromis pomiędzy transmisją mowy i transmisją muzyki odtwarzanej z fortepianu lub elektronicznie z płyt.

a. ściany sali baletowej

Wszystkie ściany sali baletowej oprócz ściany z oknami, w dolnej części, do wysokości 2,4m, zostaną wyłożone gładką płytą MDF o grubości 16mm oklejoną laminatem HPL. Płyty będą mocowane do konstrukcji wsporczej o grubości 80mm. Przestrzeń pomiędzy ścianą a płytami zostanie wyłożona płytami z wełny szklanej o nazwie handlowej URSA AKP3/V/80mm Super Silent. Pomiędzy płytami należy w pionie zachować szczelinę o

szerokości 2mm. Kolorystykę płyt należy uzgodnić z Inwestorem. Nad płytami MDF do samego stropu będą zabudowane ustroje akustyczne o nazwie handlowej Multi-Panel,

w układzie pasów pionowych, naprzemiennie perforowanych i gładkich, o szerokościach jak przedstawiono na rysunkach architektonicznych. Panel perforowany płyt oznaczony jest symbolem perforacji; O-6P 2,6-ST. Przestrzeń pod panelami – zarówno perforowanymi jak i gładkimi – wypełniona zostanie konstrukcją nośną oraz płytami z wełny szklanej o grubości 80mm i nazwie handlowej URSA AKP3/V/80mm Super Silent.

Ściana z oknami, w części murowanej, pozostaje bez zmian akustycznych (należy ją tylko malować). Grzejniki pod oknami należy osłonić ażurową maskownicą wykonaną z listew drewnianych.

b. sufit podwieszany sali baletowej

Sufit podwieszany sali baletowej wykonany zostanie z płyt GK o nazwie handlowej Nida-Sonic perforowanych i gładkich jak przedstawiono na rysunkach architektonicznych. Część środkowa sufitu zostanie wykonana z płyt perforowanych Nida-Sonic o symbolu perforacji R8 n0. Część zewnętrzną powierzchni sufitu – dla płyt perforowanych – będzie stanowić pas z płyt Nida-Sonic bez perforacji (gładkich) o szerokości około 120cm. Na płytach, zarówno perforowanych jak i gładkich, ułożona zostanie warstwa z płyt wełny szklanej o grubości 80mm i nazwie handlowej URSA AKP3/V/80mm Super Silent. Pas przyścienny sufitu podwieszanego, o szerokości około 20cm stanowić będzie powierzchnia całkowicie otwarta do przestrzeni nadsufitowej. Dlatego też panele ściennie powinny być ułożone do samego stropu.

c. podłoga sali baletowej

Podłoga sportowa, systemowa, drewniana, na podwójnych legarach z wykładziną baletową.

5. Wyniki obliczeń

Szczegółowe dane akustyczne materiałów i ich powierzchnie oraz wyniki obliczeń czasu pogłosu przedstawiono na załączonych arkuszach kalkulacyjnych parametrów akustycznych sal. Wyniki obliczeń czasu pogłosu sal zweryfikowano obliczeniami dodatkowych parametrów akustycznych, takich jak; STI, C50, D50 i C80.



Foto 1. Przykładowa konstrukcja komór rezonansowych jak dla sali organowej (za zgodą firmy Akupanel – Krzysztof Gocek).

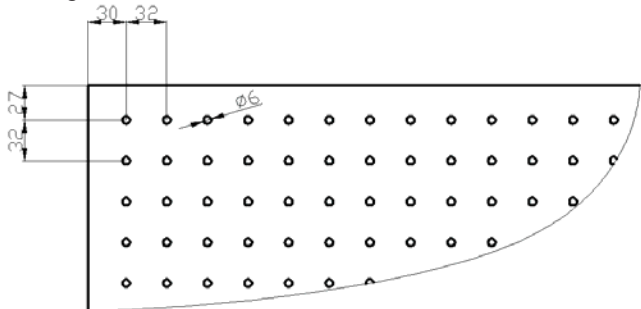
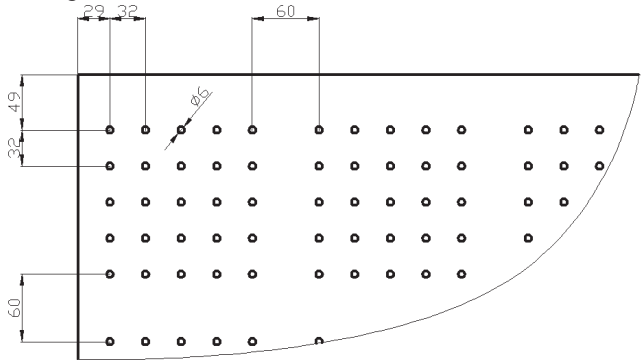
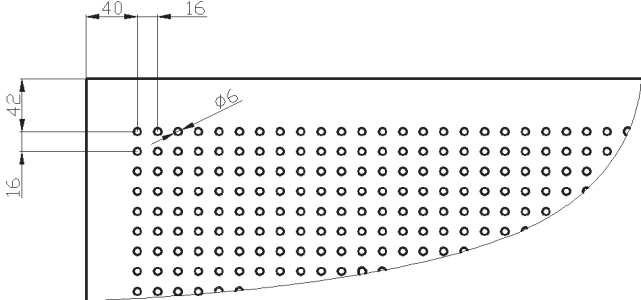


Foto 2. Konstrukcja komór rezonansowych jak dla sali organowej – po prawej na czarno komory z wełną szklaną pokrytą czarną tkaniną z włókna szklanego (za zgodą firmy Akupanel – Krzysztof Gocek).

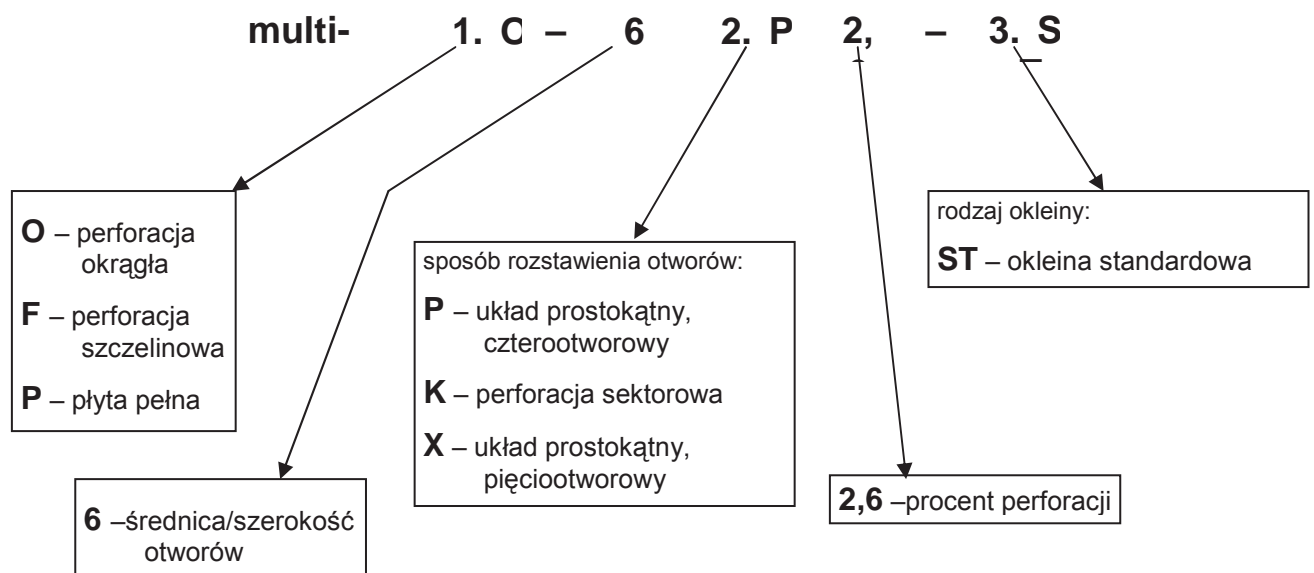


Foto 3. Układ komór rezonansowych z warstwą wełny szklanej na całej powierzchni. Do widocznej konstrukcji mocowane będą płyty perforowane MDF. (za zgodą firmy Akupanel – Krzysztof Gocek).

1.5. Opis badanych próbek pomiarowych

Numer próbki	Opis próbki	Konfiguracja pomiarowa
1	multi-panel P – ST 1420x600x12,5 [mm]	<ol style="list-style-type: none"> dystans 25[mm] dystans 50[mm]; dystans 85[mm]; dystans 85[mm] z wełną mineralną 50[mm]; dystans 260[mm]; dystans 260[mm] z wełną mineralną 50[mm];
2	multi-panel O – 6 P 2,6 – ST  1500[mm]x600[mm]x12,5 [mm]	<ol style="list-style-type: none"> dystans 85[mm]; dystans 85[mm] z wełną mineralną 50[mm]; dystans 260[mm]; dystans 260[mm] z wełną mineralną 50[mm];
3	multi-panel O – 6 K 1,9 – ST  1500[mm]x600[mm]x12,5 [mm]	<ol style="list-style-type: none"> dystans 85[mm]; dystans 85[mm] z wełną mineralną 50[mm]; dystans 260[mm]; dystans 260[mm] z wełną mineralną 50[mm];
4	multi-panel O – 6 P 9,6 – ST  1500[mm]x600[mm]x12,5 [mm]	<ol style="list-style-type: none"> dystans 85[mm]; dystans 85[mm] z wełną mineralną 50[mm]; dystans 260[mm]; dystans 260[mm] z wełną mineralną 50[mm];

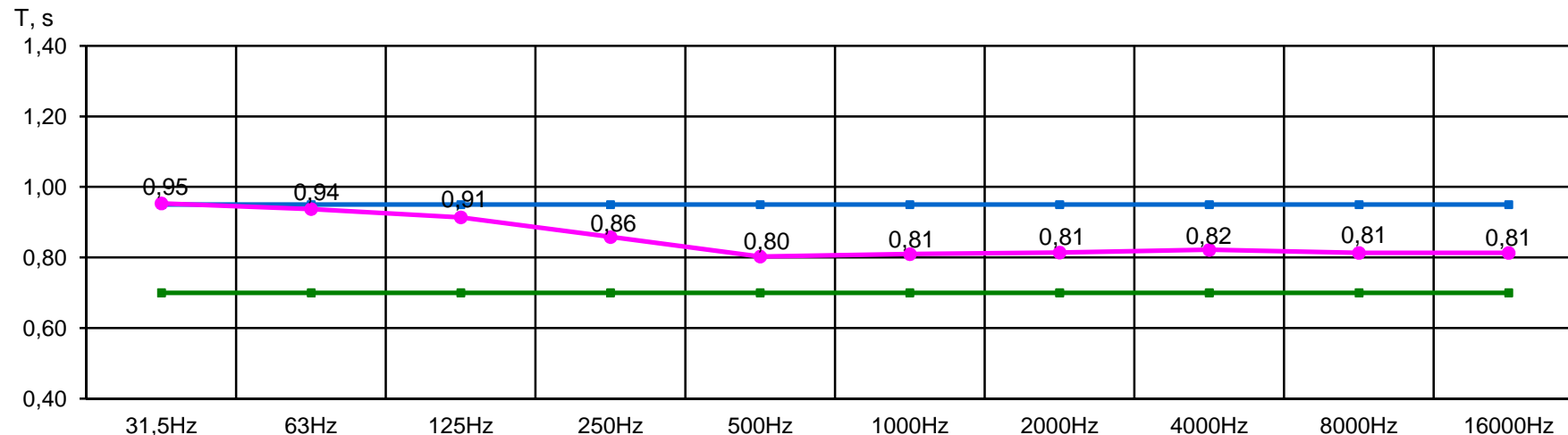
1.4. Sposób oznaczenia próbek pomiarowych przyjęty przez Producenta.



Obiekt (pomieszczenie) : **SALA ORGANOWA - Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina w Warszawie**
Czas pogłosu - wyniki obliczeń (przyjęty limit - według formuły Hartmana)

Kubatura: 300 m³

Powierzchnia	S,m ²		31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	16000Hz
Ściana tylna perf.; Płyta MDF gr.16mm, perforacja O-6P2,6-ST + Ursa AKP3/V/100mm + drzwi,32m ²	32	α	0,75	0,70	0,65	0,48	0,38	0,31	0,21	0,18	0,18	0,18
		A	24,0	22,4	20,8	15,4	12,2	9,92	6,72	5,76	5,76	5,76
Ściany boczne; Płyta MDF gr. 16mm gładka + pustka powietrzna 50mm,106m ²	106	α	0,01	0,02	0,03	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
		A	1,06	2,12	3,18	9,54	9,54	8,48	7,42	7,42	7,42	7,42
Sufit; Ecophon Master DS./gamma 52m ²	52	α	0,35	0,35	0,35	0,30	0,27	0,25	0,20	0,15	0,15	0,15
		A	18,2	18,2	18,2	15,6	14,0	13,0	10,4	7,80	7,80	7,80
Podłoga; klepka, 52m ²	52	α	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
		A	1,04	1,04	1,04	1,56	2,08	2,60	2,60	3,12	3,12	3,12
zastłona układana w fałdy (0,3 ÷ 0,4 kg/m ²), 32m ²	32	α	0,05	0,08	0,10	0,20	0,40	0,50	0,70	0,75	0,75	0,75
		A	1,60	2,56	3,20	6,40	12,8	16,0	22,4	24,0	24,0	24,0
Fotele; 12szt., 10m ²	10	α	0,05	0,08	0,18	0,26	0,36	0,38	0,40	0,50	0,55	0,55
		A	0,50	0,80	1,80	2,60	3,60	3,80	4,00	5,00	5,50	5,50
Suma	284	ΣA	46,4	47,1	48,2	51,1	54,2	53,8	53,5	53,1	53,6	53,6
Suma A prim		ΣA'	50,7	51,5	52,8	56,3	60,2	59,6	59,3	58,8	59,4	59,4
Czas pogłosu sali, s		T ₆₀	0,95	0,94	0,91	0,86	0,80	0,81	0,81	0,82	0,81	0,81
Limit górny czasu pogłosu, (0,83s +15% dla 1000Hz), s		T _g	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Limit dolny czasu pogłosu, (0,83s - 15% dla 1000Hz), s		T _d	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70



Opracował:
dr Ryszard HNATKÓW
(fizyk - akustyk)

Liczba załączników - 1.

Obiekt (pomieszczenie) : **SALA ORGANOWA**
Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina w Warszawie

Przejrzystość C_{80} sali dla muzyki

Powierzchnia całkowita: 284 m²

Kubatura: 300 m³

Częstotliwość	500Hz	1000Hz	2000Hz	wartość średnia
Czas pogłosu T_{60} , s	0,80	0,81	0,81	C_{80}
Przejrzystość C_{80} , dB	7,2	7,1	7,1	7,1

Wartość średnia współczynnika przejrzystości C_{80} : **7,1 dB**

Kryterium przejrzystości C_{80} dla różnych odległości od źródła dźwięku, według Kraak'a

Współczynnik przejrzystości C_{80} , dB		Jakość sali
Źródło dźwięku w pobliżu słuchacza	Źródło dźwięku daleko od słuchacza	
+ 3 ÷ + 8	0 ÷ + 5	dobra
- 2 ÷ + 3 lub > + 8	- 5 ÷ 0 lub + 5 ÷ + 9	średnia
< - 2	< - 5 lub > + 9	zła

Opracował:
dr Ryszard HNATKÓW
(fizyk - akustyk)

Załącz. 1.

Obiekt (pomieszczenie) : **SALA BALETOWA - Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina w Warszawie**

Czas pogłosu - wyniki obliczeń

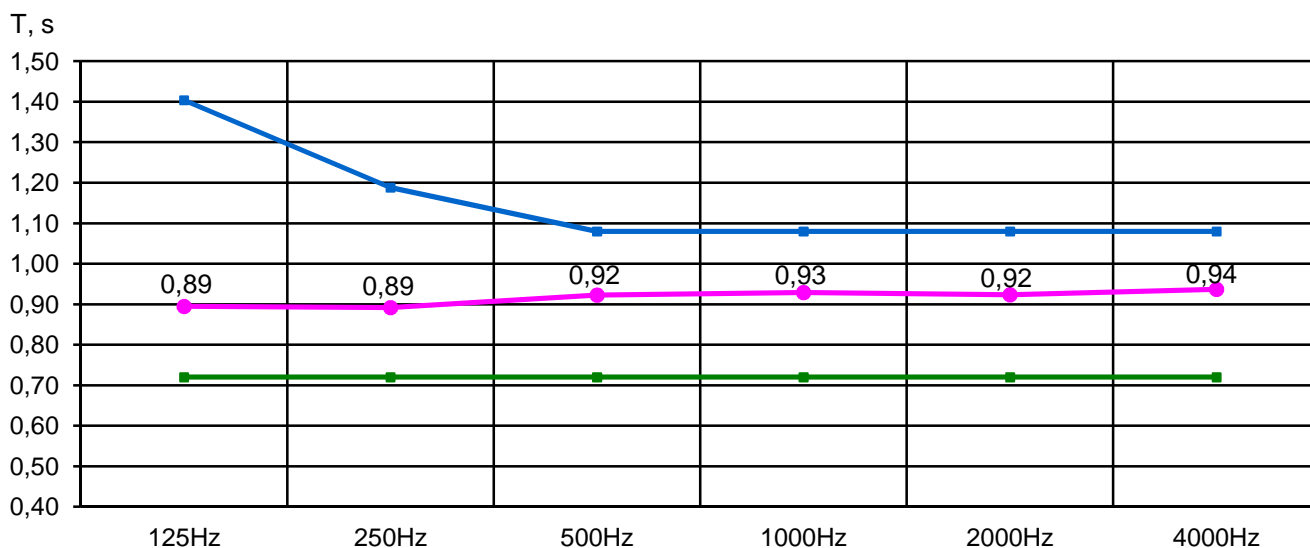
Powierzchnia całkowita:

581 m²

Kubatura:

903 m³

Powierzchnia	S, m ²		125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Sufit środek; Nida Sonic, perf. R8 n0 + Ursa AKP3/V/80mm, 78m ²	69	α	0,62	0,78	0,82	0,88	0,88	0,90
		A	42,8	53,8	56,6	60,7	60,7	62,1
Sufit obrzeże; Nida Sonic gładki + oprawy elektryczne + Ursa AKP3/V/80mm, 49m ²	58	α	0,18	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12
		A	10,4	8,70	6,96	6,96	6,96	6,96
Sufit obrzeże; otwory na obwodzie, 10m ²	10	α	0,20	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00
		A	2,00	4,00	10,0	10,0	10,0	10,0
Ściany; płyta MDF gr.16mm gładka + cokoły + Ursa AKP3/V/80mm, 79m ²	79	α	0,16	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12
		A	12,6	11,9	9,48	9,48	9,48	9,48
Ściany; Multi-Panel perf. O-6P 2,6-ST + Ursa AKP3/V/80mm, 62m ²	62	α	0,50	0,45	0,38	0,30	0,30	0,25
		A	31,0	27,9	23,6	18,6	18,6	15,5
Ściany; Multi-Panel gładki, (bez. perf.) + Ursa AKP3/V/80mm, 73m ²	73	α	0,18	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12
		A	13,1	11,0	8,76	8,76	8,76	8,76
Ściana; mur otynkowany, 22m ²	22	α	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
		A	0,22	0,44	0,66	0,66	0,66	0,66
Oslony grzejników, 24m ²	24	α	0,08	0,10	0,15	0,15	0,18	0,18
		A	1,92	2,40	3,60	3,60	4,32	4,32
Drzwi + okna + podłoga sceny, 129m ²	184	α	0,15	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10
		A	27,6	22,1	18,4	18,4	18,4	18,4
Suma powierzchni, m ²	581							
Suma A		ΣA	142	142	138	137	138	136
Suma A prim		ΣA'	162	163	158	156	157	155
Czas pogłosu, s		T ₆₀	0,89	0,89	0,92	0,93	0,92	0,94
Limit górny czasu pogłosu, s		T _g	1,40	1,19	1,08	1,08	1,08	1,08
Limit dolny czasu pogłosu, s		T _d	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72



Rozkład materiału przyjęto do obliczeń, jak w projekcie architektonicznym.

Opracował:

dr Ryszard HNATKÓW

(fizyk - akustyk)

Liczba załączników - 3.

Obiekt (pomieszczenie): **SALA BALETOWA - Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina w Warszawie**

Wskaźnik zrozumiałości mowy STI

Powierzchnia całkowita: 581 m²

Kubatura: 903 m³

Częstotliwość	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Czas pogłosu T ₆₀ , s	0,89	0,89	0,92	0,93	0,92	0,94
Wskaźnik STI	0,67	0,67	0,67	0,66	0,67	0,66

Kryterium zrozumiałości mowy STI według Houtgast'a

Wskaźnik STI	Zrozumiałość mowy
0,8 ÷ 1,0	doskonała
0,6 ÷ 0,8	dobra
0,4 ÷ 0,6	dostateczna
0,0 ÷ 0,4	zła

Uwaga: Kryterium zrozumiałości mowy STI dotyczy częstotliwości 500Hz i 2000Hz.

Opracował:
dr Ryszard HNATKÓW
(fizyk - akustyk)

Zał. 1.

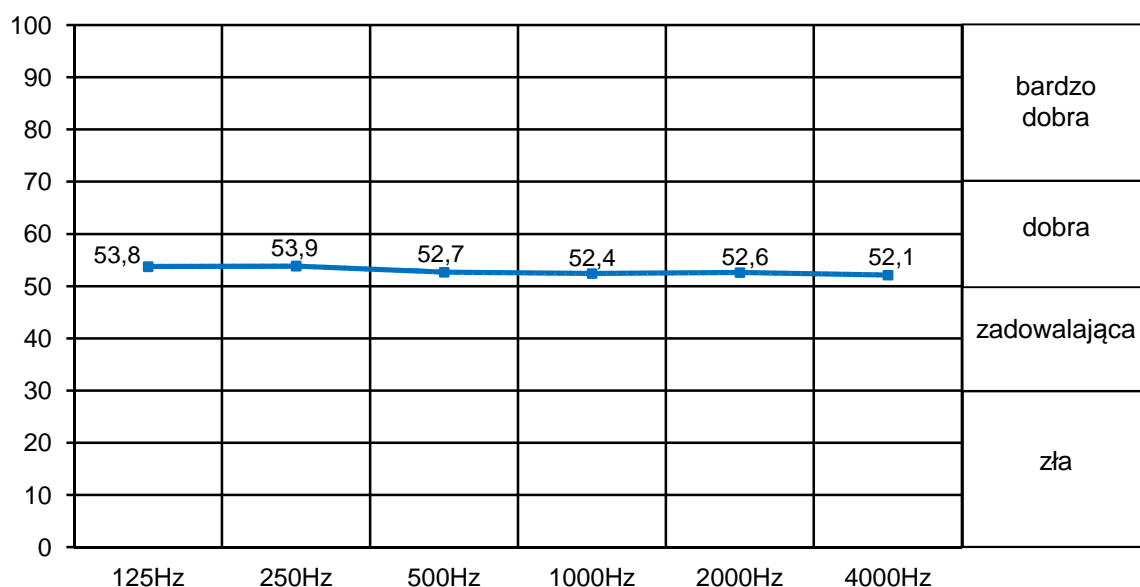
Wyrazistość D_{50} oraz przejrzystość C_{50}

Powierzchnia całkowita: 581 m²

Kubatura: 903 m³

Częstotliwość	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Czas pogłosu T_{60} , s	0,89	0,89	0,92	0,93	0,92	0,94
Wyrazistość D_{50}	0,54	0,54	0,53	0,52	0,53	0,52
Wyrazistość D_{50} , %	53,8	53,9	52,7	52,4	52,6	52,1
Przejrzystość C_{50} , dB	0,65	0,67	0,46	0,42	0,46	0,37
Współczynnik wagowy C_{50W}			0,15	0,25	0,35	0,25
Ważony współczynnik C_{50W} , dB			0,43			

D_{50} , %



Kryterium przejrzystości mowy C_{50} według Marshalla'a

Wyznaczony ważony współczynnik przejrzystości mowy C_{50W} : **0,43 dB**

Ważony współczynnik przejrzystości C_{50W} , dB	Przejrzystość mowy
$> + 7$	doskonała
$+ 2 \div + 7$	dobra
$- 2 \div + 2$	średnia
$- 7 \div - 2$	słaba
$< - 7$	zła

Opracował:
dr Ryszard HNATKÓW
(fizyk - akustyk)

Załącznik 2.

Obiekt (pomieszczenie): **SALA BALETOWA - Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina w Warszawie**

Przejrzystość C_{80} sali dla muzyki

Powierzchnia całkowita: 581 m²

Kubatura: 903 m³

Częstotliwość	500Hz	1000Hz	2000Hz	wartość średnia
Czas pogłosu T_{60} , s	0,92	0,93	0,92	C_{80}
Przejrzystość C_{80} , dB	6,0	5,9	6,0	5,9

Wartość średnia współczynnika przejrzystości C_{80} : **5,9 dB**

Kryterium przejrzystości C_{80} dla różnych odległości od źródła dźwięku, według Kraak'a

Współczynnik przejrzystości C_{80} , dB		Jakość sali
Źródło dźwięku w pobliżu słuchacza	Źródło dźwięku daleko od słuchacza	
+ 3 ÷ + 8	0 ÷ + 5	dobra
- 2 ÷ + 3 lub > + 8	- 5 ÷ 0 lub + 5 ÷ + 9	średnia
< - 2	< - 5 lub > + 9	zła

**Kryterium przejrzystości C_{80} dla różnych rodzajów muzyki, według Marshall'a
(kryterium dotyczy wyłącznie dużych pomieszczeń)**

Rodzaj muzyki	Uśredniony współczynnik przejrzystości C_{80} , dB
instrumenty elektroniczne	+ 6 ÷ + 9
muzyka operowa	+ 3 ÷ + 6
muzyka symfoniczna	- 3 ÷ + 3

Uwaga: Kryterium przejrzystości C_{80} dotyczy częstotliwości; 500Hz, 1000Hz i 2000Hz.

Opracował:
dr Ryszard HNATKÓW
(fizyk - akustyk)

Załącz. 3.