

P.U.-H „AKUSTYKA”

Andrzej Kulowski

Rzeczoznawca w Zakresie Akustyki

i ochrony Przeciwdźwiękowej nr SEP 49/04

ul. Ujejskiego 24, 81-426 Gdynia

tel. 501 052 874, e-mail: puh.akustyka@wp.pl

Gdynia, 21.12..2015

P.U.H. "AKUSTYKA"
dr hab. inż. Andrzej Kulowski
 ul. Ujejskiego 24, 81-426 Gdynia
 NIP 586-107-20-21, Regon 190476471
 tel./fax 058 622 20 76, tel.kom 501 052 874

zalecenia AKUSTYCZNE
do projektu modernizacji i nowej aranżacji
trzech sal widowiskowych wraz z zapleczem
w budynku Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina w Warszawie

1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Opracowanie obejmuje następujące pomieszczenia:

- sala operowa nr 347 im. Stanisława Kazuro wraz z zapleczem w poziomie pierwszego piętra i reżysernią w poziomie drugiego piętra,
- sala kameralna nr 351 im. Henryka Melcera wraz z zapleczem w poziomie pierwszego piętra i pokojem dla komisji w poziomie drugiego piętra,
- sala kinowo-audytoryjna nr 355 im. Karola Szymanowskiego z kabiną projekcyjną w poziomie drugiego piętra.

Przewiduje się że zostanie utrzymana dotychczasowa funkcja sali operowej i sali kameralnej, odpowiadająca ich nazwie. Zmianie ulega dotychczasowa forma wykorzystania sali nr 355, która z sali wielofunkcyjnej o równorzędnie traktowanej funkcji reprezentacyjnej, wykładowej, recitalowej i kinowej zostanie przekształcona w salę z pierwszoplanową funkcją kinową, wyposażoną w technicznie zaawansowany system nagłośnienia „Dolby ATMOS”. Dotychczasowe formy działalności w sali 355 zostaną utrzymane jako funkcje drugoplanowe.

Głównym zadaniem w zakresie akustyki, dotyczącym wszystkich trzech sal na etapie projektu budowlanego, jest ograniczenie przenikania zakłóceń zewnętrznych od istniejącej lub projektowanej działalności w sąsiednich pomieszczeniach. Ponadto, w przypadku sali 355 przewiduje się zmianę akustyki sali zgodnie z nową funkcją wiodącą.

2. WYMAGANIA AKUSTYCZNE

2.1. WYMAGANIA DLA SALI OPEROWEJ, SALI KAMERALNEJ I POMIESZCZEŃ TOWARZYSZĄCYCH (wg Polskich Norm i polskich zaleceń projektowych)

Izolacyjność akustyczna przegród od dźwięków powietrznych

Lp.	Funkcja pomieszczeń rozdzielonych przegrodą		Zalecany wskaźnik izolacyjności akust.		
			ściany	strop	
			R'_{AI} [dB]	R'_{AI} [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
1	Sala koncertowa	sala koncert.	70	70	40
2		reżysernia	65	–	–
3		pokój ćwiczeń, garderoba	65	65	45
4		szacht techniczny	60	–	–
5	Sala prób, pokój ćwiczeń	sala prób	60	60	45
6		korytarz	50	50	53
7		garderoba	50	50	53
8		pomieszc. techniczne	55	55	45
9		szacht techniczny	45	–	–
10	Garderoba	garderoba	50	50	53
11		korytarz	45	–	–

Dopuszczalny poziom zakłóceń

Lp.	Pomieszczenie	Równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie, $L_{Aeq} [dB]$	Równoważny poziom dźwięku A hałasu od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza nim, $L_{Aeq} [dB]$
1	Sala koncertowa	30	25
2	Reżysernia dźwięku	25	25
3	Sala kameralna	30	25
4	Sala prób	30	25
5	Sale ćwiczeń	30	25
6	Garderoby	45	40

UWAGA: Polskie Normy PN-B-02151.03:1999 i PN-87/B-02151.02 zawierające wymagania w ww. zakresie nie obejmują szkół muzycznych. Wymagania w p. 2.1 i 2.2 podano wg zaleceń literaturowych (A. Kulowski: „Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów”. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011).

Czas pogłosu

Sala	SALA OPEROWA 347	SALA KAMERALNA 351	SALA KINOWO-AUD. 355
Kubatura V	826,7 m ³	850,6 m ³	1218,3 m ³
Zalecenia dot. czasu pogłosu wg literatury	$T = 0,25 \log V + 0,39 = 1,1$ s $T = 0,5 \log V - 0,5 = 0,96$ s	$T = 0,20 \log V + 0,31 = 0,90$ s	Funkcja koncertowa: $T = 0,20 \log V + 0,31 = 0,93$ s Funkcja kinowo-aud.: $T = 0,22 - 0,38$ s**
Projektowany czas pogłosu*	1,0 s	0,90 s	0,7 s***

* wartość średnia dla oktafów 500 i 1000 Hz. Powyżej 1000 Hz charakterystyka częstotliwościowa wyrównana, poniżej 500 Hz dopuszczalny wzrost czasu pogłosu ok. 20% na oktawę.

** wartość wg wymagań Dolby, patrz niżej

*** Obecność okien zajmujących całą ścianę nie pozwala na spełnienie wymagań Dolby, projektowana wartość jest kompromisem umożliwiającym prowadzenie działalności muzycznej.

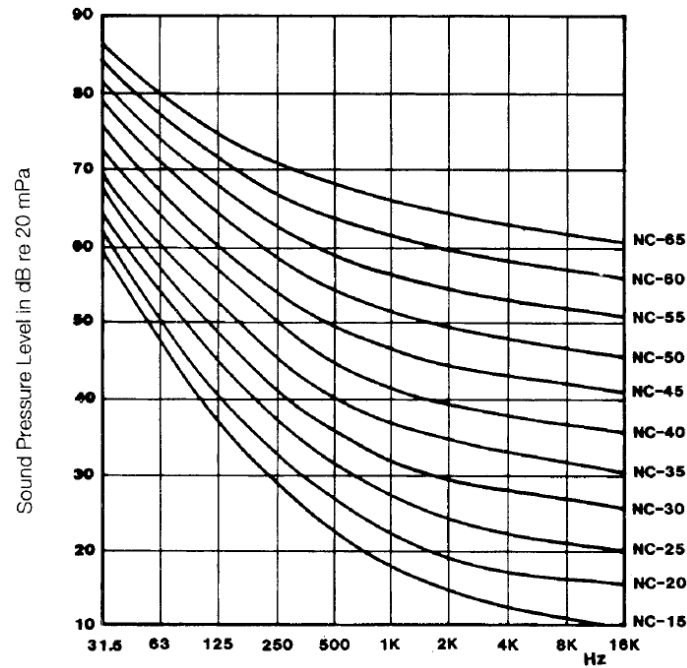
2.2. WYMAGANIA DLA SALI KINOWO-AUDYTORYJNEJ

(wg *Dolby Stereo Technical Guidelines for Dolby Stereo Theatres*)

Izolacyjność przegród od dźwięków powietrznych i dopuszczalna krzywa NC hałasu

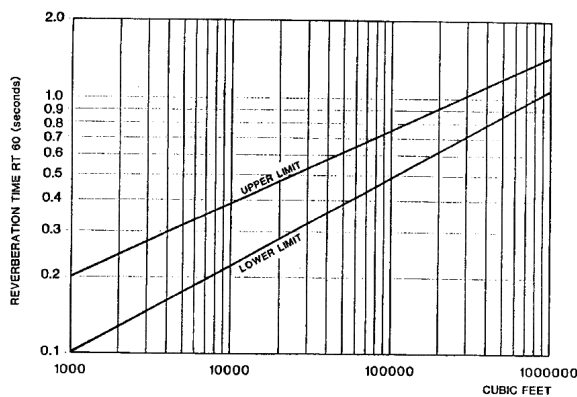
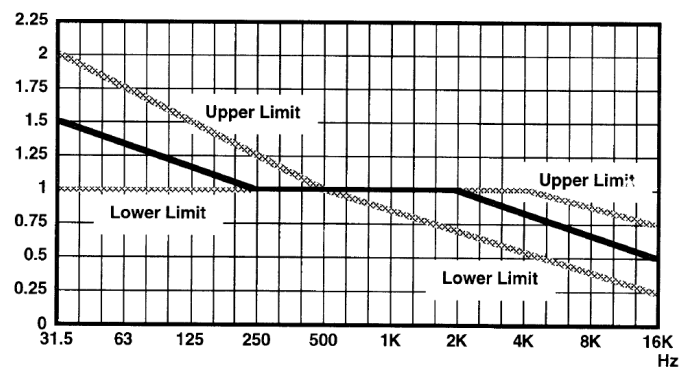
Minimum in-situ STC Rating	Noise Criteria	Description
STC 60	NC 35	Minimum Standard
STC 65	NC 30	Typical
STC 70	NC 25	Desirable

STC (*Sound Transmission Class*) in situ: wskaźnik izolacyjności przegród od dźwięków powietrznych używany w USA, analogiczny do wskaźnika R'_{A1} wyznaczanego wg Polskiej Normy PN-EN ISO 717-1



Rys. 1. Krzywe NC

Zalecany czas pogłosu

Acceptable Reverberation versus Room Volume
at 500 Hz

Reverberation Scaling Curve for Audio Bandwidth

Rys. 2. Zalecenia Dolby dotyczące
czasu pogłosu sal projekcyjnych

3. ZALECENIA DOT. ROBÓT BUDOWLANYCH

- Zamurować istniejące okna reżyserskie w reżyserni 454 z użyciem materiału o dużej masie np. pustak TeknoAmerBlok „akustyczny”, bloki wapienno-piaskowe lub podobne.
- W sali operowej 347, reżyserni 454 i sali kinowo-audytoryjnej 455 wymienić okna istniejące na nowe o izolacyjności akustycznej nie mniejszej niż $R'_{A2}=37$ dB lub dostawić drugie okna w celu uzyskania takiej izolacyjności wypadkowej.

- Po rozpoczęciu robót i wykonaniu odkrywek, określić konstrukcję następujących ścian: między salą organową i salą operową 347, między salą operową 347 i reżysernią 454, między reżysernią 454 i salą kameralną 351.

Jeśli konstrukcja tych ścian lub dostawionych do nich przedścianek nie rokuje spełnienia wymagań dot. izolacyjności akustycznej podanych w p. 2.1, dokonać rozbiórki w granicach dopuszczalnych względami konstrukcyjnymi i wykonać przemurowania wg poniższych zaleceń:

- do ściany między salą operową i salą organową od strony sali operowej, na całej wysokości ściany, dostawić przedściankę z materiału o dużej masie. Odl. między ścianą i przedścianką 10 cm, w pustce wełna mineralna gr. 10 cm o gęstości 40-60 kg/m³. Zalecana grubość przedścianki 180 mm, izolacyjność akustyczna $R_w=56$ dB. Przedściankę otynkować tynkiem o grubości 0,5 cm. Przykładowy materiał: pustak *TeknoAmerBlok* „akustyczny” gr. 178 mm, bloku wapienno-piaskowe gr. 18 cm lub podobne.
- po obu stronach ściany między salą operową 347 i reżysernią 454 dostawić przedścianki o konstrukcji jak wyżej- od strony sali operowej przedściankę dostawić na całej wysokości ściany, od strony reżyserni przedściankę dostawić tylko na wysokości reżyserni.
- do ściany między reżysernią 454 i salą kameralną 351, od strony sali kameralnej na całej wysokości ściany, dostawić przedściankę o konstrukcji jak wyżej

W razie wątpliwości dot. celowości rozbiórki wykonać pomiary izolacyjności akustycznej ścian. Po zakończeniu ww. robót ponownie wykonać pomiary izolacyjności.

- Reżysernię 454 i pomieszczenia towarzyszące sali operowej i kameralnej (patrz punkt 4.4) przebudować wg zaleceń akustycznych i projektu architektury. Ściany murować na pełną spoinę i zacierać zaprawą gipsową lub tynkować wg zapisu w projekcie.

4. ZALECENIA DOT. MATERIAŁÓW WYKOŃCZENIOWYCH W SALACH 347, 351 i 355

4.1. SALA OPEROWA (NR 347)

Ściana boczna naprzeciw okien i tylna ściana widowni:

Na całej powierzchni ściany prefabrykowany ustrój akustyczny rozpraszający dźwięk, mocowany bezpośrednio do ściany. Całkowita głębokość ustroju 12 cm.

Charakterystyka częstotliwościowa współczynnika pochłaniania dźwięku: 125÷1000 Hz:

$\alpha=0.15\div0.25$, 1000÷4000 Hz: $\alpha=0.05\div0.15$, z tolerancją $\pm 5\%$.

Charakterystyka częstotliwościowa współczynnika rozproszenia dźwięku: 125÷2000 Hz:

$s=0\div0.5$, 2000÷8000 Hz: $s=0.5\div0.7$, z tolerancją $\pm 5\%$.

Przykładowy materiał: prefabrykowany ustrój rozpraszający MOLLER.

Podłoga widowni

Panele podłogowe. Widownia w postaci konstrukcji teleskopowej, po złożeniu zajmująca miejsce przy tylnej ścianie widowni. 52 fotele w 4 rzędach z wyściełanym siedziskiem i oparciem, po złożeniu mieszczące się w konstrukcji teleskopowej.

Sufit widowni

Sufit podwieszony profilowany z płyt gipsowo-włóknowych lub MDF 2x12.5 mm na stelażu metalowym, na płytach wełna mineralna gr. 5 cm zabezpieczona przed pyleniem. Ukształtowanie sufitu wg projektu akustyki. Dopuszcza się montowanie opraw oświetlenia antraktowego bezpośrednio na elementach sufitowych lub w otworach wykonanych w elementach. Pod

elementami sufitowymi podwieszone sztankiety z oświetleniem sceny, dostęp do oświetlenia po opuszczeniu sztankiet do poziomu widowni.

Ściany boczne i ściana tylna sceny:

Tynk cementowo-wapienny malowany.

Podłoga sceny

Deski strugane gr. 36 mm łączone na pióro-wpust, układana płytach OSB lub podobnych gr. 2x20 mm, na stelażu stalowym. Pustka pod podłogą wytłumiona wełną mineralną (warstwa wełny gr. ok. 15-120 mm ułożona na podłodze pustki). Przy zajęciach typu ruchowego (rytmika, balet) na podłodze jw. przewidzieć możliwość rozłożenia podłogi specjalistycznej.

Sufit sceny

Tynk cementowo-wapienny malowany. Pod sufitem sceny przewidzieć możliwość podwieszenia urządzeń techniki scenicznej oraz opraw oświetlenia sceny.

4.2. SALA KAMERALNA (NR 351)

Ściany boczne i ściana tylna widowni:

Na całej powierzchni ściany ustrój akustyczny rozpraszający dźwięk. Ustrój akustyczny mocować do ściany lub stawiać na cokole wysokości 40-50 cm z cegły, bloczków gazobetonowych lub podobnych, w zależności od możliwości technicznych. Ustrój wykonywany na budowie konstrukcja ustroju wg rys. 4. Dopuszcza się montowanie opraw oświetleniowych oraz osłon grzejników w elementach ustroju, wg projektu wnętrza.

Widownia

Panele podłogowe. 142 fotele z wyściełanym siedziskiem i oparciem + 21 foteli ba balkonie.

Sufit widowni

Rozwiązane techniczne sufitu jak w sali operowej. Ukształtowanie sufitu wg projektu akustyki.

Ściana tylna estrady i balustrada balkonu:

Panel ścienny MDF pełny gr. 12,5 mm, mocować w na stelażu, w pustce wełna mineralna. Panele mocować w postaci „fal” lokalnie odchylanych od układu płaskiego kąt ok. 15 stopni. Przykładowy materiał: panel pełny GUSTAFS lub ATOS.

Podłoga estrady

Parkiet lub panele podłogowe, układane na podłodze ślepej z desek gr. ok. 40 mm łączonych na pióro-wpust, całość na podium o konstrukcji drewnianej lub stalowej. Wnętrze podium wytłumione wełną mineralną.

W sali kameralnej przewidzieć możliwość projekcji wielkoformatowej z rzutnika multimedialnego zawieszonego pod sufitem, na ekranie rozwijanym na tylnej ścianie estrady. Nagłośnienie z głośników szerokopasmowych w systemie stereofonicznym.

4.3. SALA KINOWO-AUDYTORYJNA (NR 355)

Ściana boczna widowni (naprzeciw okien)

Na całej powierzchni ściany ustrój akustyczny w postaci pionowych listew mocowanych prostopadle do ściany na wysokości całej ściany, za listwami na ścianie płasko umocowany panel ścienny dźwiękochłonny o grubości 4 cm. Szerokość x grubość listew 10 cm x 2 cm, odl. między listwami 10 cm, szerokości listew zmienna wg rys. 5. Przykładowy materiał: listwy: MDF lub sklejką, panel ścienny: ECOPHON typ TEXONA lub podobny.

Ściana tylna widowni

- panele dźwiękochłonne z wełny mineralnej lub szklanej gr. 4 cm, krawędź C, fabrycznie lico-
wane tkaniną odporną na narażenia mechaniczne, mocowane bezpośrednio do ściany. Charakte-
rystyka częstotliwościowa współczynnika pochłaniania dźwięku: 125÷500Hz: $\alpha=0.25\div1.0$,
500÷4000 Hz: $\alpha=1.0$, z tolerancją ± 5 . Przykładowy materiał: panel ścienny ECOPHON typ
SOMBRA, TEXONA lub podobne.

Na wysokości okien projekcyjnych poziomy pas z płyt MDF perforowanych, wg projektu wnę-
trza. Płyty mocować w odl. ok. 15-20 cm od ściany, pustkę wypełnić wełną mineralną. Przykła-
dowy materiał: płyty ATOS lub GUSTAFS, perforacja PH5.

Widownia

Panele podłogowe. 143 fotele z wyściełanym siedziskiem i oparciem.

Sufit widowni

Rozwiązane techniczne sufitu jak w sali operowej. Ukształtowanie sufitu wg projektu akustyki.

Ściana tylna estrady:

Panel ścienny MDF perforowany gr. 12,5 mm, mocować w odl. 20 cm od ściany, w pustce
wełna mineralna. Charakterystyka częstotliwościowa współczynnika pochłaniania dźwięku:
125÷1000 Hz: $\alpha=0.38\div0.50$, 1000÷4000 Hz: $\alpha=0.15\div0.38$, z tolerancją $\pm 5\%$. Przykładowy
materiał: panel GUSTAFS, typ perforacji PG5.

Podłoga estrady

Parkiet lub panele podłogowe, układane na podłodze ślepej z desek gr. ok. 40 mm łączonych
na pióro-wpust, całość na podium o konstrukcji drewnianej lub stalowej. Wnętrze podium
wytłumione wełną mineralną.

Podłoga widowni

Wykładzina podłogowa krótkowłosiowa, antystatyczna. Przykładowy materiał: wykładzina
FLOTEX

Okna: Ruchome „okiennice” wykonane analogicznie do ustroju akustycznego na bocznej
ścianie widowni, za okiennicami kotary z ciężkiej tkaniny zasłaniające otwory okienne. Przy-
kładowe wykonanie systemowe kotar: banery akustyczne.

Balustrada schodów w tylnej części sali

Konstrukcja balustrady: stelaż stalowy wypełniony wełną mineralną. Balustradę obustronnie
pokryć płytą GUSTAFS lub ATOS perforowaną, typ perforacji PH5. Pochwyt balustrady wg
projektu wnętrza.

Nagłośnienie i multimedia: przewidzieć możliwość projekcji wielkoformatowej z rzutnika
multimedialnego w kabinie projekcyjnej, na ekranie rozwijanym na tylnej ścianie estrady.
Nagłośnienie w systemie DOLBY ATMOS wg projektu elektroakustyki. Nie stawia się ogra-
niczeń w zakr. akustyki wnętrza, dotyczących rozmieszczenia głośników i wyposażenia mul-
timedialnego.

Kolorystyka: w związku z pierwszoplanową funkcją sali (projekcja filmów), proponuje się
zastosowanie materiałów wykończeniowych w ciemnej kolorystyce (czarny, grafitowy, szar-
y). Podane powyżej materiały systemowe są dostępne także w kol. czarnym lub ciemnym.

UWAGI dot. punktów 4.1-4.3:

We wszystkich salach przewiduje się demontaż istniejących sufitów podwieszonych. Przewi-
duje się odtworzenie istniejącego kształtu sufitów z uwzględnieniem korekt wg projektu aku-
styki. Dopuszcza się wykonanie otworów w ekranach sufitowych dla zamontowania kratek
wentylacyjnych i opraw oświetleniowych.

4.4. POMIESZCZENIA TOWARZYSZĄCE

Lp.	Pomieszczenie	Projektowana funkcja	Pow. m ²	wykończenie	
				podłoga	ściany
1	Charakteryzatornia 350	Zaplecze sali operowej, poziom 1 piętra	18,29	gres	Tynk malowany lub tapeta
2	Garderoba 354	Zaplecze sali kam., poziom 1 piętra	28,58	Wykładzina dywanowa antystatyczna	Tynk malowany lub tapeta
3	Pokój obrad 456a	Zaplecze sali kameralnej, poziom 2 piętra	17,86	Wykładzina dywanowa antystatyczna	Tynk malowany lub tapeta
4	Kabina operatorów 456	Pom. techniczne audytorium, poziom 1 piętra	26,25	Wykładzina dywanowa antystatyczna	- Ściana tylna (naprzeciw otworów projekcyjnych): płyta g.k. perforowana gr. 12,5 mm, odstęp od ściany 10 cm. - Pozostałe ściany tynk malowany

UWAGI dot. punktu 4.4:

1. We wszystkich pomieszczeniach zaplecza wykonać podłogę pływającą ciężką (wełna mineralna gr. 4 cm o gęstości 80-100 kg/m³, na wełnie folia przeciwwilgociowa i wylewka betonowa lekkobrojoną gr. 4-6 cm, oddylatowana obwodowo od ścian. W pomieszczeniach lp. 2, 3, 4 wykładzina podłogowa antystatyczna krótkowłosiowa, np. FLOTEX.
2. We wszystkich pomieszczeniach wykonać sufit podwieszony akustyczny na stelażu systemowym. Materiał: płyty dźwiękochłonne z wełny mineralnej lub płyta g.-k. perforowana. Przykładowy materiał: płyty sufitowe sECOPHON typ MASTER ALFA gr. 4 cm.
3. Wszystkie pomieszczenia zaopatrzyć w wentylację grawitacyjną lub doprowadzić przewody wentylacji mechanicznej (dopuszczalny poziom hałasu wentylacji: 30 dB(A)).
4. Wymagana izolacyjność akustyczna drzwi między pomieszczeniami zaplecza i korytarzem lub salami: $R'_{A1} = 42$ dB. Izolacyjność akustyczna drzwi wewnętrznych poza klasyfikacją.
5. Izolacyjność akustyczna okien zewnętrznych: $R'_{A2} = 37$ dB.
6. Dobór rodzajów materiałów wykończeniowych i uszczegółowienie układu materiałów wg projektu akustyki.
7. W pokoju obrad 456a, lp. 3, dopuszcza się umieszczenie nad stołem panelu z innego materiału (np. płyta GUSTAFS) z oprawami oświetleniowymi, wg projektu wnętrza.

5. WSTĘPNE OBLICZENIA AKUSTYCZNE W SALACH 347, 351 I 355

5.1. METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenia czasu pogłosu wykonano przy użyciu programu komputerowego „SABINE”, służącego do obliczania czasu pogłosu pomieszczenia na podstawie metody statystycznej. Charakterystyki akustyczne materiałów wykończeniowych oraz wyniki obliczeń w postaci graficznej przedstawiono w Załączniku.

Obliczenia wykonano wg wzoru Knudsen

$$T = \frac{0.161 V}{-S \ln(1 - \alpha_{sr}) + A + 4mV}$$

gdzie V: kubatura pomieszczenia, m³,

S: całkowite pole powierzchni wewnętrznej pomieszczenia, m²,

α_{sr} : średnia ważona współczynników pochłaniania dźwięku α_i ścian o polach pow. S_i :

$$\alpha_{sr} = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i}$$

A: chłonność akustyczna obiektów znajdujących się w pomieszczeniu

$$A = \sum_{j=1}^J A_j$$

A_j : chłonność akustyczna pojedynczego obiektu,

J: liczba obiektów w pomieszczeniu.

m: współczynnik pochłaniania dźwięku przez powietrze (patrz tab. 4)

Współczynnik m pochłaniania dźwięku przez powietrze o wilgotności względnej 50% i temperaturze 20° C

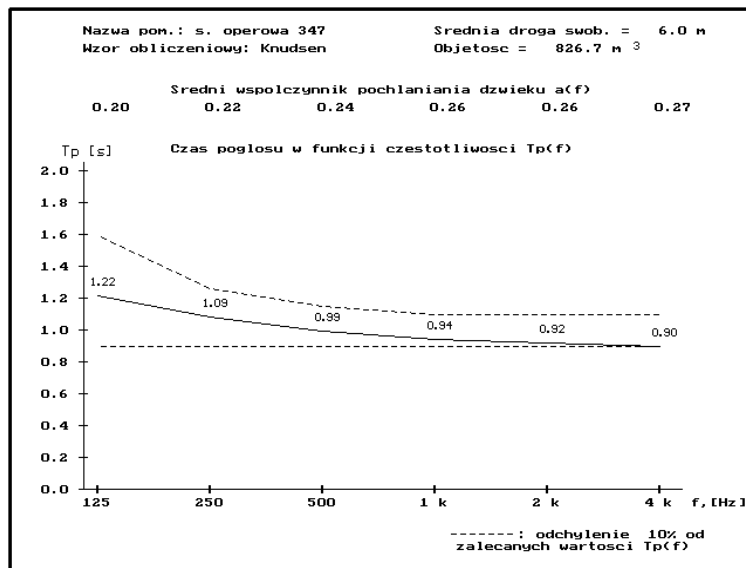
Częstotliwość, [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$m, [m^{-1}]$	0.000025	0.00009	0.00025	0.0008	0.0025	0.007

Metoda statystyczna zakłada istnienie w pomieszczeniu doskonale rozproszonego pola akustycznego. W zakresie niskich częstotliwości pole rozproszone jest jednak energetycznie zdominowane przez pole fal o strukturze falowej, którego metoda statystyczna nie obejmuje. Częstotliwość f ograniczającą od dołu zakres stosowalności metody statystycznej podaje wzór

$$f = 4000\sqrt{T/V}$$

gdzie T: czas pogłosu [s], V: kubatura pomieszczenia [m³].

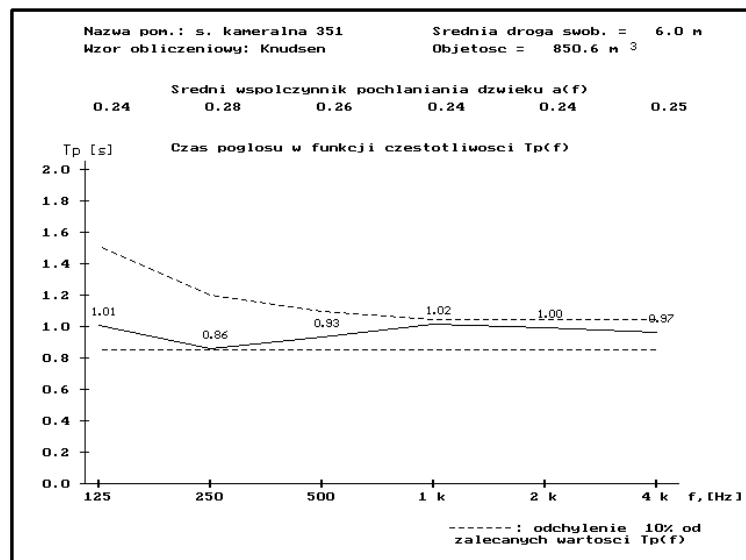
5.2.WYNIKI OBLICZEŃ



Częstotliwość graniczna: $f=154$ Hz

31	Deski strugane 2 cm [2]	scena	77.5 m ²
471	Publ.na fot.teatr.lekko wyscielany	widownia	21.2 m ²
31	Deski strugane 2 cm [2]	przejscia	37.0 m ²
473	Okna zwykle oszkłone [32]	okna	82.9 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	s.naprzeciw okien	82.9 m ²
82	Kotara bawel. 0.35 kg/m ² rozpieta	sciana przednia	56.6 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	sciana tylna	56.6 m ²
23	Tynk gipsowy porowaty, 1 cm [20]	sufit	136.0 m ²

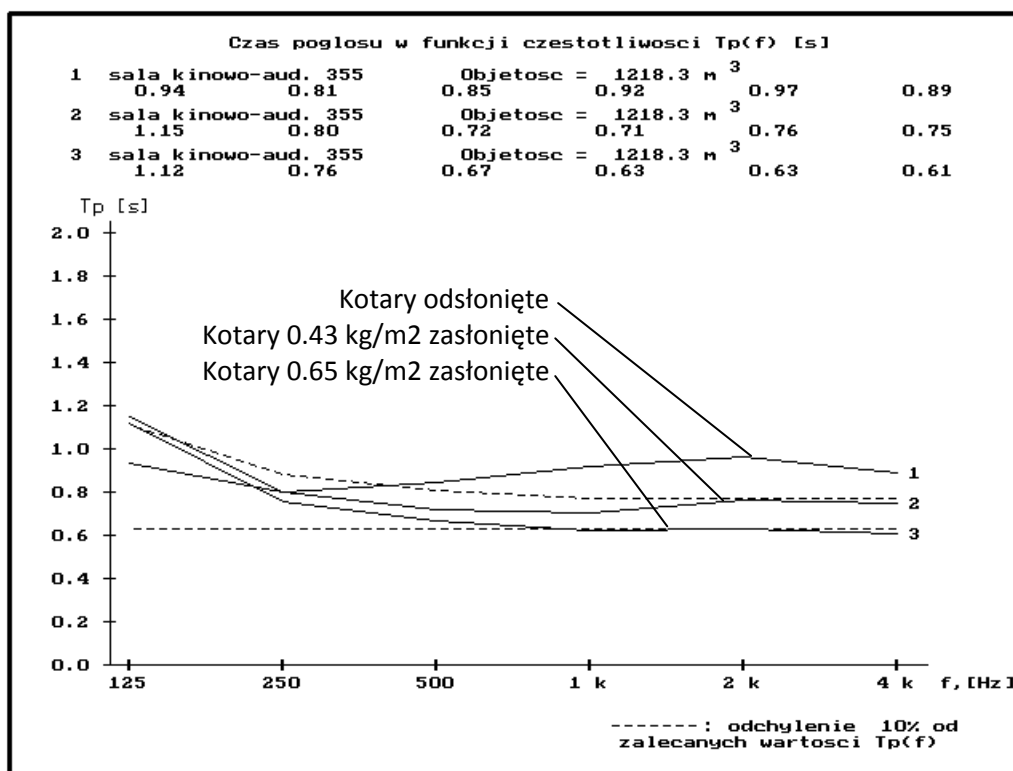
UMCF347D.saw



Częstotliwość graniczna: $f=138$ Hz

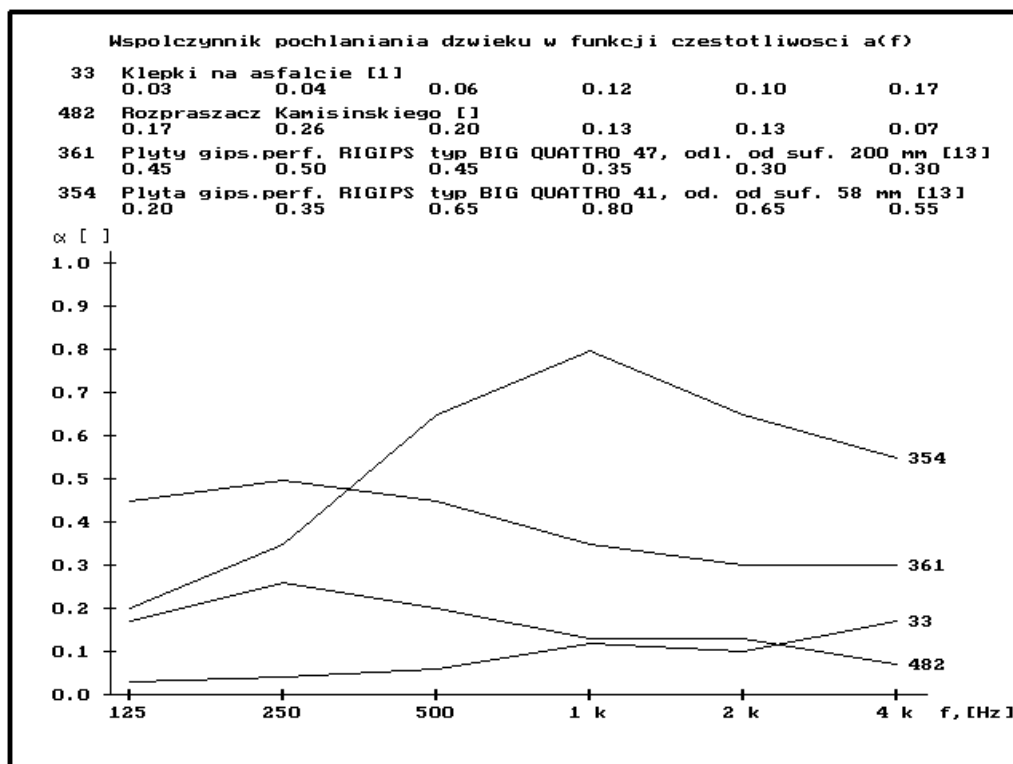
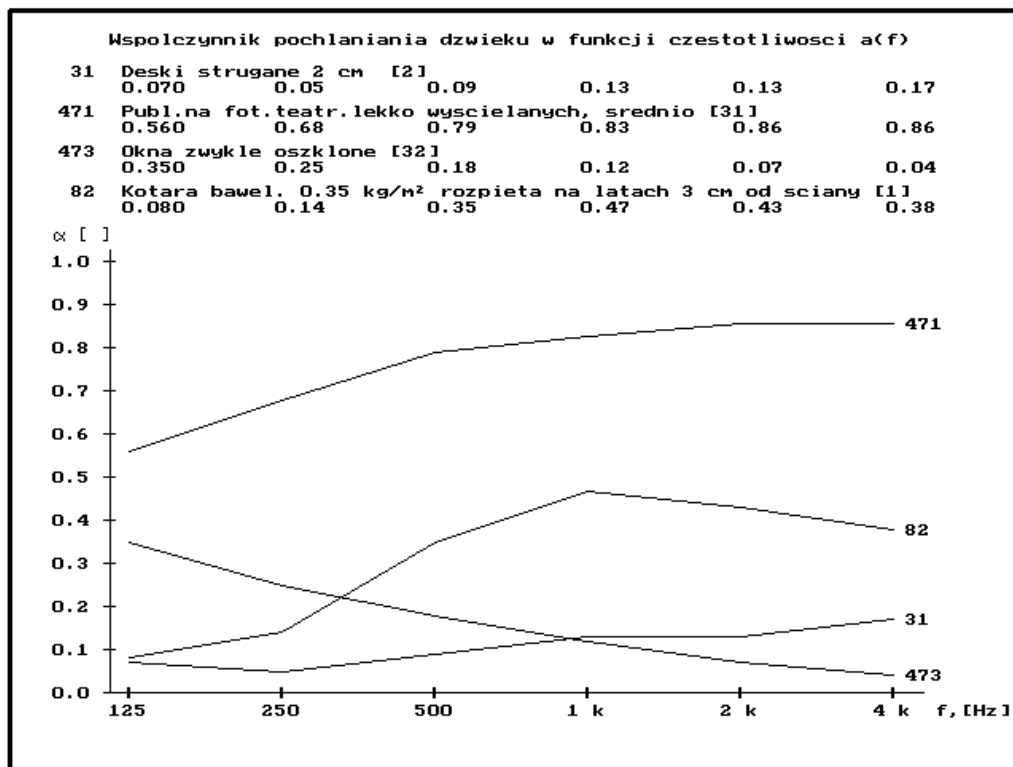
33	Kleпки na asfalcie [1]	estrada	49.0 m ²
471	Publ.na fot.teatr.lekko wyscielany	widownia	78.5 m ²
31	Deski strugane 2 cm [2]	przejscia	33.0 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	sciany boczne	138.7 m ²
405	Panel Gustafs pelny + w.min.4cm +	sciana przednia	50.5 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	sciana tylna	67.1 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	balustrada balkonu	15.0 m ²
161	Plyta g.-k. pelna na ruszcie [32]	sufit	139.9 m ²

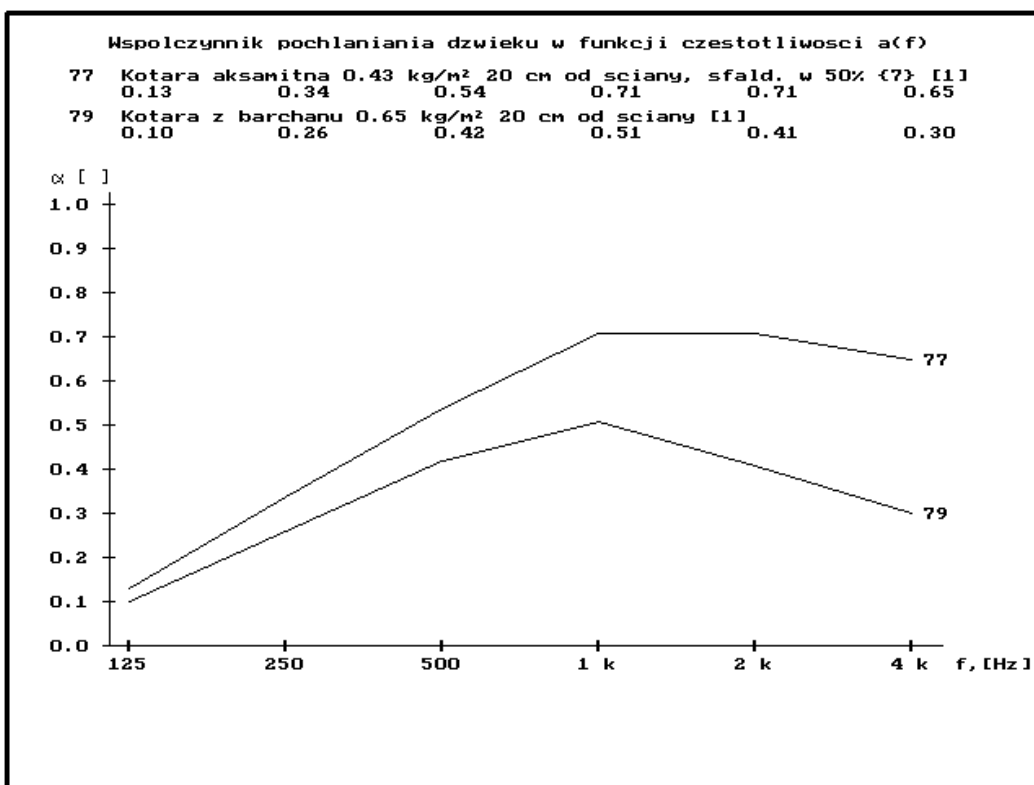
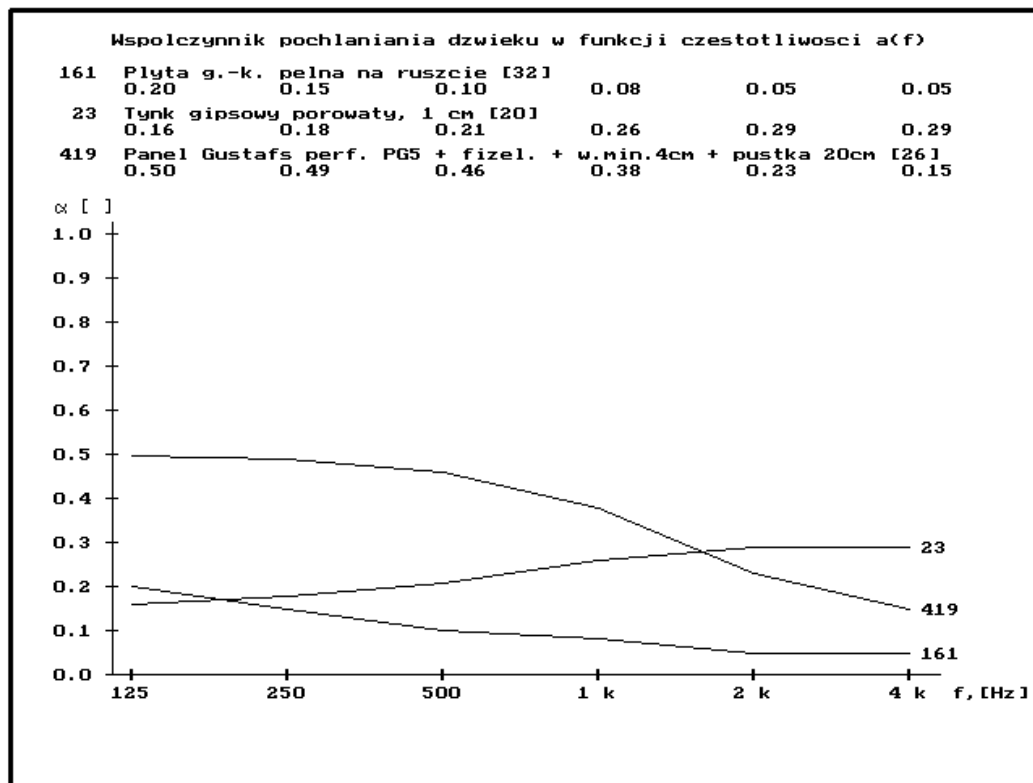
UMCF351C.saw

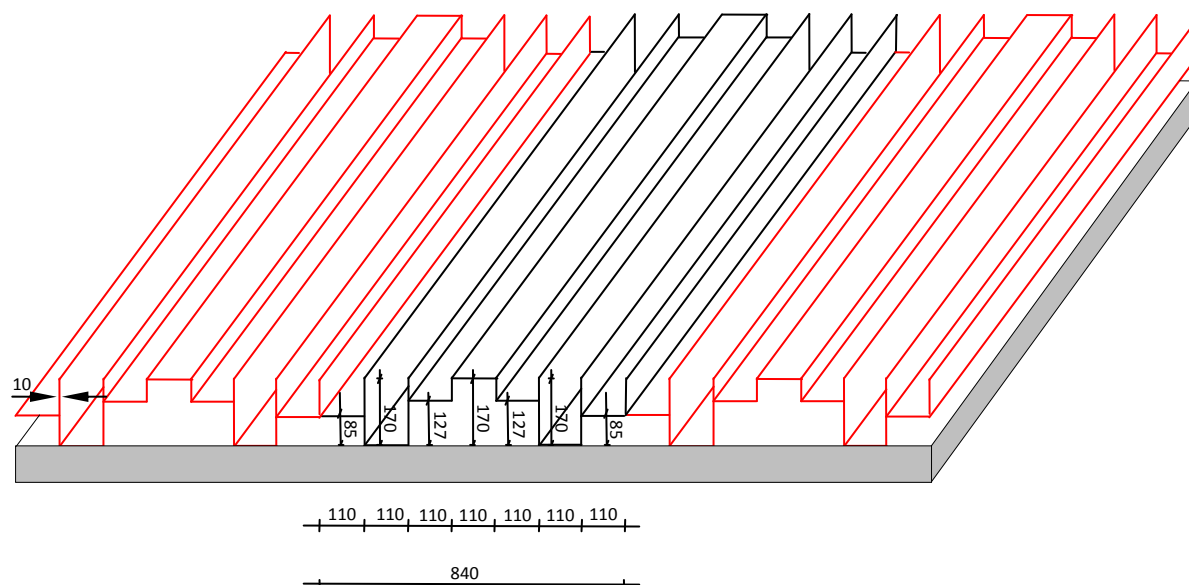


Częstotliwości graniczne: $f_1=113$ Hz, $f_2=123$ Hz, $f_3=121$ Hz,

33	Kleпки na asfalcie [1]	estrada	37.6 m ²
471	Publ.na fot.teatr.lekko wyscielany	widownia	72.8 m ²
33	Kleпки na asfalcie [1]	przejscia	71.1 m ²
473	Okna zwykłe oszklone [32]	okna	118.0 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	s. naprzeciw okien	118.8 m ²
361	Płyty gips.perf. RIGIPS typ BIG Q	ściana przednia	60.7 m ²
240	Płyty w.szkl. Ecophon Acoustic Wa	ściana tylna	42.1 m ²
161	Płyta g.-k. pełna na ruszcie [32]	sufit	181.6 m ²
UMCF355F.saw			
33	Kleпки na asfalcie [1]	estrada	37.6 m ²
471	Publ.na fot.teatr.lekko wyscielany	widownia	72.8 m ²
33	Kleпки na asfalcie [1]	przejscia	71.1 m ²
79	Kotara z barchanu 0.65 kg/m ² 20 c	kotara na oknach	118.0 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	s. naprzeciw okien	118.8 m ²
361	Płyty gips.perf. RIGIPS typ BIG Q	ściana przednia	60.7 m ²
240	Płyty w.szkl. Ecophon Acoustic Wa	ściana tylna	42.1 m ²
161	Płyta g.-k. pełna na ruszcie [32]	sufit	181.6 m ²
UMCF355G.saw			
33	Kleпки na asfalcie [1]	estrada	37.6 m ²
471	Publ.na fot.teatr.lekko wyscielany	widownia	72.8 m ²
33	Kleпки na asfalcie [1]	przejscia	71.1 m ²
77	Kotara aksamitna 0.43 kg/m ² 20 cm	kotara na oknach	118.0 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego [1]	s. naprzeciw okien	118.8 m ²
361	Płyty gips.perf. RIGIPS typ BIG Q	ściana przednia	60.7 m ²
240	Płyty w.szkl. Ecophon Acoustic Wa	ściana tylna	42.1 m ²
161	Płyta g.-k. pełna na ruszcie [32]	sufit	181.6 m ²
UMCF355H.saw			

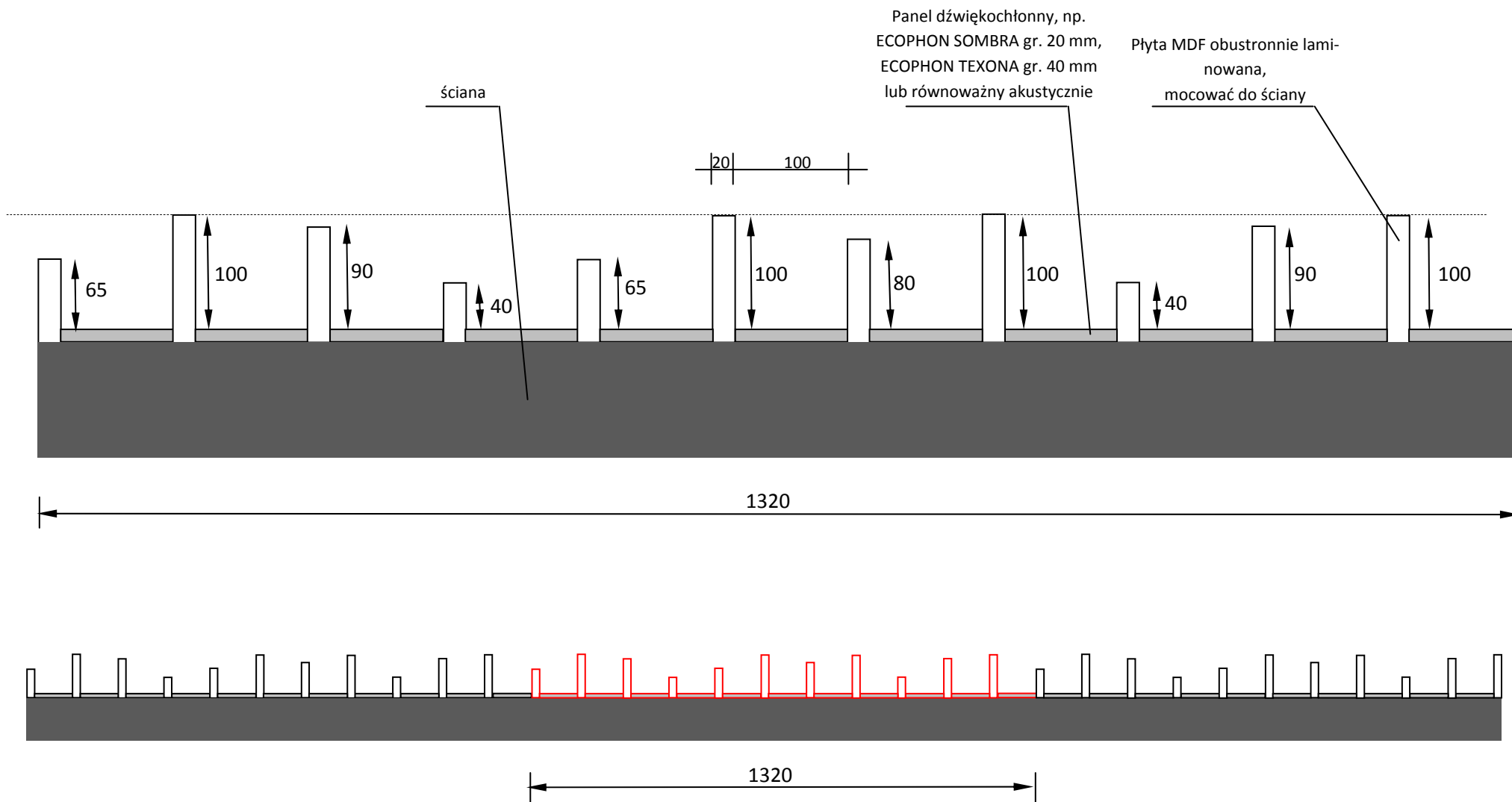




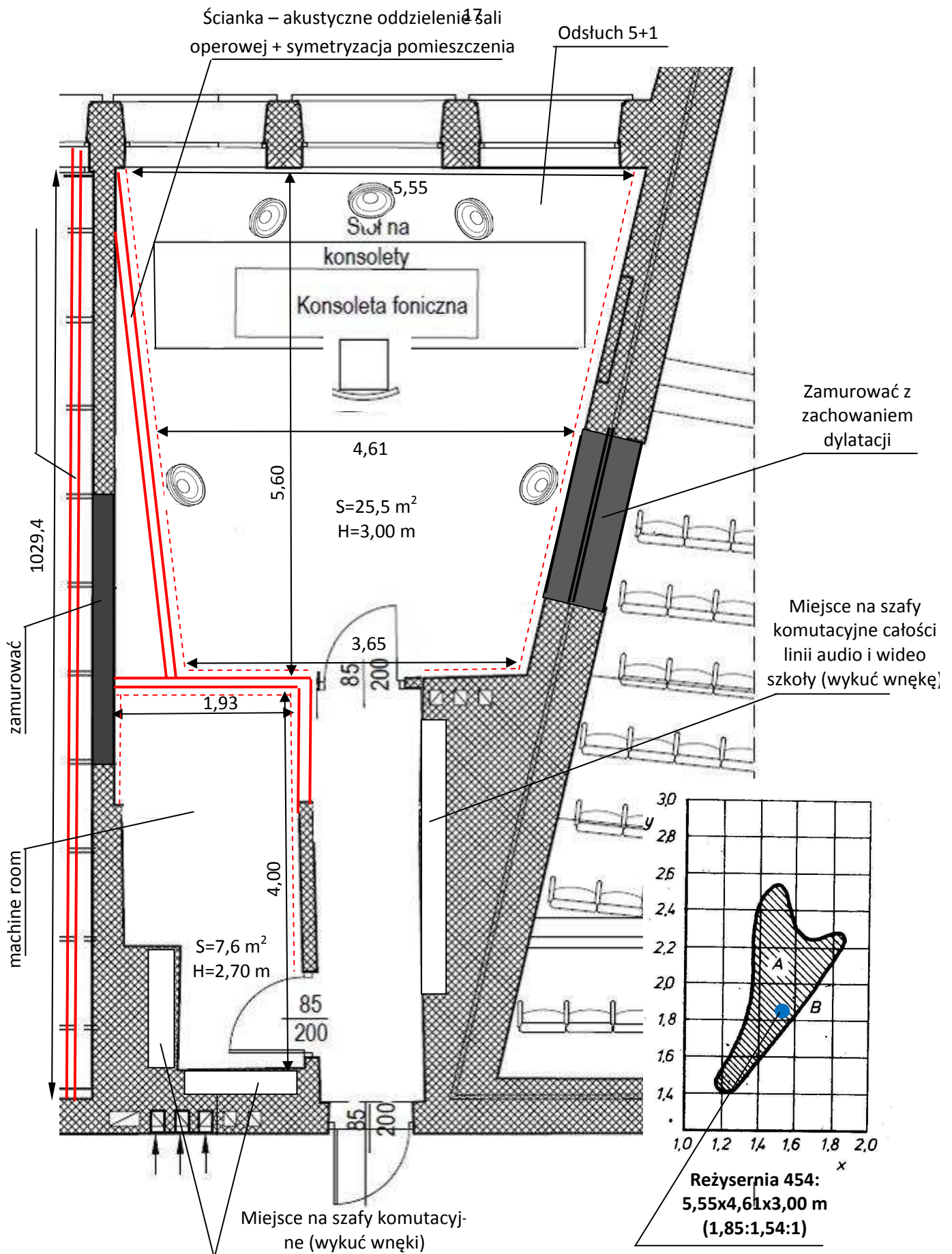


Scatter 289 Hz
 Diffuse 578 Hz
 HF cutoff 1563 Hz
 Min. dist. 1,78 m

Rys. 4. Sala kameralna, ustrój akustyczny rozpraszający dźwięk.
 Materiał: MDF obustronnie laminowany lub sklejka, gr. 10 mm,
 wypełnienie: wełna mineralna lub styropian

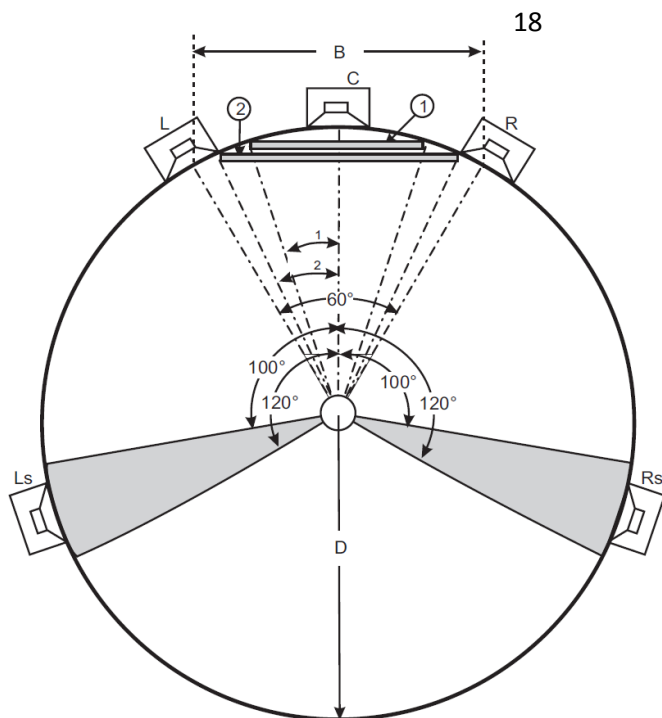


Rys. 5. Sala kinowa, ustrój akustyczny pochłaniający – rozpraszający
na ścianie naprzeciw okien

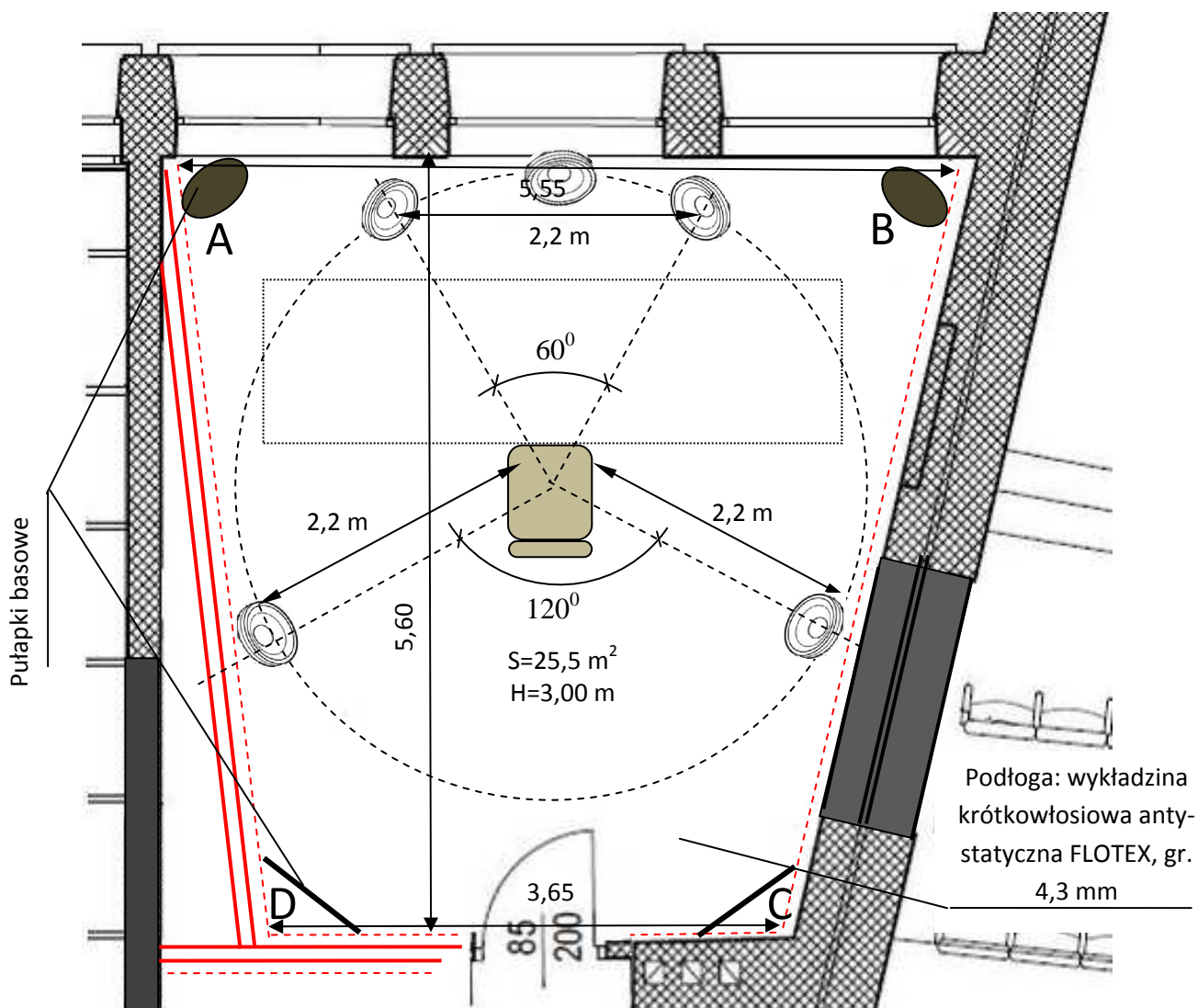


Rys. 7. Reżysernia 454 -
propozycja aranżacji

Rys. 8. Analiza proporcji reżyserni 454
na wykresie Bolta
A: proporcje prawidłowe,
B: proporcje nieprawidłowe



Rys. 9.
Zalecenia Dolby Laboratories dotyczące rozmieszczenia głośników i stanowiska odsłuchowego w reżyserni w syst. 5.1.
B= 2÷3 m, D= B
(wg. *Dolby 5.1-Channel Music Production Guidelines*)



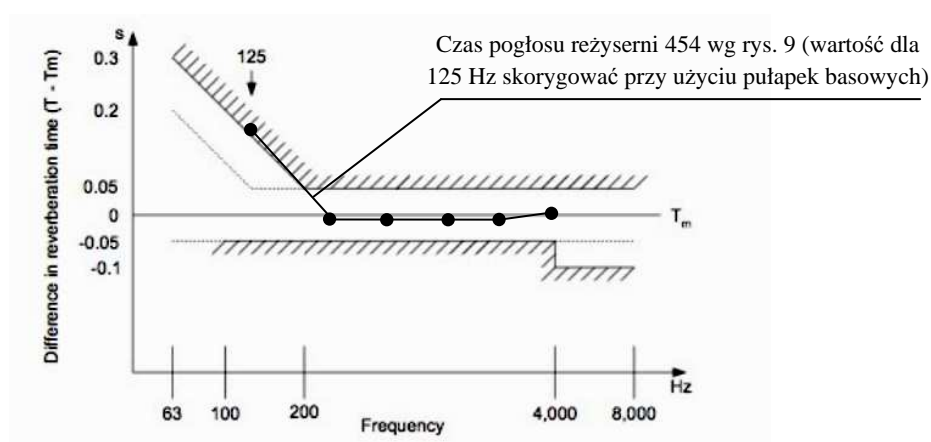
Rys.10. Reżysernia 454, aranżacja wnętrza do odsłuchu wg systemu dolby 5+1

6.2. ZALECENIA DOT. MATERIAŁÓW WYKOŃCZENIOWYCH W REŻYSERNI 454

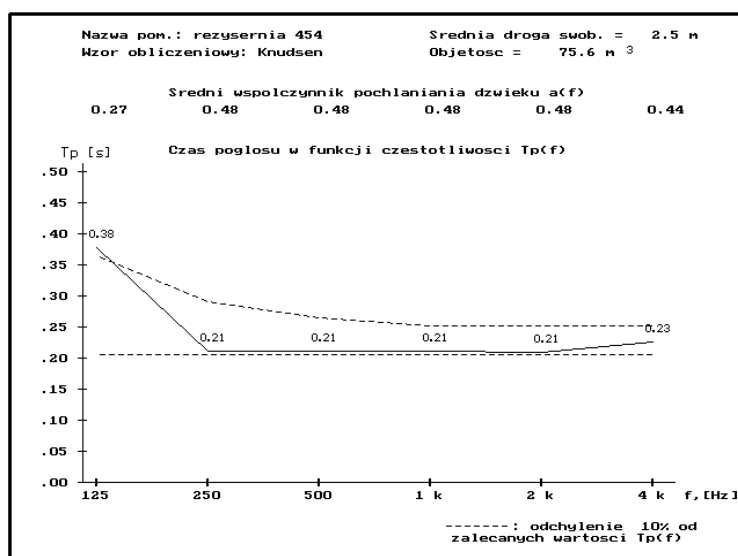
Wymagania Dolby dot. czasu pogłosu reżyserni
(wg. *Dolby 5.1-Channel Music Production Guidelines*)

Parameter		Units/Conditions	Value
Reflected Sound	Early Reflections	0–15 ms (in region 1–8 kHz)	< –10 dB relative to direct sound
	Reverberation Time	$T_m[s]$ = nominal value in region of 200 Hz to 4 kHz V = listening room volume V_0 = reference room volume (100 m ³ [1075 ft ²])	$\approx 0.25(V/V_0)^{1/3}$

Czas pogłosu reżyserni 454: $T = 0,25 (76,5/100)^{1/3} = 0,23s$



Rys. 11. Wymagania Dolby dot. charakterystyki częstotliwościowej czasu pogłosu reżyserni
Linia cienka: zalecenia wg AES.
(wg. *Dolby 5.1-Channel Music Production Guidelines*)



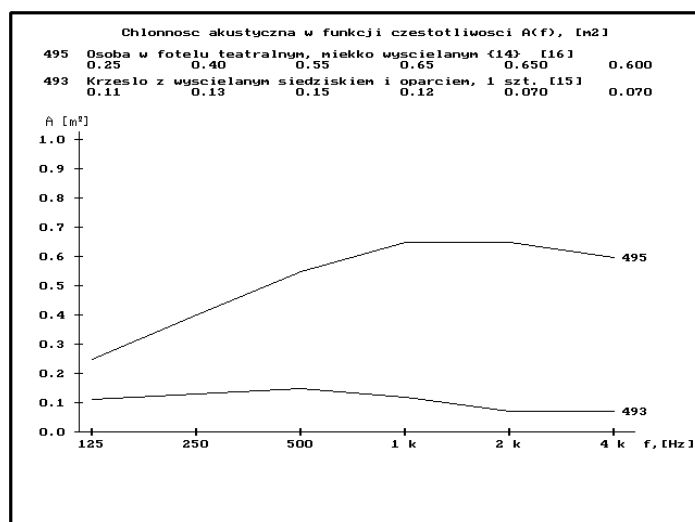
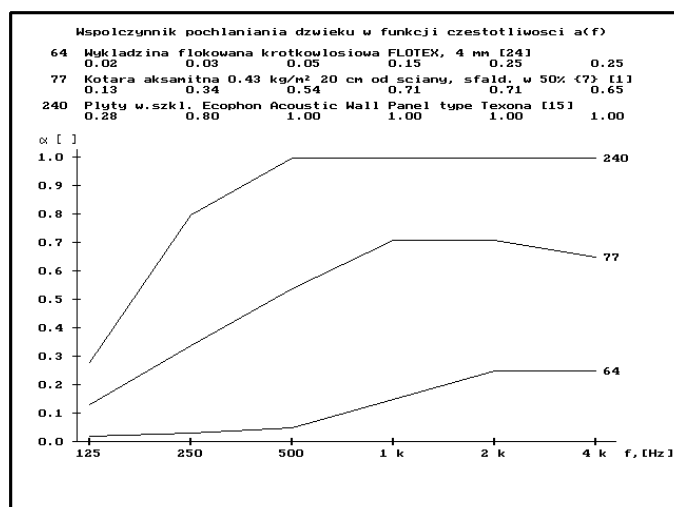
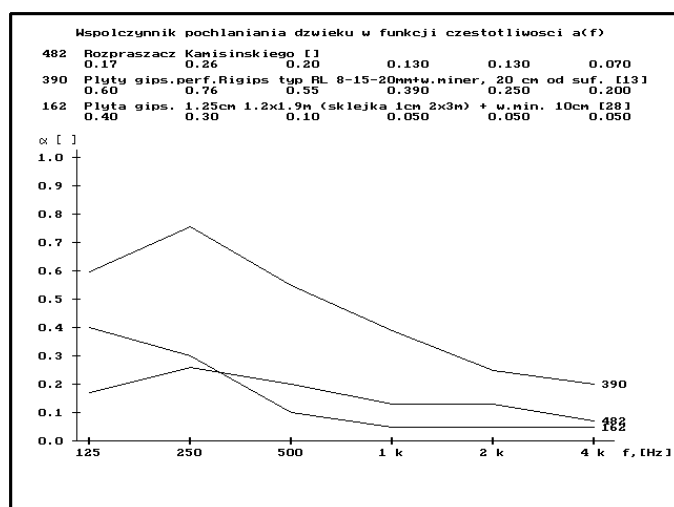
Częstotliwość graniczna: 283 Hz

Rys. 12. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu reżyserni 454

64	Wykładzina flokowana krotkowłóśio	podloga	25.5 m ²
77	Kotara aksamitna 0.43 kg/m ² 20 cm	ściana przednia	16.6 m ²
240	Płyty w.szkl. Ecophon Acoustic Wa	ściany boczne	15.8 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego []	ściany boczne	15.1 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego []	ściana tylna	8.9 m ²
240	Płyty w.szkl. Ecophon Acoustic Wa	drzwi	2.0 m ²
482	Rozpraszacz Kamisinskiego []	sufit	9.0 m ²
390	Płyty gips.perf.Rigips typ RL 8-1	sufit	16.5 m ²
162	Płyta gips. 1.25cm 1.2x1.9m (skle	2 pulapki basowe	10.8 m ²
495	Osoba w fotelu teatralnym, miekko	realizator	1
493	Krzeslo z wyscielany siedziskiem	stol realiz.	6

UMCF454C.saw

Dane do obliczeń czasu pogłosu z rys. 12



Rys. 13. Współczynniki pochłaniania dźwięku użytych materiałów

Materiały wykończeniowe w reżyserni 454:

Ściany boczne

55% powierzchni ścian: ustrój rozpraszający dźwięk. Przykładowy materiał: ustrój akustyczny MOLLER.

45% powierzchni ścian: panele dźwiękochłonne z wełny mineralnej lub szklanej gr. 4 cm, krawędź C, fabrycznie licowane tkaniną odporną na narażenia mechaniczne, mocowane bezpośrednio do ściany. Charakterystyka częstotliwościowa współczynnika pochłaniania dźwięku: 125÷500Hz: $\alpha=0.25\div1.0$, 500÷4000 Hz: $\alpha=1.0$, z tolerancją ± 5 .

Układ materiałów wg projektu akustycznego

Sufit

Płyta g-k perforowana RIGIPS typ RL SUPER 8/15/20 w odl. 20 cm od sufitu, montaż bezspoinowy. W części centralnej sufitu ustrój rozpraszający dźwięk wg projektu akustycznego. Dopuszcza się zastąpienie części paneli rozpraszających oprawami oświetleniowymi wg projektu wnętrza.

Ściana tylna

Ustrój rozpraszający dźwięk. Przykładowy materiał: ustrój akustyczny MOLLER.

Drzwi

Izolacyjność akustyczna $R_w=42$ dB. Na wewnętrznej stronie skrzydła umocować panel dźwiękochłonny. Przykładowy materiał: panel ścienny ECOPHON typ TEXONA, SUPER G lub podobne.

Podłoga

Wykładzina podłogowa krótkowłosiowa, antystatyczna. Przykładowy materiał: wykładzina FLOTEX

Okna:

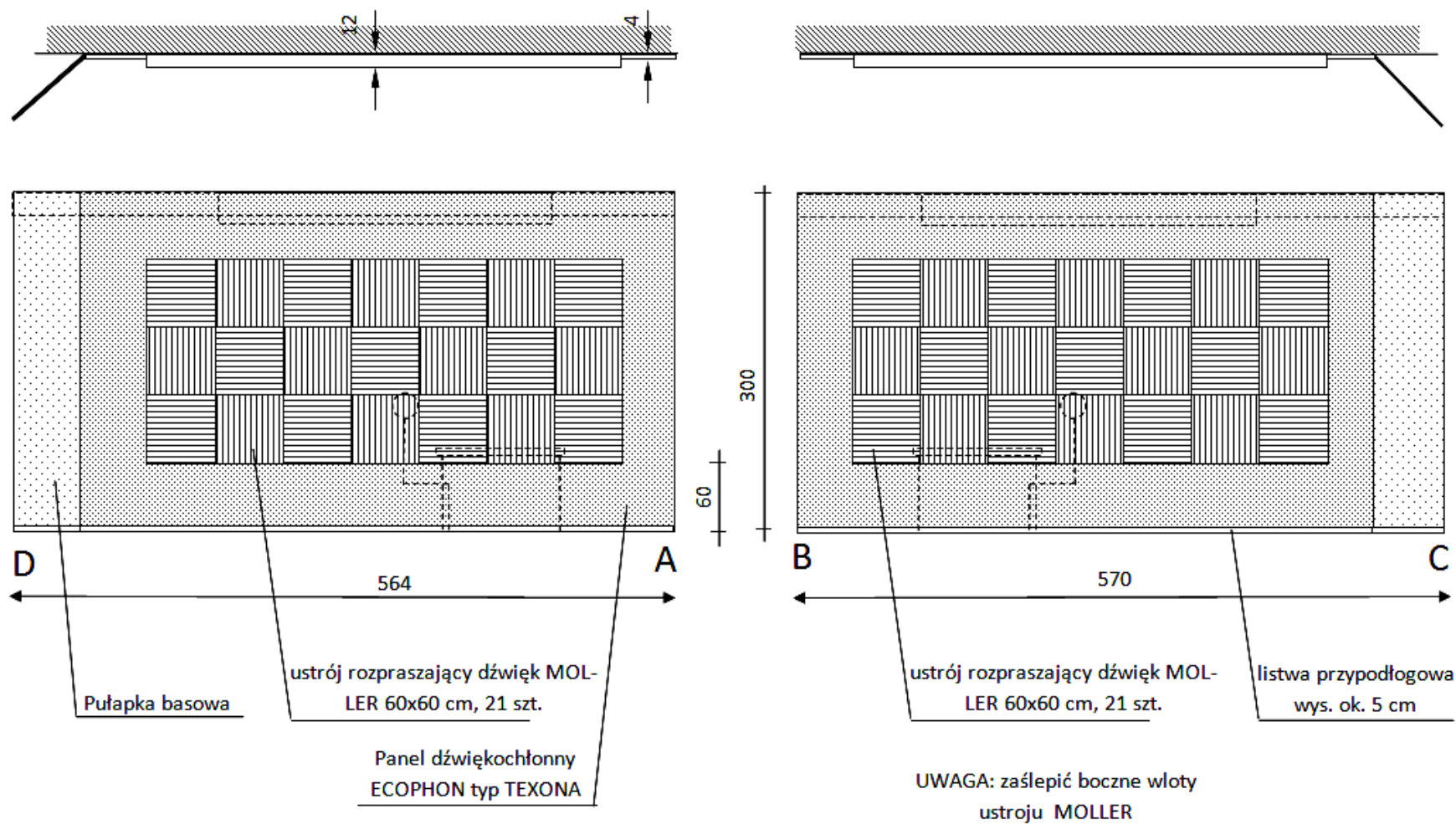
kotary z ciężkiej tkaniny zasłaniające całą ścianę z oknami. Użyć tkaniny o gramaturze 0.43-0.65 kg/m², odległość kotar od ściany ok. 20 cm.

Pułapki basowe stałe:

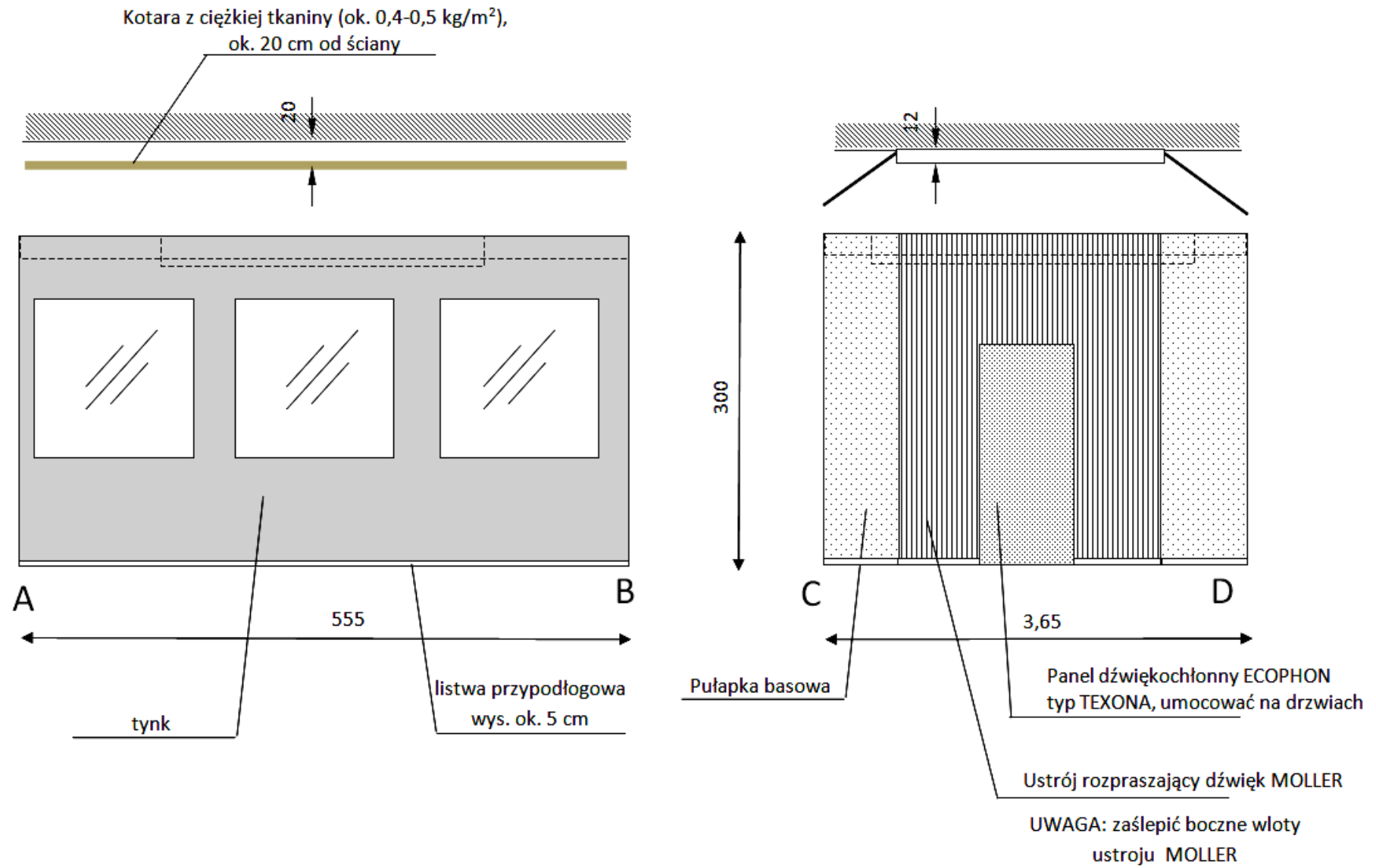
płyta g.-k. gr. 6 mm mocowana obwodowo, w pustce wełna mineralna gr. 5-10 cm, 40-60 kg/m² mocowana do ścian, do płyt przyklejony panel dźwiękochłonny gr. 2 cm. Pułapki wykonać w formie trójkątnej zabudowy tylnych narożników pomieszczenia (patrz rys. 7). Przykładowy materiał: płyta g.-k. RIGIPS typ RIFLEX gr. 6 mm lub podobna, panel ECOPHON typ SUPER G gr. 2 cm lub podobny,

Pułapki basowe ruchome:

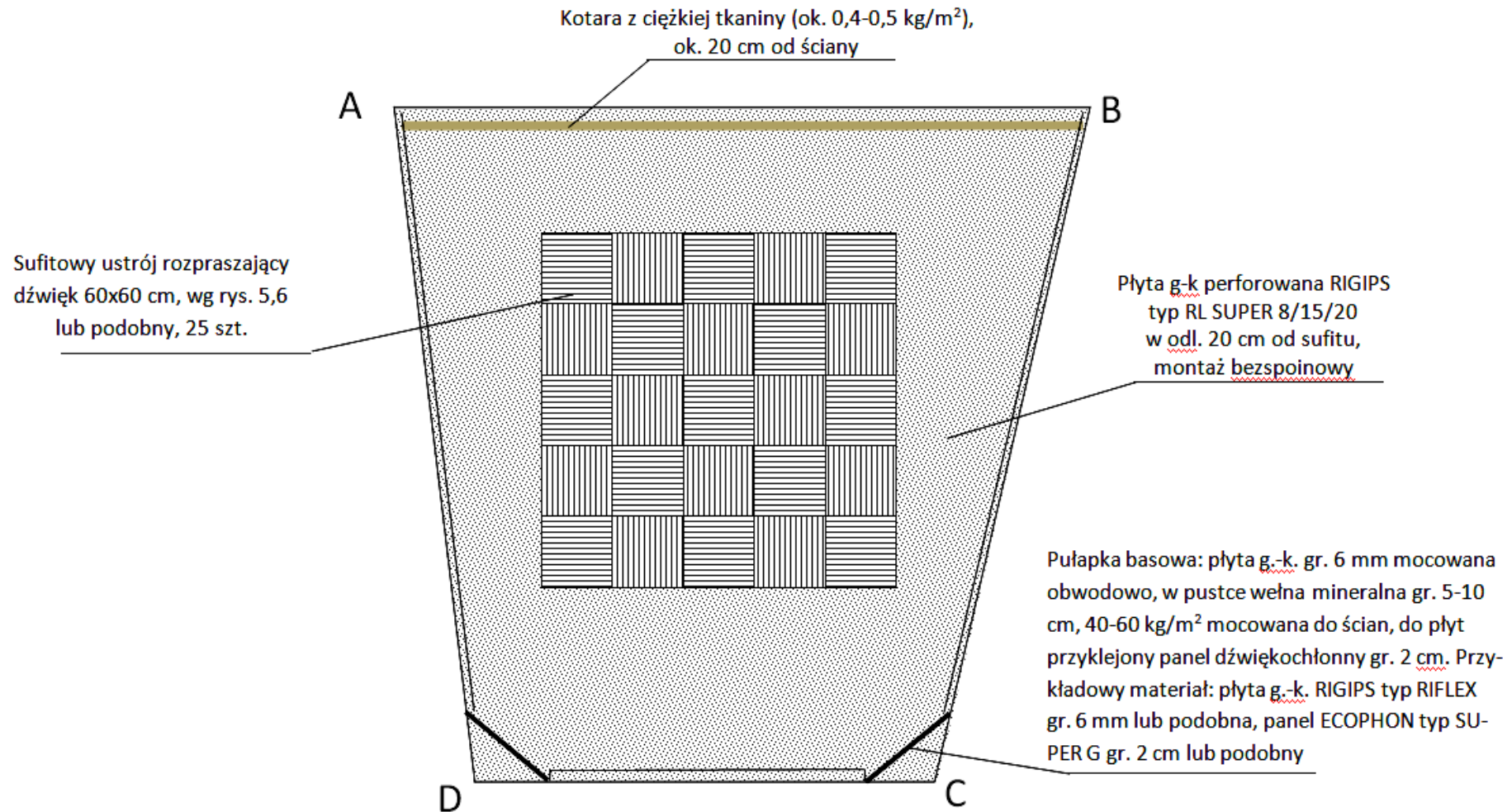
ćwierćwalce z pianki lub elementy w formie walca lub prostopadłościanu z ruchomą membraną, dostępne na rynku. Pułapki ruchome są ustawiane w narożnikach pomieszczenia, położenie pułapek dobrane eksperymentalnie.



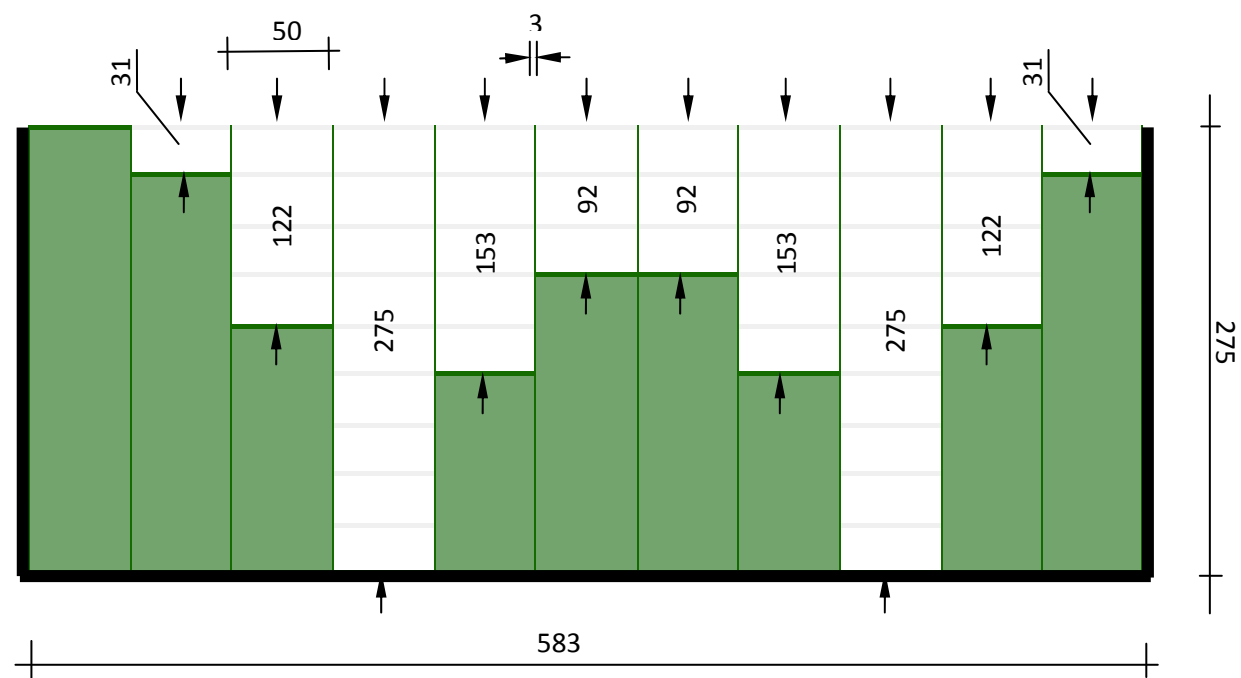
Rys. 14 Reżysernia. Widok ścian bocznych



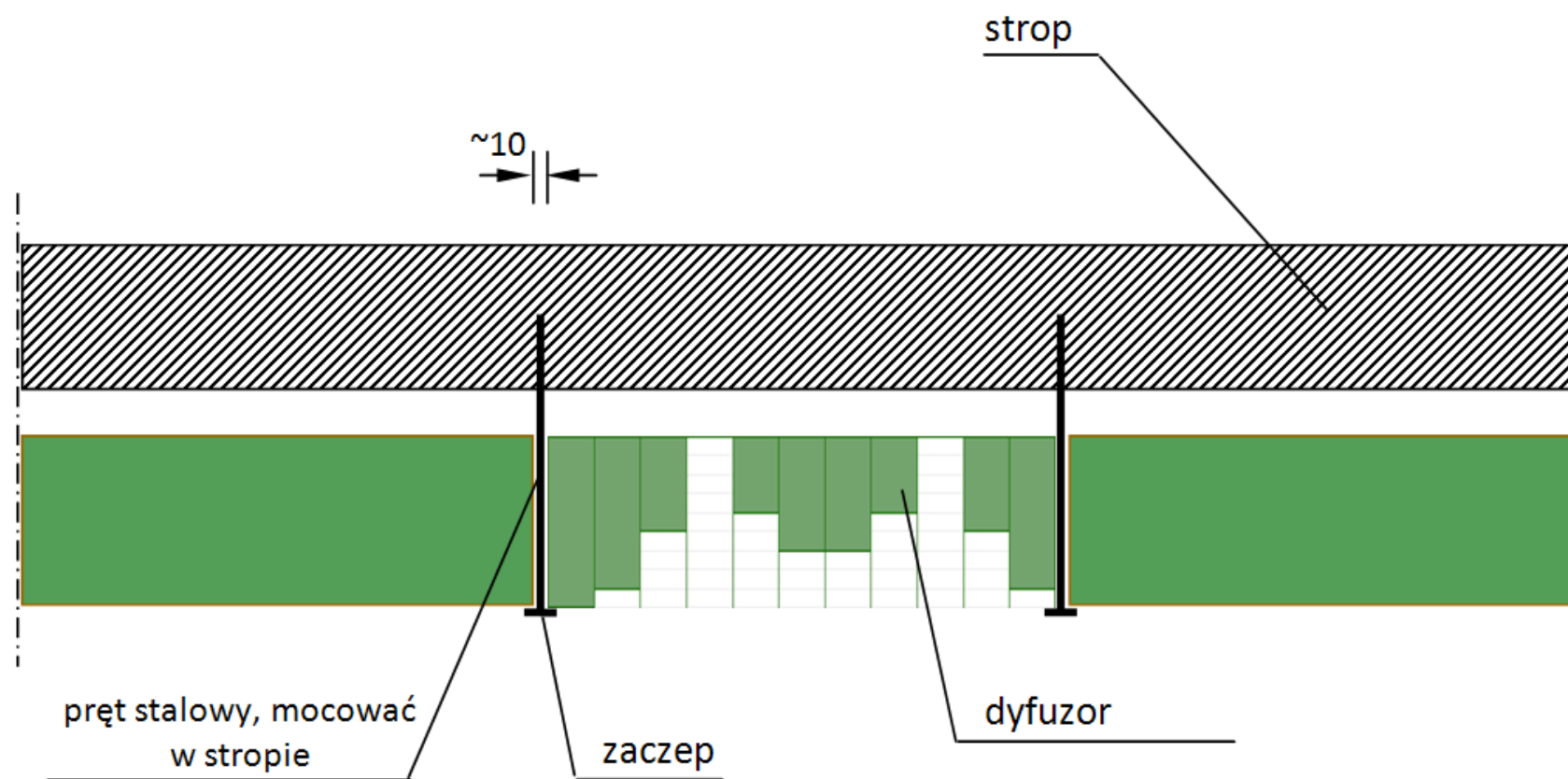
Rys. 15 Reżysernia. Widok ściany przedniej i tylnej



Rys. 16. Rezysemia. Widok sufitu



Rys. 17. Sufitowy ustrój rozpraszający dźwięk. Materiał: mdf, sklejka lub płyta g-k,
wypełnienie: wełna mineralna lub styropian



Rys. 18. Sposób mocowania dyfuzorów do stropu.
Zaczep skonstruować w taki sposób, aby umożliwić demontaż dowolnego dyfuzora przez wysunięcie w dół.



Rys. 19. Sufitowe ustroje rozpraszające dźwięk – przykładowa realizacja
(reżysernia w Rozgłośni Polskiego Radia w Bydgoszczy)