Fundacja Rozwoju Politechniki Lubelskiej

ul. Nadbystrzycka 38D/7, 20-618 Lublin

e-mail: fundacja@pollub.pl

tel. (081) 5384412 tel. 501593948

Projekt akustyczno-technologiczny studia S3 i reżyserni A3 w Radio Lublin S.A.

Nr oferty	36/F/2016
Zamawiający	**RADIO LUBLIN S.A, ul. Obrońców Pokoju 2 20-030 Lublin**
Opracował	dr inż. Adam Wasilewski mgr inż. Maciej Szeląg
Data	13.01.2017 rok

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP 3

1.1 Cel i zakres opracowania 3

1.2 Podstawa opracowania 3

2. PROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA AKUSTYCZNE 4

2.1 Założenia do projektu 4

2.2 Dobór oraz rozmieszczenie materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych (rys. 1 – rys. 7) 4

2.3 Obliczenia czasu pogłosu 5

2.4 Zabezpieczenia przeciwdźwiękowe 5

2.5 Obliczenia izolacyjności akustycznej przegród i przewidywanego tła akustycznego w S3 i A3 8

3. UWAGI REALIZACYJNE 12

ZAŁĄCZNIKI 13

Z.1 Tabele 13

Z.2 Rysunki 20

SPIS TABEL

Tabela 1. Obliczenia czasu pogłosu w studio S3

Tabela 2. Obliczenia czasu pogłosu w reżyserni A3

Tabela 3. Adaptacja akustyczna studia S3

Tabela 4. Adaptacja akustyczna reżyserni A3

SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych - rzut

Rys. 2. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych – przekrój A-A

Rys. 3. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych – przekrój B-B

Rys. 4. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych – przekrój C-C

Rys. 5. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych – przekrój D-D

Rys. 6. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych – przekrój E-E

Rys. 7. Zakres akustycznych prac adaptacyjnych – przekrój F-F

Rys. 8. Ustrój dźwiękoizolacyjny, U1, U2 – przekroje

Rys. 9. Okno reżyserskie – przekrój

Rys. 10. Skrzydło drzwiowe – przekrój

Rys. 11. Zasada wykonywania przejścia przewodów przez przegrody

1. WSTĘP

1.1 Cel i zakres opracowania

Opracowanie jest projektem akustyczno – technologicznym, którego realizacja pozwoli przystosować pomieszczenia S3 i A3 w Radio Lublin S.A. na potrzeby realizacji audycji słownych. Studiem emisyjnym będzie S3 a reżyserią (amplifikatornią) A3. Należy podkreślić, że pomieszczenia te nie były projektowane jako zespoły studialno-reżyserskie w czasie budowy rozgłośni radiowej. Nie mają zatem odpowiednio dużej objętości co istotnie ogranicza możliwości zmiany kształtu ścian w celu przeciwdziałania zjawiskom rezonansowym. Nie są również zbudowane wg zasady „pudełko w pudełku" (box in the box) co ma wpływ na izolacyjność przegród i jest przyczyną przenikania hałasów zewnętrznych do pomieszczeń.

Projekt realizuje zalecenia przedstawione w ekspertyzie „Właściwości akustyczne pomieszczeń przeznaczonych na studio S3 i reżyserię A3" [1]. Na opracowanie składają się niezbędne obliczenia akustyczne oraz dobór rozwiązań technicznych spełniających wymagania odnośnie jakości akustycznej studia.

1.2 Podstawa opracowania

- umowa między Radio Lublin S.A. (ul. Obrońców Pokoju 2, 20-030 Lublin), a Fundacją Rozwoju Politechniki Lubelskiej (ul. Nadbystrzycka 38D/7, 20-618 Lublin) z dn. 05.12.2016 w sprawie wykonania projektu akustyczno – technologicznego studia S3 i reżyserni A3,
- uzgodnienia międzybranżowe,
- literatura naukowo – techniczna:

  [1] Wasilewski A., Szeląg M. „Właściwości akustyczne pomieszczeń przeznaczonych na studio S3 i reżyserię A3 w Radio Lublin S.A.", ekspertyza techniczna , Lublin 2017

  [2] Sadowski J. „Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie", Arkady, Warszawa 1971

  [3] Sadowski J. „Akustyka architektoniczna", PWN, Warszawa 1976

  [4] Ginn K.B. „Architectural Acoustics", Bruel-Kjaer 1978

  [5] Klemm P. i in. „Budownictwo ogólne. Tom 2 Fizyka budowli" Arkady, Warszawa 2010

  [6] Wasilewski A. „Emisja hałasu ze stacji paliw", w: Materiały XXIV Zimowej Szkoły Zwalczania Zagrożeń Wibroakustycznych, Ustroń 1996, s. 190-195

  [7] Katalogi firmy Ecophon

  [8] Katalogi firmy UniPanels

2. PROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA AKUSTYCZNE

2.1 Założenia do projektu

- optymalny czas pogłosu 0,3 s,
- charakterystyka czasu pogłosu T_p = const ± 0,1 s,
- kształt pomieszczenia nieregularny zabezpieczający przed zjawiskami rezonansowymi (fale stojące, echo trzepoczące),
- dopuszczalny poziom dźwięku zakłócającego 25 dB(A).

2.2 Dobór oraz rozmieszczenie materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych (rys. 1 – rys. 7)

Podłoga

Wykładzina dywanowa antystatyczna na podkładzie izolacyjnym zabezpieczona środkiem ogniochronnym.

Ściany

Adaptacja akustyczna ścian to ustroje dźwiękochłonne w postaci płyt perforowanych firmy Unipanels. Otwory o średnicy 4 mm w rozstawie 16 mm na 16 mm, stopień perforacji 4.9 %. Schematy konstrukcyjne ustrojów pokazane są na rys. 8. Za panelami płyty z wełny mineralnej o masie objętościowej 50 kg/m^3 i grubości 50 mm pokryte (laminowane) welonem. Odległość między wełną a ścianą wynosi 150 mm (ustrój U1) albo 30 mm (ustrój U2). Podkonstrukcja nośna wykonana z drewna. Wszystkie elementy drewniane zabezpieczyć przeciwogniowo. Na ścianach D, E, G, H, I nie ma ustrojów dźwiękochłonnych. W celu zwiększenia izolacyjności ściany sąsiadującej z korytarzem należy wykonać na tych przegrodach dodatkowy ustrój dźwiękoizolacyjny (schemat konstrukcyjny na rys. 8). Opis ustroju w rozdz. 2.4.

Sufit

Do sufitu należy przymocować pięć okrągłych paneli dźwiękochłonno-rozpraszających firmy Ecophon Solo Circle. Cztery panele o średnicy 800 mm i jeden o średnicy 1200 mm powinny być zawieszone zgodnie z instrukcją producenta na zróżnicowanej wysokości w zakresie 20 – 40 cm od sufitu.

Proponowane rozwiązania adaptacji akustycznej przedstawione zostały syntetycznie w tabelach 3 i 4.

2.3 Obliczenia czasu pogłosu

Obliczenia charakterystyki częstotliwościowej czasu pogłosu przedstawione zostały w tabelach 1 i 2. Czas pogłosu obliczono wg wzoru:

$$T_p = \frac{0{,}16V}{-S\ln(1-a)} \tag{1}$$

gdzie: V – objętość pomieszczenia w świetle projektowanych adaptacji akustycznych [m^3],

S – powierzchnia ograniczające pomieszczenie [m^2],

α – średni współczynnik pochłaniania dźwięku,

A – chłonność akustyczna pomieszczenia [m^2].

Wartości liczbowe w/w wielkości znajdują się w tabelach 1 i 2. Obliczony czas pogłosu jest zgodny z przyjętymi założeniami projektowymi.

2.4 Zabezpieczenia przeciwdźwiękowe

Poziom dźwięków zakłócających w studio jest związany z emisją następujących źródeł:

- instalacje klimatyzacyjne,
- hałasy związane z użytkowaniem sąsiednich pomieszczeń.

<u>Klimatyzacja</u>

Zabezpieczeniem instalacji wentylacyjnej zajmuje się wykonawca systemu klimatyzacyjnego. Należy zwrócić uwagę na hałas niskoczęstotliwościowy. Poziom ciśnienia akustycznego na wejściu i wyjściu instalacji w oktawach 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz nie powinien przekraczać 20 dB, a poziom dźwięku A 20 dB(A). Wszystkie przejścia instalacji przez przegrody budowlane należy wykonywać zgodnie ze schematem z rys. 11.

<u>Hałasy z sąsiednich pomieszczeń</u>

Źródła hałasu, które mają wpływ na poziom tła akustycznego w pomieszczeniach S3 i A3 zostały opisane w ekspertyzie [1]. Kierując się przedstawionymi tam wnioskami należy wykonać następujące zabezpieczenia przeciwdźwiękowe:

1. Wymienić i wyciszyć wentylator w palarni.
2. W drzwiach na korytarz wewnętrzny i korytarz prowadzący na zewnątrz wstawić mechanizm zwalniający uniemożliwiający głośne zatrzaskiwanie.
3. Ułożyć wykładzinę dywanową na podkładzie izolacyjnym w korytarzu i przy wejściu do reżyserni A3.
4. Ułożyć elastyczne dywaniki na schodach prowadzących do palarni.
5. Wypełnić betonem otwory w stropie po usuniętych instalacjach.

6. Zamurować otwory okienne zewnętrzne w S3.
7. Zamurować jeden otwór okienny zewnętrzny w A3, a w drugi wstawić okno o podwyższonej izolacyjności akustycznej ($R`_{A2} \geq 35$ dB), bez nawiewników i otwierane tylko do mycia.
8. Istniejącą ścianę pomiędzy pomieszczeniami A3 i S3 wyburzyć i w tym miejscu wymurować nową ścianę z cegły zwykłej (lub bloczków betonowych) o grubości 38 cm.
9. Zwiększyć izolacyjność akustyczną ściany sąsiadującej z korytarzem wykonując dodatkowy, szkieletowy ustrój izolacyjny zgodnie z rys. 8.
10. Drzwi zewnętrzne w A3 wykonać jako podwójne, z przedsionkiem ciszy. Można wykorzystać drzwi produkowane seryjnie o podwyższonej izolacyjności akustycznej ($R`_{A1} \geq 40$ dB) albo wykonać wg indywidualnego projektu - rys. 10. Drzwi muszą być uszczelnione na całym obwodzie ościeżnicy. Należy stosować progi albo urządzenia automatycznie opadające w czasie zamykania. Skrzydło drzwi od wewnątrz wykleić materiałem dźwiękochłonnym (pianka poliuretanowa „pikowana" sztuczną skórą).
11. Drzwi wewnętrzne między A3 a S3 wykonać tak jak w p. 9.
12. Okno kontrolne, reżyserskie wykonać zgodnie z dołączonym projektem - rys. 9.

<u>Okno reżyserskie</u>

Okno reżyserskie należy wykonać według projektu pokazanego na rys. 9. Wymiary okna w świetle ościeżnicy wynoszą 115 cm x 180 cm (wys. x dług.). Ościeżnicę okna należy wykonać z drewna klejonego, o grubości 38 - 50 mm. Zamocowanie ościeżnicy w otworze okiennym należy wykonać zgodnie ze sztuką budowlaną, przy pomocy kołków rozporowych i pianki montażowej. Ramę skrzydła okiennego należy wykonać jako nieotwieralną, również z drewna klejonego o grubości w zakresie 38 – 50 mm.

W celu osiągnięcia wysokiej dźwiękoizolacyjności okna (wskaźnik izolacyjności akustycznej $R_{A1} \geq 50$ dB) należy zastosować zestaw trzech szyb różniących się między sobą grubością. Szyby skrajne należy wykonać jako równoległe do płaszczyzny ściany - od strony reżyserni A3 zastosować szybę o grubości 8 mm, od strony studia S3 szybę o grubości 10 mm. Odległość szyb od krawędzi ramy powinna być nie mniejsza niż 40 mm, ale nie większa niż 50 mm, z tego względu, że zmniejszaniu odległości pomiędzy szybami towarzyszy spadek izolacyjności akustycznej właściwej okna. Szybę środkową o grubości 14 mm (dopuszczalna jest szyba o grubości 12 mm, ale jest to rozwiązanie mniej korzystne z punktu widzenia dźwiękoizolacyjności) wykonać jako odchyloną od pionu o 10° (dopuszczalne jest mniejsze

pochylenie, ale nie mniej jak 8°). Na ramie okiennej należy zachować minimalną odległość pomiędzy osadzeniem poszczególnych szyb wynoszącą 50 mm. Szyby osadzić w gumowych korytkach po całym obwodzie. Zastosowane szyby mogą być lite (pojedyncza tafla szkła) lub zespolone. Zastosowanie szyb zespolonych jest korzystniejsze z punktu widzenia dźwiękoizolacyjności okna. Rama okienna w przestrzeni między szybowej powinna być wyłożona materiałem dźwiękochłonnym.

Zastosowanie 3 szyb o różnych grubościach i nachylonych do siebie pod różnym kątem stanowi zabezpieczenie przed ryzykiem wystąpienia zjawiska rezonansu pomiędzy szybami i fali stojącej w przestrzeni między szybowej. Natomiast dźwiękoizolacyjność szyby zwiększa się wraz ze wzrostem jej grubości, czyli masy.

Ramę okienną wraz z pakietem szyb można zmontować w zakładzie montażowym, zabezpieczyć na okres transportu i przewieźć na miejsce wbudowania. Ramę okienną należy po całym obwodzie oddzielić od ościeżnicy za pomocą maty wibroakustycznej. Ramę mocować do ościeżnicy za pomocą wkrętów przez warstwę maty.

Drugą opcją (korzystniejszą z punktu widzenia kwestii montażu) jest zmontowanie całego okna (ościeżnica + rama), wraz z pakietem szybowym na miejscu docelowym z przygotowanych wcześniej komponentów. W tym celu zalecane jest zmontowanie ościeżnicy z ramą, następnie osadzenie okna w murze. Wewnętrzna powierzchnia ramy powinna być odpowiednio wyfrezowana w celu umożliwienia montażu szyb na miejscu. Osadzenie szyb w ramie wykonywać poprzez wstawienie ich w spodnie korytko i docisk za pomocą listew montażowych ulokowanych na bocznych i górnej części ramy (poz. 11 na rys. 9). Listwy do ramy mocować na wkręty, lub gwoździe. Spodnia część ramy okiennej nie musi posiadać listew montażowych – korytka mogą być od razu wyfrezowane w zakładzie produkcyjnym.

W celach estetycznych należy wykonać obróbkę ramy i ościeżnicy. Jednym z rozwiązań może być przymocowanie do ramy okiennej listwy wykończeniowej z podklejoną spodem warstwą taśmy akustycznej.

<u>Drzwi</u>

Drzwi wejściowe do reżyserni i do studia należy wykonać jako podwójne. Można skorzystać z dostępnych na rynku drzwi dźwiękoizolacyjnych o wskaźniku $R'_{A1} \geq 40$ dB lub wykonać drzwi wg załączonego projektu - rys. 10. Skrzydło wykonać o konstrukcji wielowarstwowej, z płyt wiórowych o różnych grubościach. Można zastosować inny materiał, którego gęstość jest w przedziale 650 – 700 kg/m^3.

Koniecznym jest dokładne uszczelnienie przymyków z każdej strony skrzydła. Uszczelki górnego i bocznych przymyków wykonać jako podwójne, które zamocowane mogą być do skrzydła drzwiowego lub ościeżnicy. W przypadku dolnego przymyku wykonać próg z uszczelką lub w dolnej części skrzydła wykonać mechanizm z opadającą uszczelką (zalecany mechanizm z uszczelką podwójną).

Powierzchnię skrzydła i ościeżnicy można wykończyć materiałem okleinowym z zewnątrz. Od strony wewnętrznej skrzydła można zastosować wykończenie z pikowanej ekoskóry, z wypełnieniem materiałem sprężystym. Takie rozwiązanie wpłynie pozytywnie na dźwiękoizolacyjność drzwi i ograniczy ryzyko powstawania fali stojącej w przedsionku ciszy między drzwiami. Przedsionek ciszy wyłożyć materiałem dźwiękochłonnym, np.: wykładziną dywanową.

2.5 Obliczenia izolacyjności akustycznej przegród i przewidywanego tła akustycznego w S3 i A3

<u>Przegroda między S3, A3 a korytarzem</u>

Wskaźnik izolacyjności R_{A1} obliczony w ekspertyzie [1]:

$R_{A1} = 56\ dB$

Poprawka związana z dodatkowym ustrojem izolacyjnym [5]:

$$f_0 \cong 60\sqrt{\frac{1}{md}} = 60\sqrt{\frac{1}{9{,}75 \cdot 0{,}07}} = 72\ Hz$$

$$\Delta R_w = 35 - \frac{R_w}{2} = 6\ dB$$

$$R_w(\Delta) = 58 + 6 = 64\ dB$$

$$R_{A1}(\Delta) = 64 - \mathrm{C} = 64 - 2 = 62\ dB$$

gdzie: f_0 – częstotliwość rezonansowa ustroju [Hz],

m – masa 1 m^2 płyty MDF, $m = 9{,}75\ kg$,

d – odległość od płyty do ściany, $d = 0{,}07\ m$,

R_w – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej ściany [1], $R_w = 58\ dB$,

C – widmowy wskaźnik adaptacyjny dla hałasów bytowych, $C \cong -2\ dB$,

$R_{A1}(\Delta)$ – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej ściany po zastosowaniu dodatkowego ustroju izolacyjnego [dB].

Przyrost izolacyjności wynosi 6 dB przy konieczności obniżenia hałasu docierającego z korytarza o 10 dB.

Przegroda między A3, a klatką schodową

Podwójne drzwi

Wskaźnik oceny izolacyjności pojedynczych drzwi:

$R_{A1} = 40\ dB$

Przyrost wynikający z prawa masy związany z dwukrotnie większą masą drzwi podwójnych:

$\Delta R_{A1} \approx 6\ dB$

Przyrost wynikający z odległości między drzwiami (d ≥ 20cm) [5]:

$\Delta R_{A1} \geq 12\ dB$

Przewidywany wskaźnik drzwi podwójnych:

$R_{A1}(\Delta) \geq 60\ dB$

Wypadkowa izolacyjność przegrody między S3, a klatką schodową

Po wstawieniu podwójnych drzwi:

$$R_{A1} = 10\log\frac{S}{S_s 10^{-0,1R_{A1s}} + S_d 10^{-0,1R_{A1d}}} = 10\log\frac{13,6}{11,6\cdot 10^{-5,2} + 2\cdot 10^{-6}} = 53\ dB$$

Obecnie:

$$R_{A1} = 10\log\frac{S}{S_s 10^{-0,1R_{A1s}} + S_d 10^{-0,1R_{A1d}}} = 10\log\frac{13,6}{11,6\cdot 10^{-5,2} + 2\cdot 10^{-2,5}} = 33\ dB$$

gdzie: S – całkowita powierzchnia przegrody [m^2],

S_s – pole powierzchni ściany murowanej [m^2],

S_d – pole powierzchni drzwi [m^2],

R_{A1s}, R_{A1d} – wskaźniki izolacyjności ściany i drzwi [dB],

Biorąc pod uwagę obecny stan techniczny drzwi przyjęto do obliczeń wskaźnik izolacyjności R_{A1} = 25 dB.

Wstawienie podwójnych drzwi podwyższy wskaźnik izolacyjności całej przegrody o 20 dB, co obniży hałas związany z uderzeniami drzwi na korytarz prowadzący na zewnątrz prawie do wartości dopuszczalnej. Mimo to należy wstawić do drzwi mechanizm zwalniający.

Przegroda wewnętrzna

Ściana wewnętrzna

Projektowana przegroda wewnętrzna o grubości 38cm wykonana będzie z cegły:

$R_w = 24,1\log m - 10,5 = 24,1\log 627 - 10,5 = 57\ dB$

Wskaźnik oceny izolacyjności przegrody:

$R_{A1} = R_w + C = 57 - 2 = 55\ dB$

gdzie: m – masa 1 m^2 przegrody, $m = 627\ kg/m^2$,

R_w – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej ściany [dB],

C – widmowy wskaźnik adaptacyjny dla hałasów bytowych, $C \cong -2\ dB$,

R_{A1} – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej przegrody [dB].

Okno reżyserskie

Z badań laboratoryjnych wynika, że wskaźnik izolacyjności okna dźwiękoszczelnego o konstrukcji przedstawionej na rys. 9 wynosi około 50 dB.

Wypadkowa izolacyjność przegrody wewnętrznej

$$R_{A1} = 10\log\frac{S}{S_s 10^{-0,1R_{A1s}} + S_d 10^{-0,1R_{A1d}} + S_o 10^{-0,1R_{A1o}}}$$

$$= 10\log\frac{13,6}{9,5\cdot 10^{-5,2} + 2\cdot 10^{-6} + 2,1\cdot 10^{-5}} = 52\ dB$$

gdzie: S – całkowita powierzchnia przegrody [m^2],

S_s – pole powierzchni ściany murowanej [m^2],

S_d – pole powierzchni drzwi [m^2],

S_o – pole powierzchni okna [m^2],

$R_{A1s}, R_{A1d}, R_{A1o}$ – wskaźniki izolacyjności ściany, drzwi i okna [dB].

Przegroda spełnia wymagania określone w ekspertyzie [1].

Przegroda zewnętrzna między S3, a drogą wewnętrzną

Po zamurowaniu okien w tej przegrodzie jej wskaźnik izolacyjności będzie równy wskaźnikowi izolacyjności ściany.

$R_w = 24,1\log m - 10,5 = 24,1\log 462 - 10,5 = 54\ dB$

Wskaźnik oceny izolacyjności przegrody:

$R_{A1} = R_w + C = 54 - 2 = 52\ dB$

gdzie: m – masa 1 m^2 przegrody, $m = 462\ kg/m^2$,

pozostałe oznaczenia jak wyżej.

Hałas komunikacyjny w studio S3

Maksymalny chwilowy poziom dźwięku A hałasu wytwarzanego przez samochody osobowe poruszające się z prędkością 25 km/godz. po drodze wewnętrznej, przy elewacji budynku można oszacować na 70 dB(A) [6].

W związku z tym poziom hałasu komunikacyjnego w studio nie przekroczy 20 dB(A).

Przegroda zewnętrzna między A3, a drogą wewnętrzną

Przegroda składa się z okna o powierzchni S_o = 1,75 m^2 i wskaźniku izolacyjności R_{A1} = 35 dB oraz ściany murowanej o powierzchni S_s = 6,75 m^2 i R_{A1} = 52 dB. Wypadkowy wskaźnik izolacyjności przegrody wynosi:

$$R_{A1} = 10\log\frac{S}{S_s 10^{-0,1R_{A1s}} + S_o 10^{-0,1R_{A1o}}} = 10\log\frac{8,5}{6,75\cdot 10^{-5,2} + 1,75\cdot 10^{-3,5}} = 42\ dB$$

Przewidywany chwilowy poziom hałasu komunikacyjnego będzie wynosić 28 dB(A) i nieznacznie, bo o 3 dB przekroczy wartość przyjętą za dopuszczalną.

Wyniki obliczeń wskazują, że konieczne jest wykonanie wszystkich działań przedstawionych w rozdziale 2.4.

3. UWAGI REALIZACYJNE

1. W trakcie realizacji studia i reżyserni konieczne jest przeprowadzenie pomiarów akustycznych w celu ewentualnej korekty projektu akustyczno-technologicznego.
2. Zalecane jest stosowanie podkonstrukcji drewnianej pod ustroje dźwiękochłonne, ale możliwe jest wykorzystanie również kształtowników metalowych pod warunkiem pokrycia ich pastą antywibracyjną.
3. Dodatkową ściankę przeznaczoną do wymurowania w studio S3 można (ściana A) wykonać z cegły zwykłej (gr. ścianki 6,5 cm lub 12 cm), lub innego materiału murowego, np.: bloczki gazobetonowe.

ZAŁĄCZNIKI

Z.1 Tabele

Tabela 1. Obliczenia czasu pogłosu w studio S3

Ustrój dźwiękochłonny	**S [m2]**	**Chłonność akustyczna w pasmach oktawowych**													
		63 Hz		**125 Hz**		**250 Hz**		**500 Hz**		**1000 Hz**		**2000 Hz**		**4000 Hz**	
		α	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**
Podłoga – dywan z przędzy włosiowej	12	0,03	0,36	0,07	0,84	0,11	1,32	0,19	2,28	0,3	3,60	0,39	4,68	0,41	4,92
Sufit – Ecophon Solo 800	4 szt		-		-		1,60		3,20		4,00		4,00		3,20
Sufit – Ecophon Solo 1200	1 szt		-		0,40		0,90		1,40		2,10		2,10		1,90
Ściany - A+B, U1	10	1,07	10,70	1,06	10,60	0,96	9,60	0,82	8,20	0,78	7,80	0,47	4,70	0,28	2,80
Ściany - C, U2	4,1	0,5	2,05	0,84	3,44	1,01	4,14	0,9	3,69	0,72	2,95	0,5	2,05	0,28	1,15
Ściana - D+E, płyta pełna	13,3	0,1	1,33	0,1	1,33	0,1	1,33	0,1	1,33	0,1	1,33	0,1	1,33	0,1	1,33
Drzwi	2	0,1	0,20	0,1	0,20	0,1	0,20	0,1	0,20	0,1	0,20	0,1	0,20	0,1	0,20
Okno reżyserskie	2,3	0,07	0,16	0,07	0,16	0,07	0,16	0,08	0,18	0,08	0,18	0,08	0,18	0,1	0,23
Razem			14,8		17,0		19,3		20,5		22,2		19,2		15,7
$\alpha = \frac{A}{S}; S = 63\ m^2$		0,23		0,27		0,31		0,33		0,35		0,31		0,25	
Tp [s]		0,32		0,28		0,24		0,22		0,20		0,24		0,30	

$V = 34{,}2\ m^2$

Tabela 2. Obliczenia czasu pogłosu w reżyserni A3

Ustrój dźwiękochłonny	**S [m2]**	**Chłonność akustyczna w pasmach oktawowych**													
		63 Hz		**125 Hz**		**250 Hz**		**500 Hz**		**1000 Hz**		**2000 Hz**		**4000 Hz**	
		α	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**	**α**	**A**
Podłoga – dywan z przędzy włosiowej	13,3	0,03	0,40	0,07	0,93	0,11	1,46	0,19	2,53	0,3	3,99	0,39	5,19	0,41	5,45
Sufit – Ecophon Solo 800	4 szt		-		-		1,60		3,20		4,00		4,00		3,20
Sufit – Ecophon Solo 1200	1 szt		-		0,40		0,90		1,40		2,10		2,10		1,90
Ściany - F+J, U1	13,3	1,07	14,23	1,06	14,10	0,96	12,77	0,82	10,91	0,78	10,37	0,47	6,25	0,28	3,72
Ściana - G+H+I, płyta pełna	16,7	0,1	1,67	0,1	1,67	0,1	1,67	0,1	1,67	0,1	1,67	0,1	1,67	0,1	1,67
Drzwi	4	0,1	0,40	0,1	0,40	0,1	0,40	0,1	0,40	0,1	0,40	0,1	0,40	0,1	0,40
Okna	4,3	0,07	0,30	0,07	0,30	0,07	0,30	0,08	0,34	0,08	0,34	0,08	0,34	0,1	0,43
Razem			17,0		17,8		19,1		20,4		22,9		20,0		16,8
$\alpha = \frac{A}{S}; S = 66{,}5m^2;$		0,26		0,27		0,29		0,31		0,34		0,30		0,25	
Tp [s]		0,31		0,29		0,27		0,25		0,22		0,26		0,31	

$V = 37{,}9\ m^2$; Uwaga: Wysunięty fragment ściany J i ściana F (rys. 1) będą lepiej pochłaniały dźwięk na niskich częstotliwościach, niż to wynika z obliczeń (co jest zjawiskiem pozytywnym).

Tabela 3. Adaptacja akustyczna studia S3

Lp.	Materiał lub ustrój akustyczny	Przeznaczenie	Powierzchnia [m^2]	Uwagi
1.	wykładzina dywanowa antystatyczna	podłoga	12,0	Zabezpieczyć środkiem ogniochronnym. Wykładzinę ułożyć na podkładzie tłumiącym.
2.	ustrój U1 – panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem, gr. 13 mm – perforacja ∅4, rozstaw perforacji 16 x 16 mm, pustka 150 przy ścianie	ściany (A+B)	10,0	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Jako materiał podkonstrukcji zastosować drewno lub drewno klejone. Konstrukcję drewnianą zabezpieczyć środkiem ogniochronnym i przed oddziaływaniem korozji biologicznej. Podkonstrukcję mocować do podłogi i stropu.
3.	ustrój U2 – panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem, gr. 13 mm – perforacja ∅4, rozstaw perforacji 16 x 16 mm, pustka 30	ściany (C)	4,1	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Jako materiał podkonstrukcji zastosować drewno lub drewno klejone. Konstrukcję drewnianą zabezpieczyć środkiem ogniochronnym i przed oddziaływaniem korozji biologicznej. Podkonstrukcję mocować do ściany.
4.	ustrój dźwiękoizolacyjny – panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem – bez perforacji, wełna akustyczna 70 mm, szkielet – ceownik zimnogięty 70x40x3	ściany (D)	4,8	Panele montować do szkieletu zgodnie z instrukcją producenta. Kształtowniki zimnogięte pokryć pastą antywibracyjną i mocować je do ściany przez podkładkę elastyczną. Na styku ustroju ze ścianą stosować po obwodzie podkładkę elastyczną.

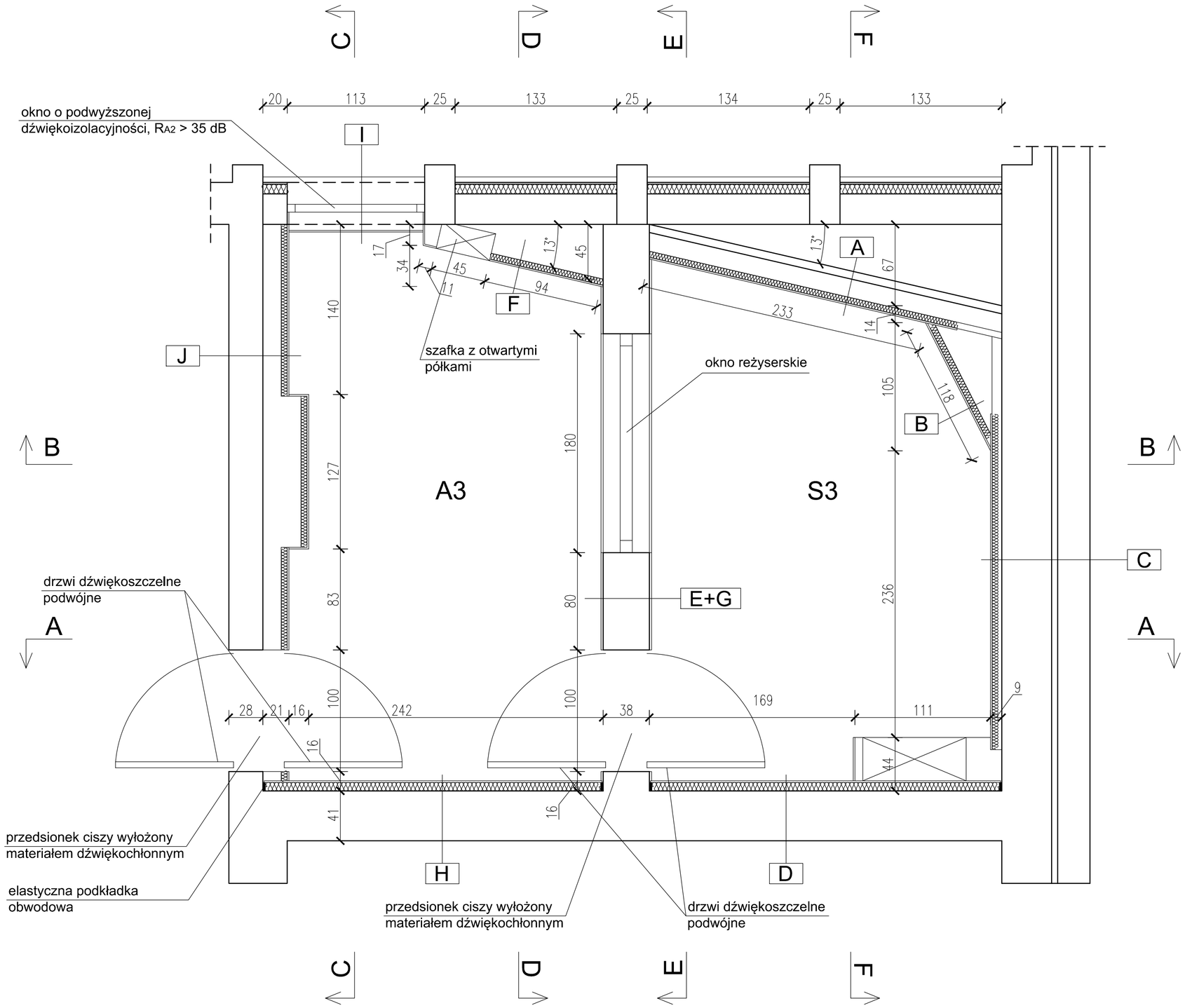
5.	panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem - bez perforacji	ściany (E)	8,5	Panele montować bezpośrednio do muru z zastosowaniem podkładu tłumiącego (maty), za pomocą np.: kołków rozporowych.
6.	wolnowiszące panele Ecophon Solo Circle 800	sufit	4 sztuki	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Odległość od stropu w zakresie 20 - 40 cm. Panele można montować pod różnymi kątami w zakresie dopuszczalnym przez producenta. Rozmieszczenie paneli sufitowych wg odrębnego projektu z zakresu architektury wnętrz.
7.	wolnowiszące panele Ecophon Solo Circle 1200	sufit	1 sztuka	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Odległość od stropu w zakresie 20 - 40 cm. Panel można montować pod kątem w zakresie dopuszczalnym przez producenta. Rozmieszczenie paneli sufitowych wg odrębnego projektu z zakresu architektury wnętrz.

Tabela 4. Adaptacja akustyczna reżyserni A3

Lp.	Materiał lub ustrój akustyczny	Przeznaczenie	Powierzchnia [m^2]	Uwagi
1.	wykładzina dywanowa antystatyczna	podłoga	13,3	Zabezpieczyć środkiem ogniochronnym. Wykładzinę ułożyć na podkładzie tłumiącym.
2.	ustrój U1 – panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem, gr. 13 mm – perforacja ∅4, rozstaw perforacji 16 x 16 mm, pustka 150 przy ścianie	ściany (F+J)	13,3	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Jako materiał podkonstrukcji zastosować drewno lub drewno klejone. Konstrukcję drewnianą zabezpieczyć środkiem ogniochronnym i przed oddziaływaniem korozji biologicznej. Podkonstrukcję mocować do podłogi i stropu.
3.	ustrój dźwiękoizolacyjny – panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem – bez perforacji, wełna akustyczna 70 mm, szkielet – ceownik zimnogięty 70x40x3	ściany (H)	7,6	Panele montować do szkieletu zgodnie z instrukcją producenta. Kształtowniki zimnogięte pokryć pastą antywibracyjną i mocować je do ściany przez podkładkę elastyczną. Na styku ustroju ze ścianą stosować po obwodzie podkładkę elastyczną.
4.	panele ścienne Unipanels System – MDF z fornirem - bez perforacji	ściany (G+I)	9,1	Panele montować bezpośrednio do muru z zastosowaniem podkładu tłumiącego (maty), za pomocą np.: kołków rozporowych. W przypadku ściany I (rys. 1) panele można montować podobnie jak ustrój U2 – na podkonstrukcji drewnianej, ale bez warstwy wełny. Konstrukcję drewnianą

				zabezpieczyć środkiem ogniochronnym i przed oddziaływaniem korozji biologicznej.
5.	wolnowiszące panele Ecophon Solo Circle 800	sufit	4 sztuki	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Odległość od stropu w zakresie 20 - 40 cm. Panele można montować pod różnymi kątami w zakresie dopuszczalnym przez producenta. Rozmieszczenie paneli sufitowych wg odrębnego projektu z zakresu architektury wnętrz.
6.	wolnowiszące panele Ecophon Solo Circle 1200	sufit	1 sztuka	Montować zgodnie z instrukcją producenta. Odległość od stropu w zakresie 20 - 40 cm. Panel można montować pod kątem w zakresie dopuszczalnym przez producenta. Rozmieszczenie paneli sufitowych wg odrębnego projektu z zakresu architektury wnętrz.

Z.2 Rysunki



A, ustrój U1	
13 mm	panele Unipanels System
50 mm	wełna / podkonstrukcja drewniana
150 mm	pustka powietrzna
65 mm	ściana murowana - cegła zwykła

B, ustrój U1	
13 mm	panele Unipanels System
50 mm	wełna / podkonstrukcja drewniana

C, ustrój U2	
13 mm	panele Unipanels System
50 mm	wełna / podkonstrukcja drewniana
30 mm	pustka powietrzna
	istniejąca ściana

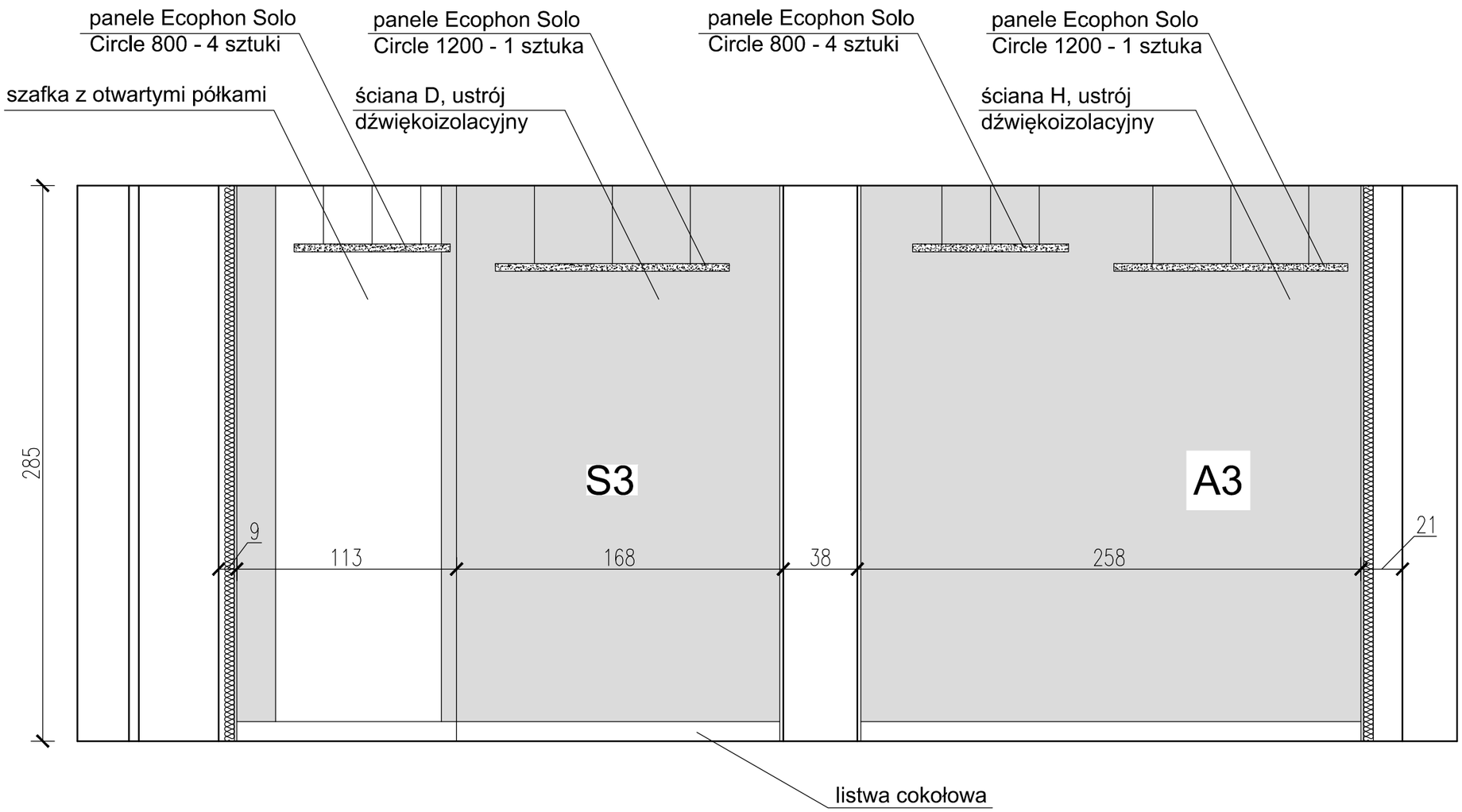
D+H, ustrój dźwiękoizolacyjny	
13 mm	panele Unipanels System, bez perforacji
70 mm	wełna akustyczna / szkielet ustroju
	istniejąca ściana

E+G, płyta pełna	
13 mm	panele Unipanels System, bez perforacji
5 mm	mata tłumiąca
380 mm	ściana murowana - cegła zwykła
5 mm	mata tłumiąca
13 mm	panele Unipanels System, bez perforacji

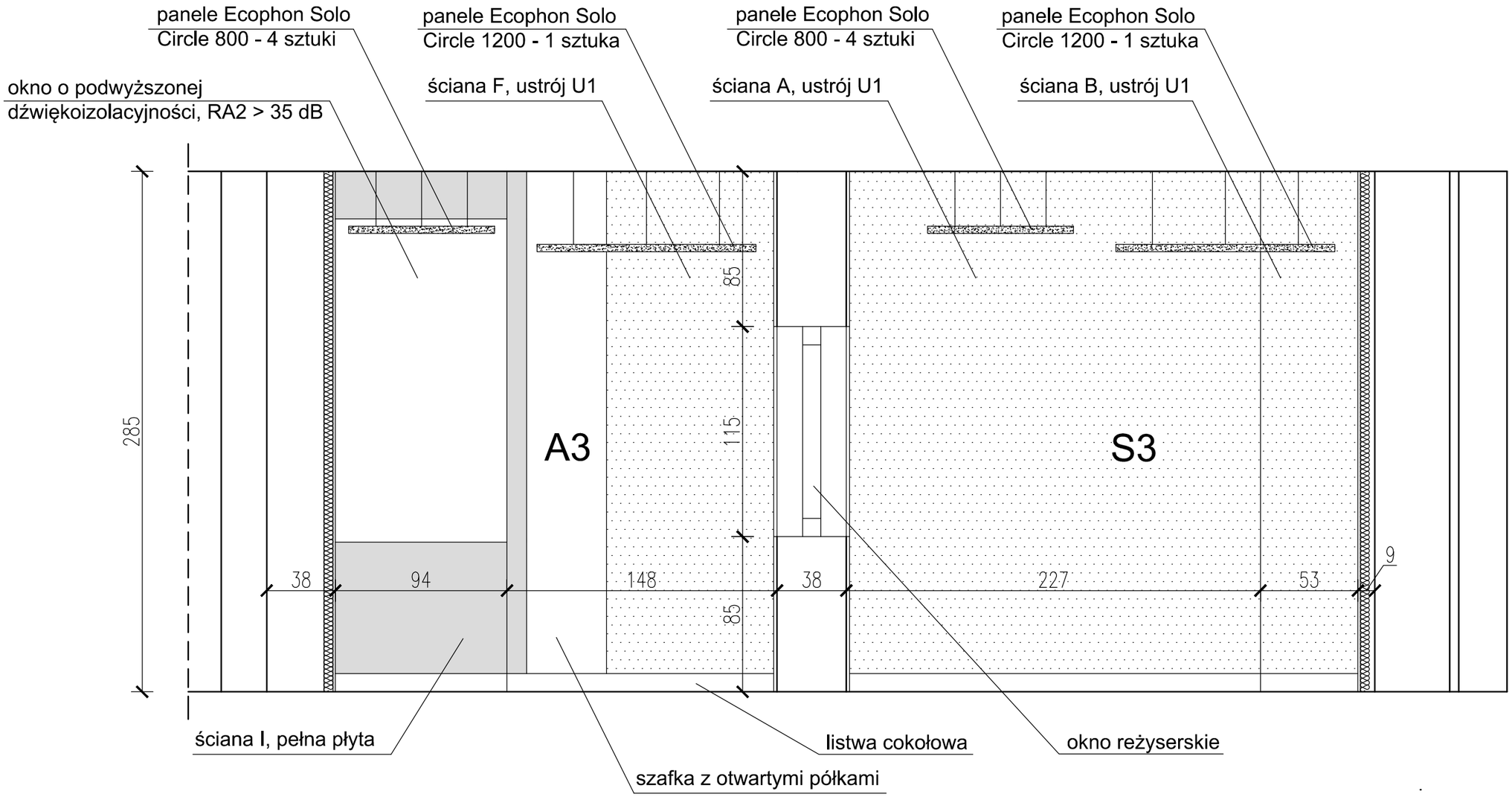
F, J, ustrój U1	
13 mm	panele Unipanels System
50 mm	wełna / podkonstrukcja drewniana
150 mm / 310 mm	pustka powietrzna
	istniejąca ściana

I, płyta pełna	
13 mm	panele Unipanels System, bez perforacji
5 mm	mata tłumiąca
	istniejąca ściana
lub	
13 mm	panele Unipanels System, bez perforacji
	ruszt drewniany
	istniejąca ściana

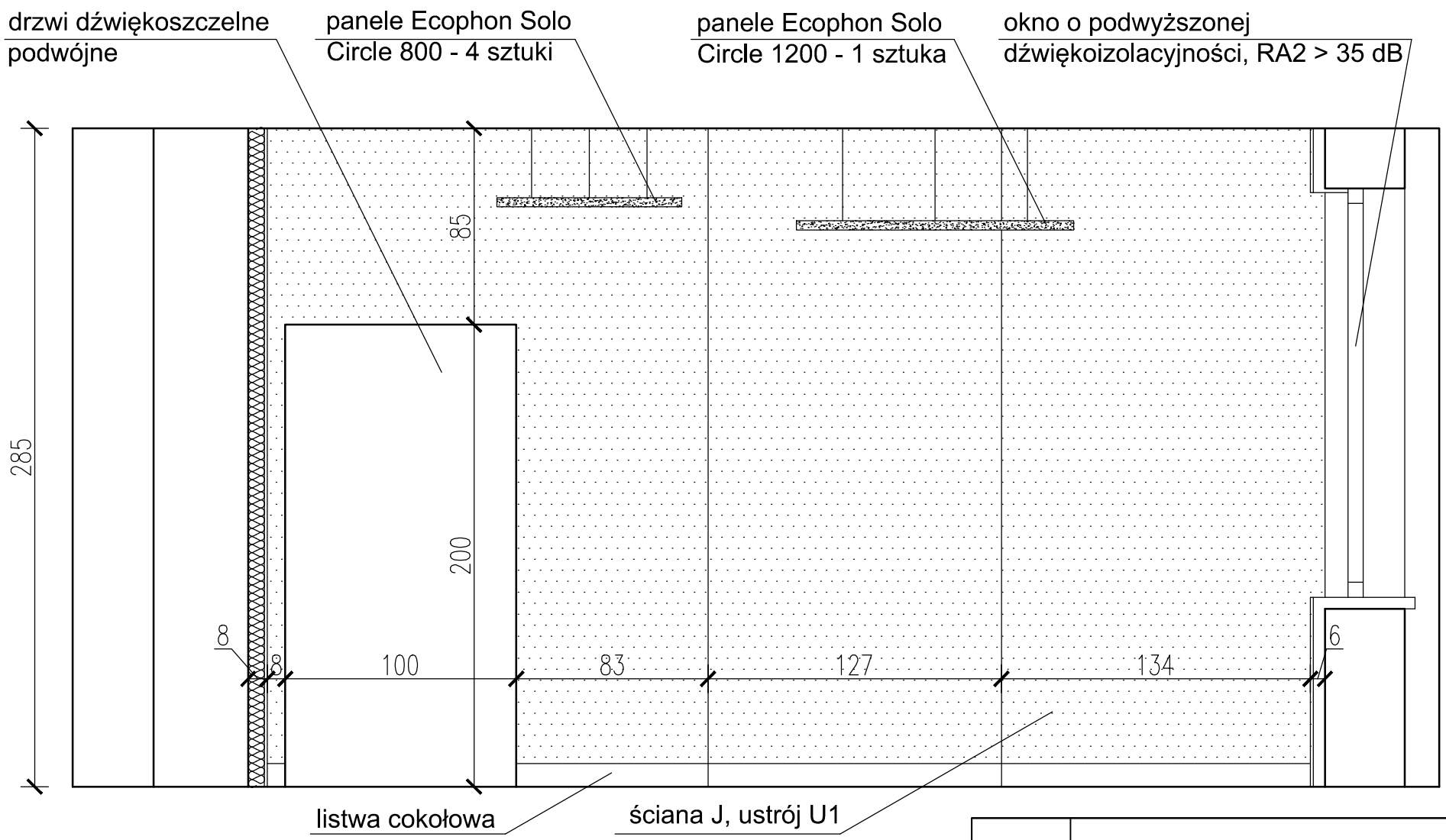
TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - RZUT
RYS. NR: 1	SKALA: 1:25



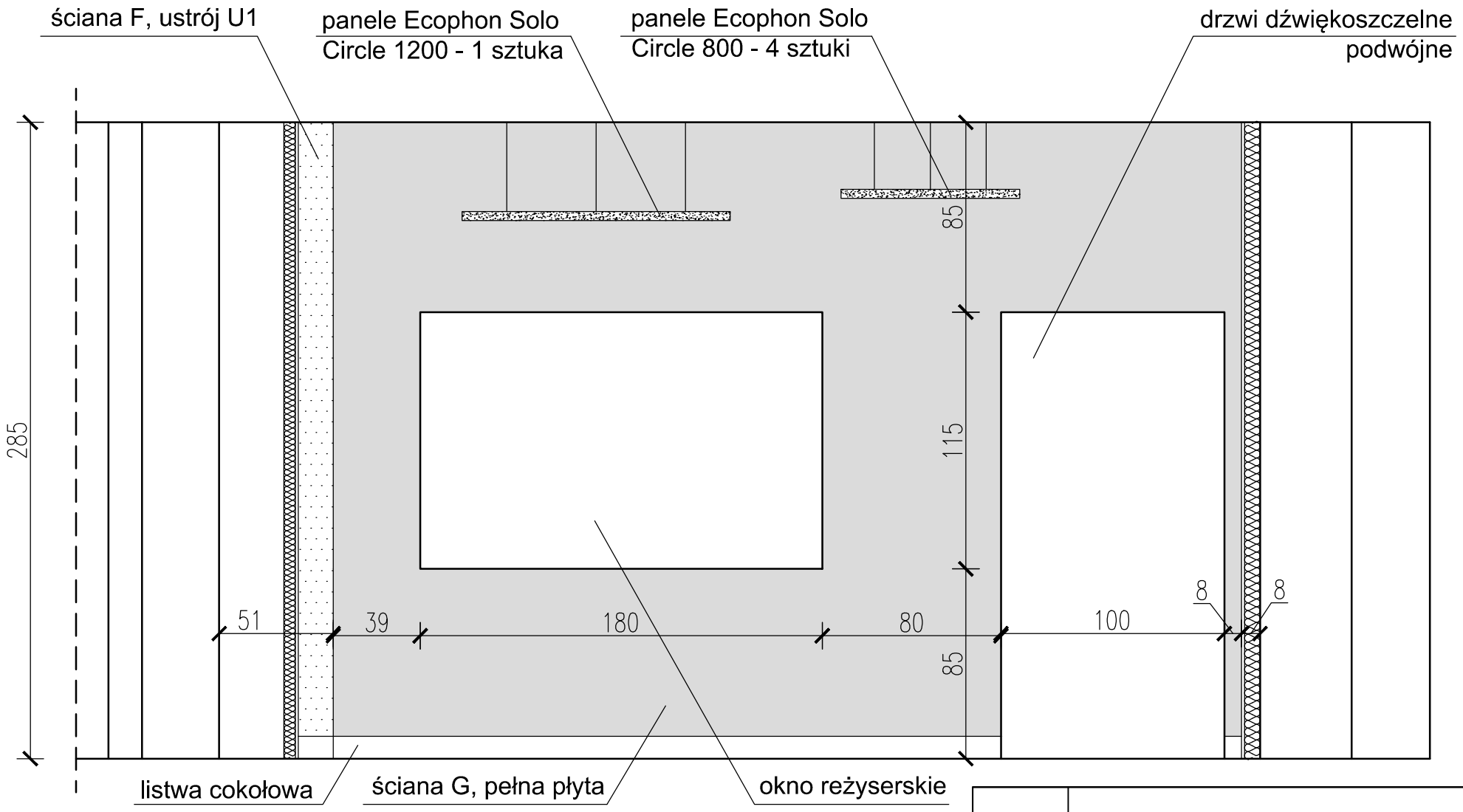
TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - PRZEKRÓJ A-A
RYS. NR: 2	SKALA: 1:25



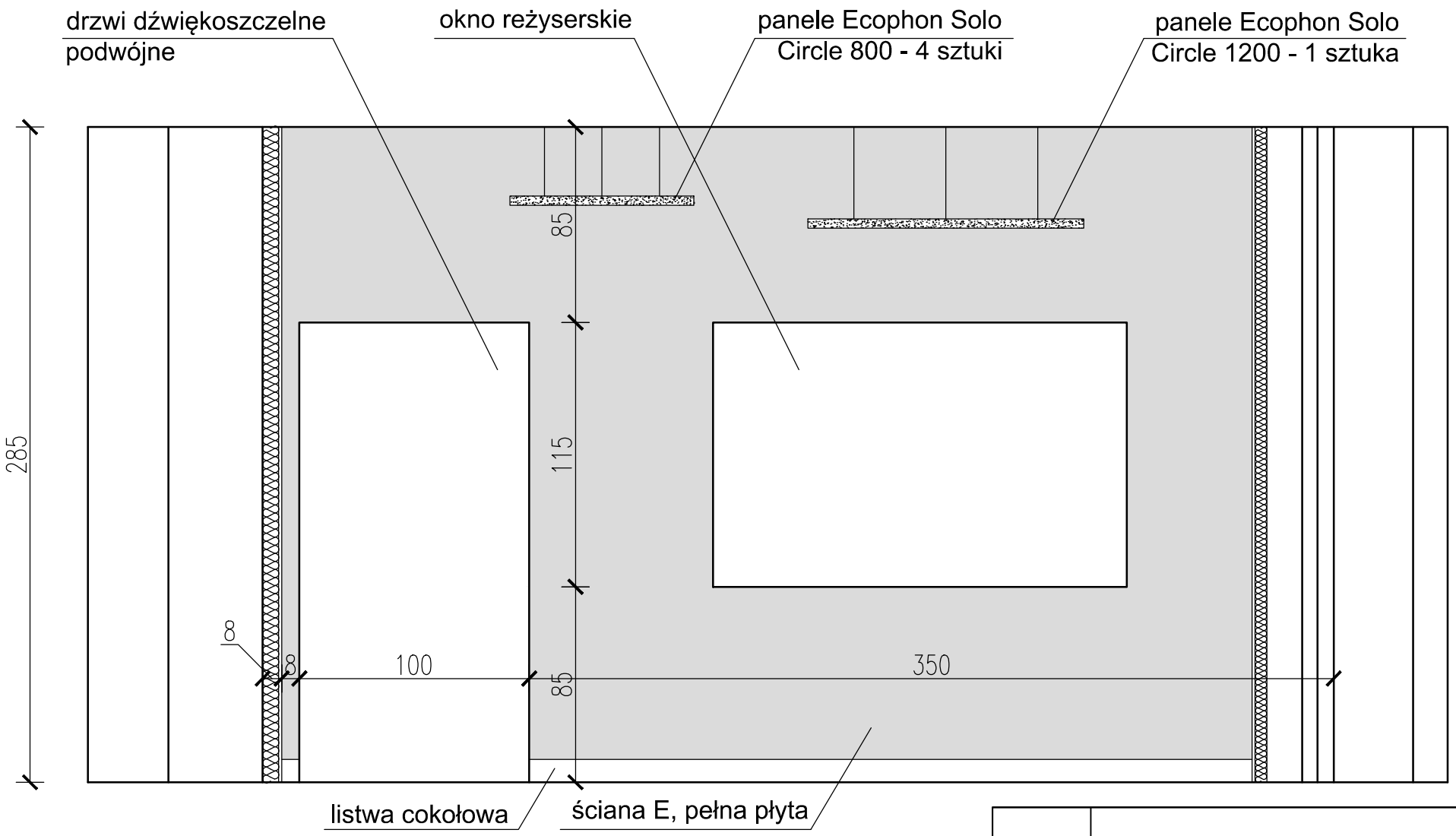
TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - PRZEKRÓJ B-B
RYS. NR: 3	SKALA: 1:25



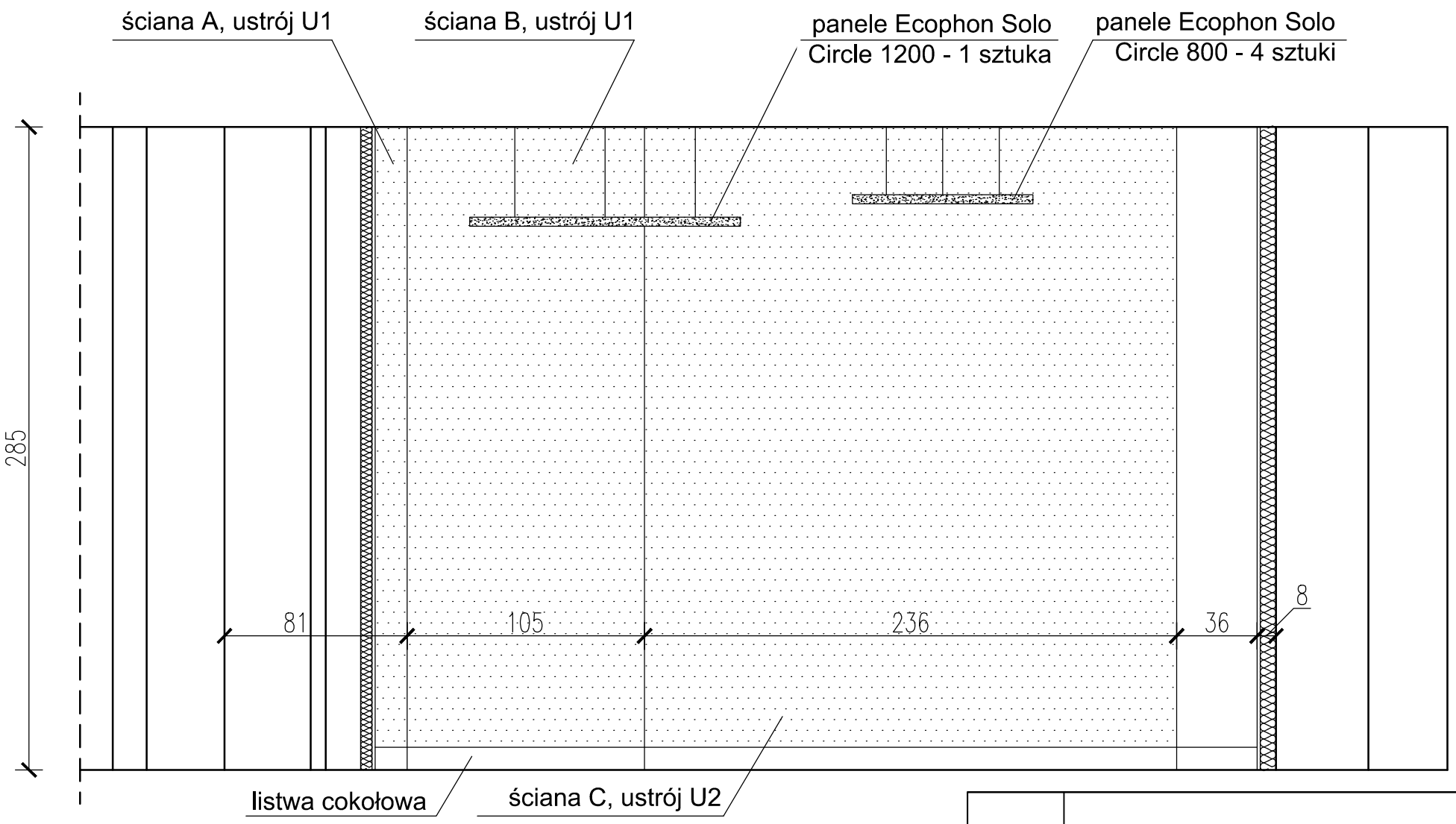
TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - PRZEKRÓJ C-C
RYS. NR: 4	SKALA: 1:25



TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - PRZEKRÓJ D-D
RYS. NR: 5	SKALA: 1:25

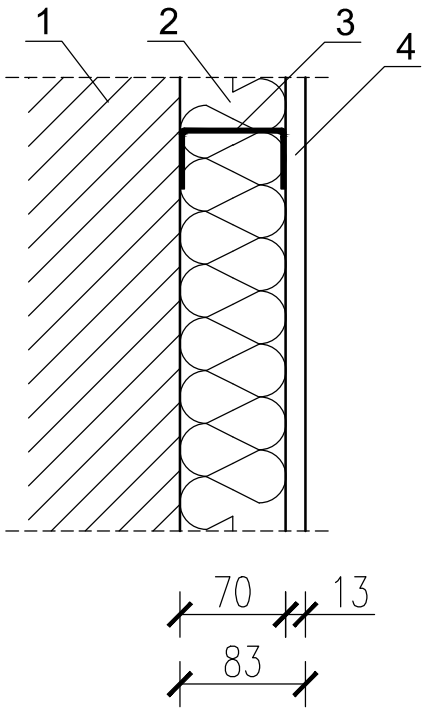


TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - PRZEKRÓJ E-E
RYS. NR: 6	SKALA: 1:25

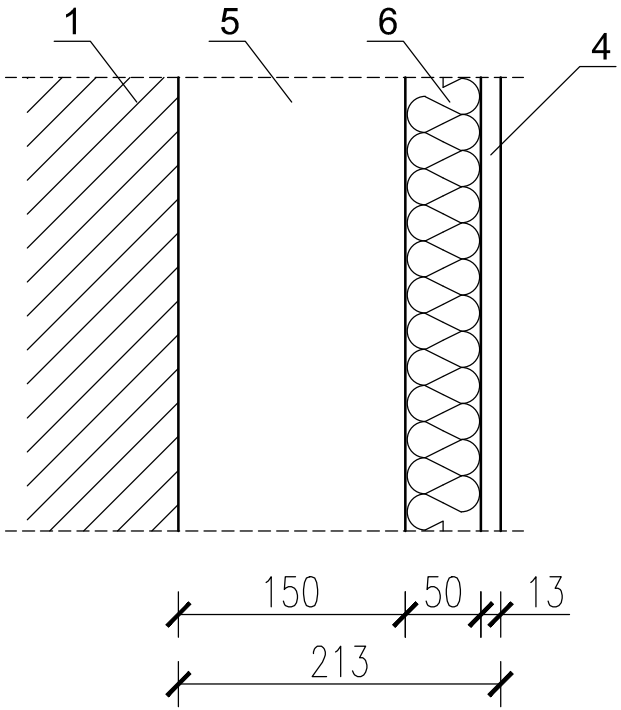


TYTUŁ:	ZAKRES AKUSTYCZNYCH PRAC ADAPTACYJNYCH - PRZEKRÓJ F-F
RYS. NR: 7	SKALA: 1:25

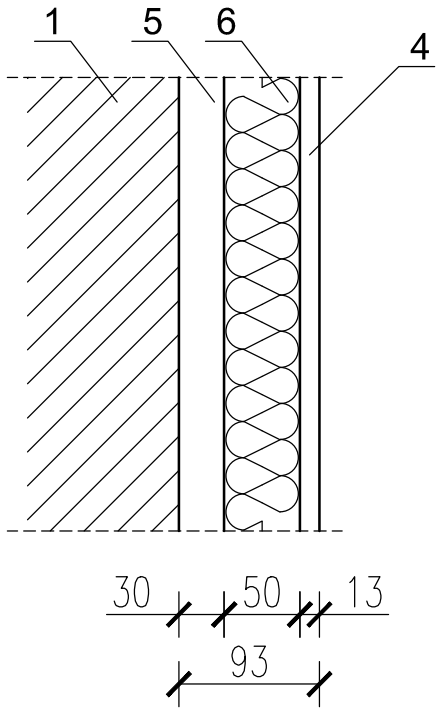
Ustrój dźwiękoizolacyjny



Ustrój U1



Ustrój U2



1 - istniejąca ściana

2 - wełna akustyczna

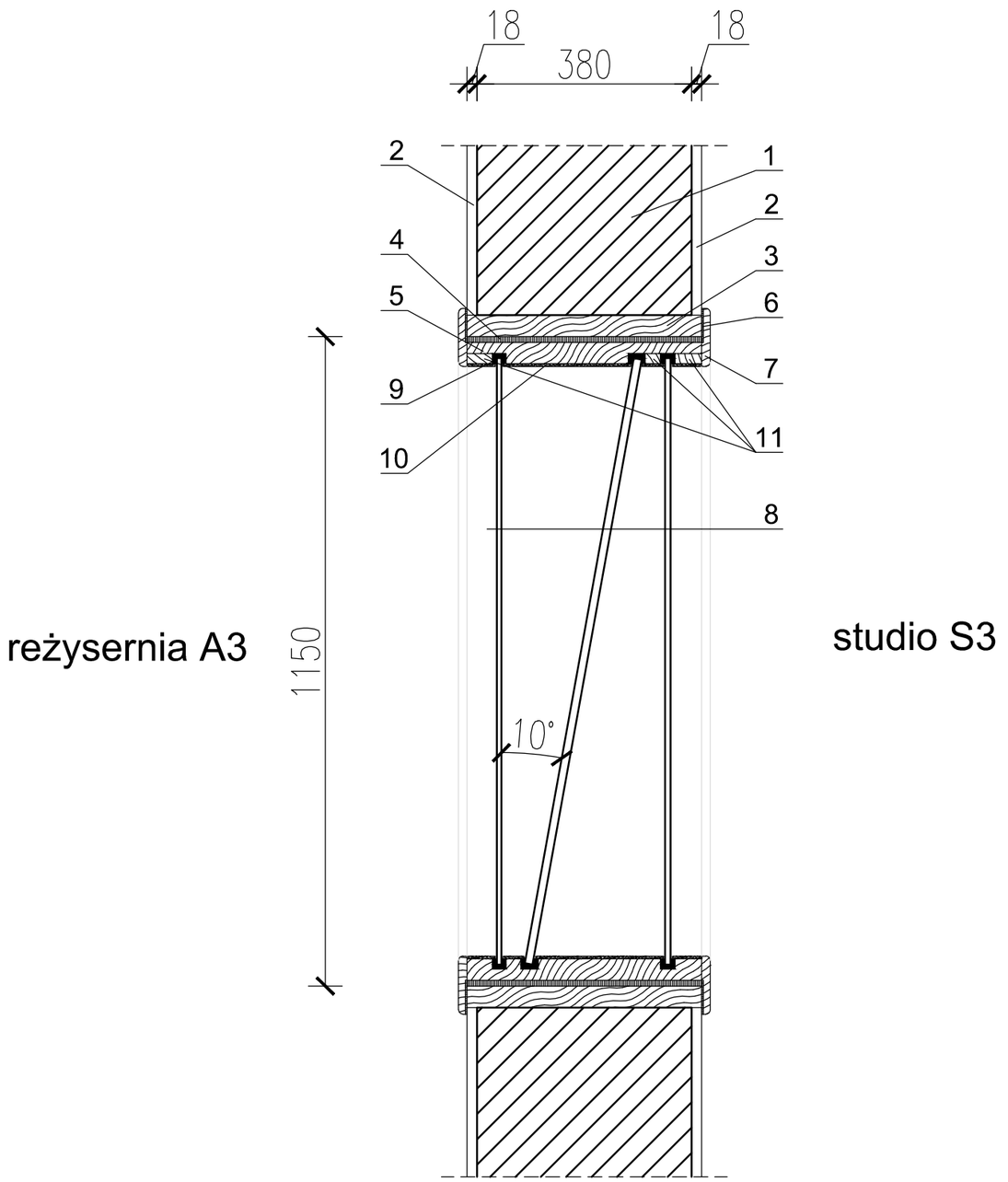
3 - szkielet ustroju izolacyjnego (ceownik zimnogięty 70x40x3 pokryty pastą antywibracyjną)

4 - panele Unipanels System, bez perforacji

5 - pustka powietrzna

6 - wełna / podkonstrukcja drewniana

TYTUŁ:	USTRÓJ DŹWIĘKOIZOLACYJNY, U1, U2 - PRZEKROJE
RYS. NR: 8	SKALA: 1:5



1 - ściana murowana z cegły ceramicznej pełnej, gr. 380 mm

2 - panel akustyczny (bez perforacji) przyklejony do ściany, z podkładem z maty tłumiącej

3 - ościeżnica z drewna klejonego, gr. 38 mm

4 - mata wibroakustyczna, np.: typu Sylomer lub inny rodzaj maty tłumiącej

5 - rama skrzydła okiennego, nieotwieralna, z drewna klejonego, gr. 38 - 50 mm

6 - taśma akustyczna pod obróbką skrzydła okiennego, np.: typu LSPE

7 - obróbka ramy okiennej i ościeżnicy

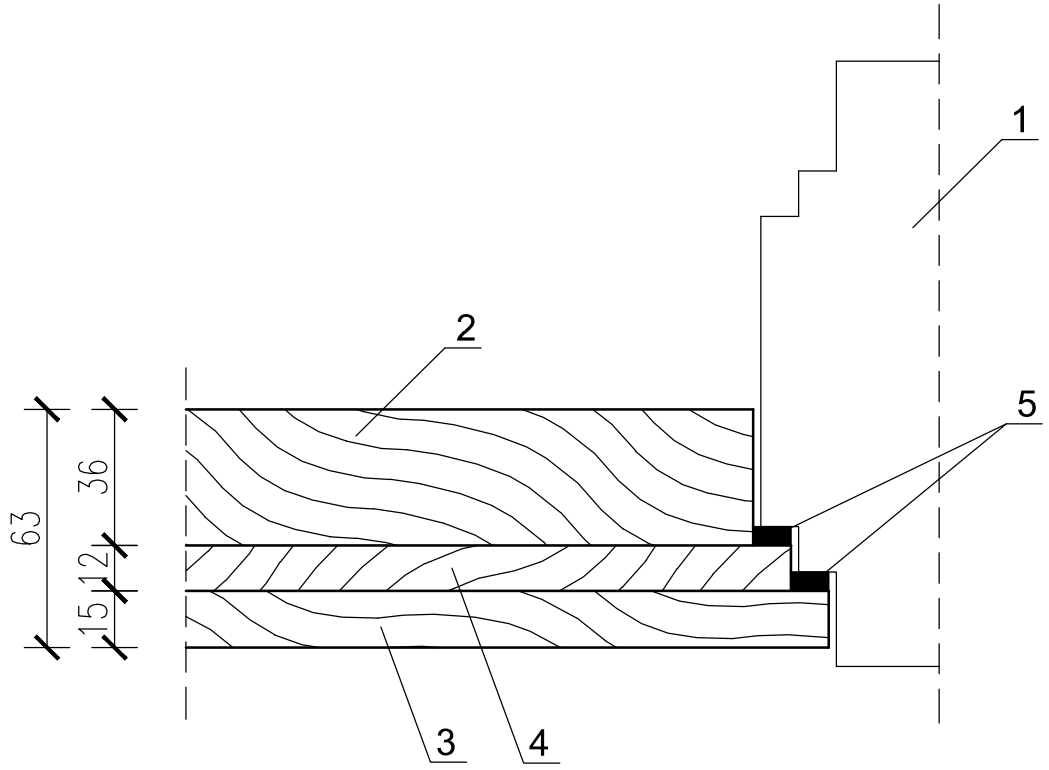
8 - oszklenie trójszybowe: szyba od strony A3 gr. 8 mm, szyba od strony S3 gr. 10 mm, szyba ukośna (min. 8° od pionu, zalecane 10°) gr. 14 mm; odległość szyb skrajnych od krawędzi ramy w zakresie 40 - 50 mm; minimalna odległość pomiędzy osadzeniem szyb - 50 mm

9 - korytka gumowe

10 - materiał dźwiękochłonny, np.: wykładzina dywanowa

11 - listwa dociskowa z drewna klejonego

TYTUŁ:	OKNO REŻYSERSKIE - PRZEKRÓJ	
RYS. NR: 9		SKALA: 1:10



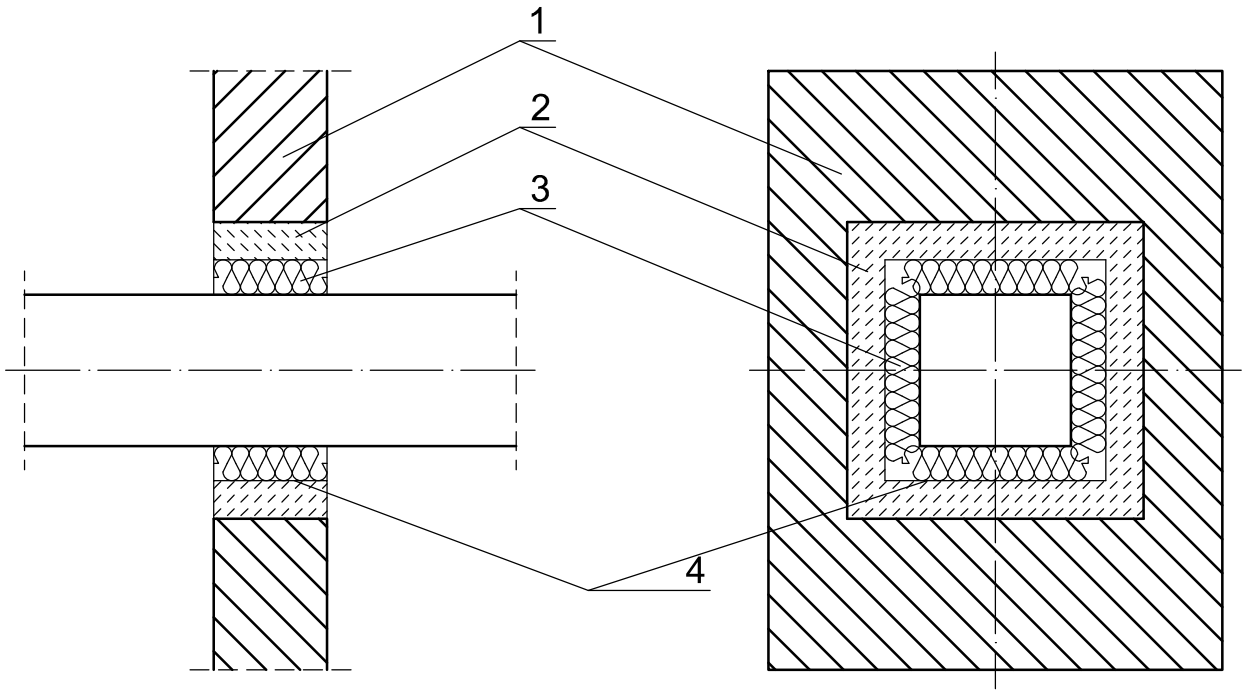
1 - ościeznica

2, 3, 4 - płyta wiórowa,

gr. 36 mm, 12 mm, 15 mm

5 - uszczelki gumowe

TYTUŁ:	SKRZYDŁO DRZWIOWE - PRZEKRÓJ
RYS. NR: 10	SKALA: 1:2



1 - przegroda budowlana

2 - zaprawa cementowa

3 - maty z wełny mineralnej

4 - obejma z blachy 2mm z kołnierzem osłaniającym szczelinę na obwodzie betonowania

TYTUŁ:	ZASADA WYKONYWANIA PRZEJŚCIA PRZEWODÓW PRZEZ PRZEGRODY
RYS. NR: 11	SKALA: 1:10