**Przebudowa i nadbudowa budynku Sceny Kameralnej Teatru Polskiego we Wrocławiu**

**JEDNOSTKA PROJEKTOWA:** SOUND & SPACE sp. z o.o.

**ADRES:** ul. W. Biegańskiego 61A, 60-682 Poznań

**OBIEKT:** Scena Kameralna Teatru Polskiego

**ADRES INWESTYCJI:** ul. Mennicza 2, Wrocław

**ZLECENIODAWCA:** Teatr Polski we Wrocławiu

ul. Gabrieli Zapolskiej 3, 50-032 Wrocław

**OPERAT AKUSTYCZNY**

Zawartość

[**1. Podstawa opracowania 5**](#__RefHeading___Toc7860_3554483523)

[**1.1 Merytoryczna 5**](#__RefHeading___Toc7862_3554483523)

[**2. Zakres opracowania 6**](#__RefHeading___Toc7864_3554483523)

[**3. Charakterystyka obiektu 7**](#__RefHeading___Toc7866_3554483523)

[**4. Definicje 8**](#__RefHeading___Toc7868_3554483523)

[**4.1 Decybel (dB) 8**](#__RefHeading___Toc7870_3554483523)

[**4.2 dB(A) 8**](#__RefHeading___Toc7872_3554483523)

[**4.3 Izolacyjność akustyczna 8**](#__RefHeading___Toc7874_3554483523)

[**4.4 Czas pogłosu RT 9**](#__RefHeading___Toc7876_3554483523)

[**4.5 Wskaźnik transmisji mowy STI, RaSTI 9**](#__RefHeading___Toc7878_3554483523)

[**4.6 Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych 10**](#__RefHeading___Toc7880_3554483523)

[**4.6.1 Wymagania 10**](#__RefHeading___Toc7882_3554483523)

[**4.6.1 Część pełna przegród zewnętrznych 12**](#__RefHeading___Toc7884_3554483523)

[**4.6.2 Stropodach 12**](#__RefHeading___Toc7886_3554483523)

[**4.7 Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach 12**](#__RefHeading___Toc7888_3554483523)

[**4.8 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych 14**](#__RefHeading___Toc7890_3554483523)

[**4.8.1 Wymagania 14**](#__RefHeading___Toc7892_3554483523)

[**4.8.2 Określenie wymagań w budynku 17**](#__RefHeading___Toc7894_3554483523)

[**4.8.3 Proponowane rozwiązania – przegrody pionowe 17**](#__RefHeading___Toc7896_3554483523)

[**4.8.4 Proponowane rozwiązania – przegrody poziome 22**](#__RefHeading___Toc7898_3554483523)

[**4.8.5 Izolacyjność akustyczna drzwi wewnętrznych 23**](#__RefHeading___Toc7900_3554483523)

[**4.8.6 Izolacyjność akustyczna okien wewnętrznych 24**](#__RefHeading___Toc7902_3554483523)

[**4.9 Szachty instalacyjne 24**](#__RefHeading___Toc7904_3554483523)

[**4.10 Pomieszczenia techniczne 24**](#__RefHeading___Toc7906_3554483523)

[**5. Akustyka Wnętrz 24**](#__RefHeading___Toc7908_3554483523)

[**5.1 Wymagania 24**](#__RefHeading___Toc7910_3554483523)

[**5.1.1 Wymagania: Sala teatralna 26**](#__RefHeading___Toc7912_3554483523)

[**5.2 Analiza akustyczna: Sala teatralna 27**](#__RefHeading___Toc7914_3554483523)

[**5.2.1 Rozwiązania projektowe 27**](#__RefHeading___Toc7916_3554483523)

[**5.2.2 Dobór foteli 27**](#__RefHeading___Toc7918_3554483523)

[**5.2.3 Model akustyczny 28**](#__RefHeading___Toc7920_3554483523)

[**5.2.4 Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych 28**](#__RefHeading___Toc7922_3554483523)

[**5.2.5 Wyniki symulacji akustycznej 30**](#__RefHeading___Toc7924_3554483523)

[**5.3 Analiza akustyczna: 2.24 Sala prób 33**](#__RefHeading___Toc7926_3554483523)

[**5.3.1 Rozwiązania projektowe 33**](#__RefHeading___Toc7928_3554483523)

[**5.3.2 Model akustyczny 33**](#__RefHeading___Toc7930_3554483523)

[**5.3.3 Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych 33**](#__RefHeading___Toc7932_3554483523)

[**5.3.4 Analiza warunków pogłosowych 35**](#__RefHeading___Toc7934_3554483523)

[**5.4 Zestawienie wymagań 37**](#__RefHeading___Toc7936_3554483523)

[**5.5 Rozwiązania projektowe – pomieszczenia pozostałe 37**](#__RefHeading___Toc7938_3554483523)

[**5.6 Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych 37**](#__RefHeading___Toc7940_3554483523)

[**5.7 Wytyczne branżowe 38**](#__RefHeading___Toc7942_3554483523)

[**5.7.1 Budowlane 38**](#__RefHeading___Toc7944_3554483523)

[**5.7.2 Instalacje wentylacyjne 39**](#__RefHeading___Toc7946_3554483523)

[**5.7.3 Instalacja C.O. C.W i węzłów cieplnych 39**](#__RefHeading___Toc7948_3554483523)

[**5.7.4 Instalacja wodno - kanalizacyjna 40**](#__RefHeading___Toc7950_3554483523)

[**5.7.5 Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne 41**](#__RefHeading___Toc7952_3554483523)

[**6. Rysunki 42**](#__RefHeading___Toc7954_3554483523)

1. **Podstawa opracowania**
   1. **Merytoryczna**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) (Dz. U. 2007.120.826, Dz. U. 2012 poz. 1109).* |
| [2] | *PN-B-02151-2:1987 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.* |
| [3] | *PN-B-02151-3:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.* |
| [4] | *PN-B-02151-4:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.* |
| [5] | *Rozporządzenia ministra środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem..* |
| [6] | „Portal Mapowy,” [Online]. Available: https://sip.slupsk.eu/e-uslugi/portal-mapowy. |
| [7] | *PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania.* |
| [8] | „Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej geoportal.gov.pl,” Główny Urząd Geodezji i Kartografii, [Online]. Available: https://www.geoportal.gov.pl/. |
| [9] | Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Założenia do prognoz ruchu,” [Online]. Available: https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/992/zalozenia-do-prognoz-ruchu. [Data uzyskania dostępu: 11 Kwiecień 2022]. |
| [10] | *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 )(wraz z późn. zm.).* |
| [11] | *PN-B-02151-3:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.* |
| [12] | A. Kulowski, Akustyka Sal. Zalecenia projektowe dla architektów, Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2007. |
| [13] | *TGL 10687/04 Schallschutz Schallabsorption in Räumen,* 1981. |
| [14] | D. Egan, Architectural Acoustics, J. Ross Publishing, 2007. |
| [15] | R. Osman, „Designing small music practice rooms for sound quality,” w *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010* , Sydney, 2010. |
| [16] | European Broadcasting Union, *EBU Tech. 3276 Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two–channel stereophonic,* Geneva, Maj 1998. |
| [17] | Ahnert W., Tennhardt H.P.: *Acoustics for Auditoriums and Concert Halls*. W: Ballou G. M.: H*andbook for Sound Engineers*, Burlington, 2008, Focal Press. |

1. **Zakres opracowania**

Opracowanie dotyczy analizy akustycznej projektu przebudowy i nadbudowy budynku Sceny Kameralnej Teatru Polskiego we Wrocławiu w zakresie:

* Analizy akustycznej poziomu dźwięku od instalacji w celu spełnienia wymagań normy PN-87/B-02151/2 [2],
* Analizy akustycznej przegród wewnętrznych i zewnętrznych w celu spełnienia wymagań normy PN-B-02151-3:2015-10 [3],
* Analizy akustycznej warunków pogłosowych w celu spełnienia wymagań normy PN-B-02151:4-2016-06 [4],

Celem opracowania jest określenie przewidywanych rozwiązań wynikających z zastosowania norm i standardów akustycznych będących przedmiotem dalszych prac. Obejmuje dobór rozwiązań materiałowo-systemowych o odpowiednich parametrach akustycznych.

Opracowanie zawiera:

* Określenie wymagań dotyczących ochrony przeciwdźwiękowej w obiekcie w kategoriach:
  + Dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach,
  + Wymaganych wartości wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej przegród zewnętrznych i wewnętrznych
  + Dopuszczalnej wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach,
  + Minimalnej wartości wskaźnika transmisji mowy, STI,
  + Minimalnej chłonności akustycznej w pomieszczeniach ,
* Określenie wartości miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu zewnętrznego na wysokości elewacji projektowanego budynku,
* Określenie wymagań akustycznych dla materiałów i elementów budowlanych (stolarka okienna i drzwiowa) przegród zewnętrznych oraz wewnętrznych,
* Określenie wymagań akustycznych dla elementów budowlanych wykończeniowych wnętrz,
* Wytyczne dla innych branż.

1. **Charakterystyka obiektu**

Inwestycja obejmuje budynek o wysokości 5 kondygnacji nadziemnych i 1 kondygnacje podziemnej. W budynku projektuje się sale teatralną oraz mniejszą sala prób.

1. **Definicje**
   1. **Decybel (dB)**

Stosunek dwóch wielkości wyrażony miarą logarytmiczną. Stosunek ciśnienia akustycznego percypowanego przez ucho ludzkie ma się jak 10000000 (najgłośniejsze dźwięki) do 1 (najcichsze dźwięki). Stosunek chwilowego ciśnienia dźwięku do najmniejszego percypowanego nazywany jest poziomem ciśnienia dźwięku (Lp). Dla decybeli obowiązują prawa logarytmicznego dodawania i odejmowania.

* 1. **dB(A)**

Jednostka używana do określenia ważonego poziomu ciśnienia dźwięku, który lepiej koresponduje subiektywnemu postrzeganiu jego głośności. Ważenie krzywą A obrazuje percepcję układu słuchowego, który jest znacznie mniej wrażliwy na dźwięki o wysokich i niskich częstotliwościach, niż na te mieszczące się w zakresie 500Hz – 4kHz.

* 1. **Izolacyjność akustyczna**

RW – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej

RA,1 – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C.

C – widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu nr 1 wg PN-EN ISO 717-1.

RA,2 – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny Ctr.

Ctr – widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu nr 2 wg PN-EN ISO 717-1.

RA,1,R – projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniającej widmowy wskaźnik adaptacyjny C.

R’A,1 , R’A,2 – Wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej, R’, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny

Ka - poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny R’A,1 (R’A,2)[dB] (Ka  ≥  0 dB) zależna od rodzaju przegrody rozdzielającej i przegród bocznych oraz od parametrów geometrycznych.

Ln,w – wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego Ln

Ln,w,R - wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego Ln,w

L’n,w – wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego L’n

* 1. **Czas pogłosu RT**

Czas pogłosu RT (ang.Reverberation Time) jest jednym z podstawowych kryteriów oceny jakości sal przeznaczonych zarówno dla przedstawień słownych jak i występów muzycznych. Jest to czas, w którym energia dźwiękowa zawarta w stanie ustalonym w pomieszczeniu od kulistego źródła dźwięku zmaleje po wyłączeniu tego źródła o 60 dB. Dla każdego pomieszczenia, w zależności od funkcji, jak też od jego objętości, zalecane są optymalne przedziały wartości czasu pogłosu i jego optymalna charakterystyka częstotliwościowa.

* 1. **Wskaźnik transmisji mowy STI, RaSTI**

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są STI i RaSTI. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie ( MTF – Modulation Transfer Function). Oprócz wartości STI w oktawach oblicza się wartość średnią STIśr.

RaSTI jest wskaźnikiem określającym zrozumiałość mowy na podstawie uproszonej metody pomiarowej parametru STI.

* 1. **Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych**
     1. **Wymagania**

Norma określająca wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, PN-B-02151-3:2015 [3], obowiązuje na podstawie [§326](https://www.ntlmk.com/norma-wewn326.htm) rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690) [10] wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Wymaganą izolacyjność akustyczną ścian zewnętrznych i stropodachów uzależnia się od miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu zewnętrznego występującego w odległości 2 m od fasady budynku na poziomie rozpatrywanego fragmentu przegrody zewnętrznej.

Jako miarodajny poziom hałasu zewnętrznego, pochodzącego od komunikacji drogowej i szynowej należy przyjmować długookresowy równoważny poziom dźwięku:

* Dla pory dnia LAeq,zew,D wyznaczony dla 16 h dnia (od godz. 6:00 do godz. 22:00), z uwzględnieniem wszystkich dni w roku.
* Dla pory nocy LAeq,zew,N wyznaczony dla 8 h nocy (od godz. 22:00 do godz. 6:00), z uwzględnieniem wszystkich nocy roku.

Zgodnie z normą PN-B-02151-03, w przypadku pomieszczeń z jedną przegrodą zewnętrzną wartość wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody zewnętrznej R’A,2 należy obliczyć z poniższego równania (1):

(1)

gdzie:

R’A,2 – wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody zewnętrznej,

LA,zew – miarodajny poziom hałasu zewnętrznego przy danej przegrodzie zewnętrznej,

LA,wew – poziom odniesienia do obliczenia izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej,

A – chłonność akustyczna pomieszczenia w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości f=500 Hz, bez wyposażenia pomieszczenia i obecności użytkowników,

S – pole rzutu powierzchni przegrody zewnętrznej w płaszczyznę fasady lub dachu widzianej od strony pomieszczenia.

(2)

V – objętość pomieszczenia,

T – przewidywany czas pogłosu, T, w pomieszczeniu, w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości f – 500 Hz.

Jeżeli pomieszczenie ma więcej niż jedną przegrodę zewnętrzną należy wyznaczyć izolacyjność akustyczną każdej z przegród indywidualnie, przestrzegając warunku, aby wypadkowy poziom hałasu zewnętrznego przenikającego do pomieszczenia przez wszystkie przegrody zewnętrzne nie przekroczył poziomu odniesienia LA,wew.

Poniższa tabela prezentuje wartości odniesienia w przypadku, gdy miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dotyczy wartości równoważnych LAeq, zew.

**Tabela 1** Poziom odniesienia LAeq,wew dotyczący miarodajnego równoważnego poziomu dźwięku A, hałasu zewnętrznego

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Rodzaj budynku | Rodzaj pomieszczenia | Poziom odniesienia LAeq,wew [dB] | |
| Dzień | Noc |
| Pomieszczenia według PN-B-02151-3:2015 [3] | | | | |
|  | Budynki biurowe | Pokoje biurowe | 40 | - |
|  | Gabinety dyrektorskie i inne pokoje do pracy koncepcyjnej | 35 | - |
|  | Wszystkie rodzaje budynków | Pomieszczenia administracyjne | 40 | - |
|  | Pomieszczenia do zajęć sportowych | 45 | - |
|  | Kawiarnie, restauracje | 40 | - |
|  | Sale wystawowe | 45 | - |
| Pozostałe pomieszczenia | | | | |
|  |  | Garderoba | 35 | - |
|  |  | Sala teatralna | 25 | - |
|  |  | Sala prób | 30 | - |

Bez względu na hałas zewnętrzny, izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej nie powinna być mniejsza niż R’A,2 = 30 dB. Wymaganie to nie dotyczy przegród zewnętrznych holi i pomieszczeń recepcji w hotelach, sal konsumpcyjnych kawiarni i restauracji i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu, dla których należy przyjąć, jako izolacyjność minimalną, wskaźnik oceny R’A,2 = 25 dB.

Wyznaczona izolacyjność od dźwięków powietrznych przegród zewnętrznych z oknami/drzwiami balkonowymi i elementami nawiewnymi jest izolacyjnością wypadkową i dotyczy następujących warunków eksploatacji tych przegród:

* Okna i drzwi balkonowe są zamknięte.
* Elementy nawiewne z możliwością regulowania przez użytkownika, ustawione są w pozycji „zamknięte”.
* Elementy nawiewne bez możliwości regulowania przez użytkownika, ustawione są w pozycji „otwarte”.
  + 1. **Część pełna przegród zewnętrznych**

Do obliczeń wskaźników wypadkowej izolacyjności akustycznej elewacji przyjęto wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej części pełnej przegrody RA,2,R odpowiadające zaprojektowanej ścianie zewnętrznej:

* Ściana z cegły ceramicznej o grubości 40 cm + tynk mineralny z aerożelem gr. 2cm. Prognozowana wartość projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA,2,R ≥ 54 dB,

Zgodnie z normą PN-B-02151-03:2015 [11] punkt 8.2 przy ocenie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych w budynku należy przyjąć, że wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na ich izolacyjność akustyczną jest pomijalny.

* + 1. **Stropodach**

Stropodach nad salą teatralną powinien posiadać izolacyjność akustyczną R'A2 ≥ 50 dB.

Poniższa tabela przedstawia zaprojektowane układy stropowe

**Tabela 2** Warstwy stropodachu nad salą teatralną (scena)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Lp. | Warstwa | Grubość [mm] |
|  | Pokrycie ze spadkiem – folia PCV lub papa | - |
|  | Wełna mineralna | 130 |
|  | Wełna mineralna | 130 |
|  | Warstwa spadkowa | - |
|  | Folia paroizolacyjna | - |
|  | Strop HC 32 | 320 |
|  | Tynk cementowo-wapienny | 15 |

**Tabela 3** Warstwy stropodachu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Lp. | Warstwa | Grubość [mm] |
|  | Blacha na rąbek | - |
|  | Deskowanie | 250 |
|  | Kontrłaty | 300 |
|  | Folia paroprzepuszczalna | - |
|  | Krokwie + wełna mineralna | 100 |
|  | Folia paroizolacyjna | - |
|  | Płyta GK na ruszcie systemowym | 15 |

* 1. **Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach**

Norma określająca wymagania w zakresie dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach, PN-B-02151-2:1987 [2], obowiązuje na podstawie [§326](https://www.ntlmk.com/norma-wewn326.htm) rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690) [10] wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Wymagania stawiane obiektowi są wypadkową założonych norm i standardów. Jako podstawę przyjęto wartości parametrów akustycznych zapewniające komfort akustyczny w obiekcie zgodnie z przeznaczeniem obiektu.

Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu instalacyjnego przenikającego do pomieszczeń chronionych dotyczy:

* Średniego poziomu dźwięku A dla hałasu ustalonego (hałas pochodzący od instalacji c.o., wentylacyjnej, stacji transformatorowej).
* Równoważnego i maksymalnego poziomu dźwięku A dla hałasu nieustalonego (hałas pochodzący od urządzeń dźwigowych, instalacji wodno-kanalizacyjnej ).

Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku A obowiązują przy następujących warunkach:

* Źródłem hałasu są instalacje nie regulowane i nie wyłączane z danego pomieszczenia.
* Źródłem hałasu nie są urządzenia będące wyposażeniem biura (np. komputery, drukarki itp.).
* Dopuszczalny poziom dźwięku A jest określony dla wnętrza pomieszczenia przy zamkniętych drzwiach i oknach, lecz przy zapewnieniu wymiany powietrza w pomieszczeniu zgodnie z wymaganiem określonym przez odrębne przepisy.
* Dopuszczalny poziom dźwięku A dotyczy pomieszczeń umeblowanych i wyposażonych zgodnie z ich przeznaczeniem.

Jeżeli pomieszczenia, dla których podano w tabelach dopuszczalne poziomy dźwięku tylko dla okresu dziennego są użytkowane również w nocy zgodnie ze swym przeznaczeniem, wówczas wymagania dla tych pomieszczeń należy traktować jako niezależne od pory doby przyjmując wartości jak dla dnia.

W poniższej tabeli przedstawiono dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987 [2].

**Tabela 4** Dopuszczalny poziom dźwięku A w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987 [2]

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Przeznaczenie pomieszczenia | Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego od wszystkich źródeł hałasu łącznie | | Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem | | | |
| LA eq[dB] | | LA eq[dB] | | LA max [dB] | |
| dzień | noc | dzień | noc | dzień | noc |
| Pomieszczenia administracyjne bez wewnętrznych źródeł hałasu | 40 | - | 35 | - | 40 | - |
| Pomieszczenia administracyjne z wewnętrznymi źródłami hałasu | 45 | - | 40 | - | 45 | - |
| Sale kawiarniane i restauracyjne | 50 | - | 45 | - | - | - |

Na podstawie norm oraz literatury specjalistycznej określono dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach chronionych akustycznie objętych zakresem opracowania. Poziom dźwięku pochodzący od instalacji nie może przekraczać wartości określonych w poniższej tabeli.

**Tabela 5** Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenie | Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego od wszystkich źródeł hałasu łącznie | Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem | |
| LA eq [dBA] | LA [dBA] | LA max [dBA] |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  | Garderoba/charakteryzatornia | 40 | 35 | 40 |
|  | Sala teatralna | 30 | 25 | 30 |
|  | Sala prób | 35 | 30 | 35 |
|  | Jadalnia | 50 | 45 | - |
|  | Pom. biurowe | 40 | 35 | 40 |
|  | Pom. realizatora | 35 | 30 | 35 |

* 1. **Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych**
     1. **Wymagania**

Norma określająca wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych, PN-B-02151-3:2015 [3], obowiązuje na podstawie [§326](https://www.ntlmk.com/norma-wewn326.htm) rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690) [10] wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Minimalne wymagania dotyczące parametrów przegród wewnętrznych w budynkach charakteryzuje norma PN-B-02151-3:2015 „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych” [3].

Izolacyjność przegród wewnętrznych od dźwięków powietrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według **Tabela 6**.

W odniesieniu do wszystkich przegród, z wyjątkiem drzwi, wymagania dotyczą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R’A,1 tj. wskaźnika izolacyjności uwzględniającej wpływ pośredniego, w tym bocznego przenoszenia dźwięku.

Izolacyjność akustyczna drzwi dotyczy projektowanego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej, RA,1,R, tj. wskaźnika izolacyjności od dźwięków powietrznych określonej na podstawie badań laboratoryjnych, zmniejszonego o 2 dB.

Dopuszczalny poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według **Tabela 7**.

Wymagania dotyczą ważonego wskaźnika przybliżonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego L’n,w tj. poziomu uwzględniającego wpływ bocznego przenoszenia dźwięku.

**Tabela 6** Wymagane wartości izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015 [3]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Rodzaj przegrody | Rodzaj wskaźnika | Wartość wskaźnika [dB] |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| II | Budynki biurowe | | |
|  | Ściany i drzwi | | |
| II.1 | - ściana bez drzwi między pokojami biurowymi oraz ściana między pokojami biurowymi a korytarzem | R’A,1 | ≥ 40 (≥ 35)f |
| II.2 | Ściana między pokojem biurowym a obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe) | | |
| II.2.1 | - ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami | R’A,1 | ≥ 40 (≥ 35)i |
| II.2.2 | - drzwi | RA,1,R | ≥ 30 |
| II.3 | Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej | | |
| II.3.1 | - ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami | R’A,1 | ≥ 50 |
| II.3.2 | - drzwi | RA,1,R | ≥ 40 |
| II.4 | - ściana między salami konferencyjnymi, w tym pomieszczeniami o podobnym przeznaczeniu | R’A,1 | ≥ 48 |
| II.5 | Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej | | |
| II.5.1 | - ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami | R’A,1 | ≥ 48 |
| II.5.2 | - drzwi | RA,1,R | ≥ 35 |
| II.6 | Ściana między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, a pomieszczeniami sanitarnymi | R’A,1 | ≥ 50 |
| II.7 | Ściana między zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez odrębnych użytkowników | R’A,1 | ≥ 50 |
| II.8 | Ściana między pokojem biurowym o różnym przeznaczeniu a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych | | |
| II.8.1 | - pomieszczeniem technicznym z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku | R’A,1 | Określić indywidualniea, przy zachowaniu warunku ≥ 55b |
| II.8.2 | - pomieszczeniem handlowym, usługowym (z wyjątkiem wymienionych w II.8.3.),  - salą klubową, kawiarnią, restauracyjną, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki | R’A,1 | Określić indywidualniea, przy zachowaniu warunku ≥ 55b |
| II.8.3 | - salą klubową, kawiarnianą, restauracyjną, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańcah  - pomieszczeniem usługowym, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy rodzaj prowadzonych zajęć ruchowych powodują powstawanie zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowychh | R’A,1 | Określić indywidualniea, przy zachowaniu warunku ≥ 60b |
|  | Stropy | | |
| II.9 | Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w II.1, II.3, i II.4 – w dowolnym układzie | R’A,1 | ≥ 50 |
| II.10 | Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w II.1, II.3 i II.4, a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych wyszczególnionymi w II.8 | - | Odpowiednio, jak w II.8 |
| a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane maksymalne poziomy hałasu w pomieszczeniu ze źródłami zakłóceń akustycznych.  b Równocześnie należy spełnić wymagania wg. PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu.  c W przypadku małych punktów handlowych typu kiosk przyjmuje się wartość R’A1 ≥ 53 dB.  d Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych.  e Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.  f Przy indywidualnym ustalaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń (np. uderzenia o podłogę, skoki, przesuwanie przedmiotów lub częste przemieszczanie się ludzi).  g Zalecana jest większa wartość.  h Wymaganie odnosi się do źródeł hałasu występujących w ciągu dnia.  i Dopuszcza się przyjęcie niższych wymagań w przypadku, gdy z uwagi na inne względy użytkowe wymaganie wartości R’A1 ≥ 40 dB powodowałoby istotne trudności techniczne. | | | |

**Tabela 7** Dopuszczalne poziomy dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015 [3]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Wymaganie | Wskaźnik L’n,w dB | |
| 1 | 2 | 3 | |
| II | Budynki biurowe | | |
| II.1 | Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, salami spotkań – w dowolnym układzie | ≤ 60 | |
| II.2 | Poziom dźwięków uderzeniowych do pomieszczeń wymienionych w II.1 z obszarów komunikacji ogólnej (korytarze, hole, podesty) | ≤ 58 | |
| II.3 | Poziom dźwięków uderzeniowych do pomieszczeń przeznaczonych do rozmów poufnych ze wszystkich innych pomieszczeń w budynku (z wyjątkiem wyszczególnionych w II.4) | ≤ 58 | |
| II.4 | Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń wyszczególnionych w II.1 i II.3 ze zlokalizowanych w budynku pomieszczeń ze źródłami zakłóceń akustycznych | | |
| II.41 | - z pomieszczenia technicznego z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku | Określić indywidualniea, przy zachowaniu warunku ≤ 48b | |
| II.4.2 | - z garażu, pomieszczenia handlowego,  - z sali klubowej, kawiarnianej, restauracyjnej, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca. | ≤ 53b | |
| II.4.3 | - z sali klubowej, kawiarnianej, restauracyjnej, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca,  - z pomieszczenia usługowego, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowychc powodują powstawanie zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowychd | Określić indywidualniea, przy zachowaniu warunku ≤ 43b | |
| II.5 | Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez różnych użytkowników | ≤ 53 | |
| II.6 | Budynki o przeznaczeniu mieszanym – poziom dźwięków uderzeniowych przenikających z części biurowej budynku do części o przeznaczeniu mieszkalnym | ≤ 48 | |
| a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane rodzaje źródeł zakłóceń akustycznych.  b Wymaganie dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu wg PN-B-02151-02 również powinno być spełnione.  c Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.  d Niezaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych  e Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń akustycznych.  f W szpitalach wymaganie należy zaostrzyć o 5 dB (tj. L’n,w ≤ 53 dB) w przypadku przenoszenia dźwięków uderzeniowych z izby przyjęć, łącznie z poczekalnia, do pomieszczeń łóżkowych  g Wymaganie dotyczy źródeł zakłóceń akustycznych występujących w ciągu dnia. | | |  |

Wymagania dla pomieszczeń nieobjętych zapisami normy [3] określono na podstawie literatury specjalistycznej.

* + 1. **Określenie wymagań w budynku**

Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej części pełnych przegród oraz drzwi przedstawiono rysunkach:

**AK01** – Rzut kondygnacji 1. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK02** – Rzut kondygnacji 2. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK03** – Rzut kondygnacji 3. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK04** – Rzut kondygnacji 4. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK05** – Rzut kondygnacji 5. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

* + 1. **Proponowane rozwiązania – przegrody pionowe**

Ocenie podlega część pełna przegrody. Wszystkie przegrody powinny zostać wykonane zgodnie z zalecaniami systemowymi. Należy uwzględnić wszystkie wytyczne zawarte w rozdziale „Wytyczne branżowe”. Wszystkie przegrody muszą być wykonane od stropu do stropu. W analizie nie uwzględniono wpływu wyposażenia oraz zabudowy meblowej w pomieszczeniach.

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród między pomieszczeniami oraz proponowane rozwiązanie pozwalające spełnić wymagania.

Rozwinięcia skrótów rozwiązań projektowych w dalszej części opracowania.

**Tabela 8** Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych pionowych

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenie 1 | Pomieszczenie 2 | Wymagania,  R’A1 [dB] | Zalecane rozwiązanie | Uwagi |
|  | Sala teatralna | Komunikacja, foyer | ≥ 58 | MC46, MC72 |  |
|  | Pom. sanitarne | ≥ 58 | MC46 | - 1 |
|  | Pom. techników | ≥ 50 | GK150A | - 1 |
|  | Pom. realizatorów | ≥ 58 | MC50 |  |
|  | Sala prób | Pom. sanitarne | ≥ 55 | MC40 | - 1 |
|  | Pom. techniczne | ≥ 60 | MC40+SM25 | - 1 |
|  | Komunikacja | ≥ 55 | MC30 |  |
|  | Garderoba/charakteryzatornia | Komunikacja | ≥ 40 | MC42, MS12 |  |
|  | Garderoba/charakteryzatornia | ≥ 40 | MC30 |  |
|  | Pom. sanitarne | ≥ 50 | GK150A |  |
|  | Pom. techników | Sala teatralna | ≥ 50 | GK150A | - 1 |
|  | Komunikacja | ≥ 50 | SM18A, MC50, MC68 |  |
|  | Foyer | ≥ 50 | GK150A |  |
|  | Realizatorzy | Komunikacja | ≥ 40 | MS12 |  |
|  | Pom. socjalne | ≥ 40 | MC30 |  |
|  | Pom. porządkowe | ≥ 40 | MS12 |  |
| 1 Niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji wentylacyjnej przez przegrodę  2 Wymaganie należy odczytać z rysunków | | | | | |

Wszystkie przegrody należy wykonywać zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w rozdziale 5.7 niniejszego opracowania.

Niżej przedstawiona jest propozycja rozwiązań pozwalających spełnić wymagania dotyczące izolacyjności od dźwięków powietrznych.

* **MS12**

Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 12 cm, tynkowana o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA,1,R=45 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 3 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 42 dB.

* **MC30**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 30 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi RA,1,R=53 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 3 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 50 dB.

* **MC40**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 40 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi RA,1,R=57 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 2 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 55 dB.

* **MC40+SM25**

Przegroda składająca się z ściany murowanej tynkowanej z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 40 cm oraz ściany murowanej tynkowanej z bloczków silikatowych o grubości 25 cm i ciężarze powierzchniowym m’ >= 380 kg/m2. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że dla całej przegrody wynosi RA,1,R=64 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 3 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 61 dB.

* **MC42**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 42 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi RA,1,R=58 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 2 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 56 dB.

* **MC46**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 46 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi RA,1,R=60 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 2 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 58 dB.

* **MC50**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 50 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi RA,1,R=60 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 2 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 58 dB.

* **MC68**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 68 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi RA,1,R=65 dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'A1 przyjęto K = 2 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi R'A1 = 63 dB.

* + - **GK150A**

Ściana wykonana w technologii suchej zabudowy o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA,1,R ≥ 60 dB, np. ściana w konstrukcji opartej na profilu 100 mm z wypełnieniem wełną mineralną (100 mm) i obustronnym poszyciem 2 x GK Akustyczna 12,5 mm (m’ ≥ 12 kg/m2 każda).

* + 1. **Proponowane rozwiązania – przegrody poziome**

Wszystkie przegrody powinny zostać wykonane zgodnie z zalecaniami systemowymi. Należy uwzględnić wszystkie wytyczne zawarte w rozdziale „Wytyczne branżowe”. W analizie nie uwzględniono wpływu wyposażenia oraz zabudowy meblowej w pomieszczeniach.

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród poziomych między pomieszczeniami oraz proponowane rozwiązanie pozwalające spełnić wymagania.

Rozwinięcia skrótów rozwiązań projektowych w dalszej części opracowania.

**Tabela 9** Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych poziomych

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenie 1 | Pomieszczenie 2 | Wymagania | | Rozwiązanie | Uwagi |
| R’A1 [dB] | L’n,W [dB] |
|  | Sala teatralna | Pom. realizatorów | ≥ 60 | ≤ 45 | SK+SP+PP |  |
|  | Jadalnia | ≥ 60 | ≤ 45 | SK+SP+PP |  |
|  | Magazyn rekwizytów | ≥ 48 | ≤ 45 | SŻ8+PP |  |
|  | Garderoba | Magazyn | ≥ 50 | ≤ 60 | SS20+5, SS16+6 |  |
|  | Garderoba | ≥ 50 | ≤ 60 | SS20+5, SK+SP |  |
|  | Realizatorzy | ≥ 50 | - | SS16+6 |  |
|  | Pom. techników | Komunikacja | ≥ 48 | - | SŻ8+PP |  |
|  | Sala prób | Magazyn | ≥ 55 | ≤ 58 | SS16+6 |  |

Wszystkie przegrody należy wykonywać zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w rozdziale tego opracowania.

Niedopuszczalne jest sztywne połączenie warstw podłogi pływającej ze ścianami. Należy wykonać dylatację min. 2 cm z wypełnieniem gęstą wełną mineralną lub matą trwale elastyczną.

Niedopuszczalne jest sztywne połączenie warstw wykończeniowych ze ścianami/cokołami. Należy stosować spoiwa (np. fugi) elastyczne.

Niżej przedstawiona jest propozycja rozwiązań pozwalających spełnić wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej.

* + - **SŻ8+PP**

Strop żelbetowy krzyżowy o grubości min. 8 cm wraz z warstwami podłogowymi o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej szacuje się na RA,1,R ≥ 48 dB. . Na stropie ułożona podłoga pływająca zapewniającą tłumienie dźwięków uderzeniowych ΔLw ≥ 34 dB.

* + - **SS16+6**

Strop sprężony RECTOR o grubości min. 16+6 cm wraz z warstwami podłogowymi o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA,1,R ≥ 60 dB.

* + - **SS20+5**

Strop sprężony RECTOR o grubości min. 20+5 cm wraz z warstwami podłogowymi o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA,1,R ≥ 59 dB.

* + - **SK+SP**

Istniejący strop Kleina ciężki wraz z warstwami podłogowymi. Pod stropem należy dodać sufit podwieszany składający się z 2x GK 12,5mm + 50mm wełny mineralnej.

* + - **SK+SP+PP**

Istniejący strop Kleina ciężki wraz z warstwami podłogowymi. Pod stropem należy dodać sufit podwieszany składający się z 2x GK 12,5mm + 50mm wełny mineralnej. . Pod stropem należy dodać sufit podwieszany składający się z 2x GK 12,5mm + 50mm wełny mineralnej. Na stropie ułożona podłoga pływająca zapewniającą tłumienie dźwięków uderzeniowych ΔLw ≥ 34 dB.

* + 1. **Izolacyjność akustyczna drzwi wewnętrznych**

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności oraz klasy akustycznej drzwi (RA,1,)

**Tabela 10** Wymagana izolacyjność akustyczna drzwi

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenie 1 | Pomieszczenie 1 | Wymaganie, RA,1 [dB] |
|  | Garderoby | Komunikacja | ≥ 37 |
|  | Sala teatralna\* | Komunikacja | ≥ 42\* |
|  | Sala prób | Komunikacja | 2 x ≥ 42 |
|  | Pom. techników | Komunikacja | ≥ 42 |
|  | Realizatorzy | Komunikacja | ≥ 32 |

\*- drzwi między Foyer a Salą teatralną na wniosek konserwatora nie są wymieniane. Drzwi należy wyregulować i uszczelnić.

W przypadku drzwi objętych wymaganiami akustycznymi niedopuszczalne jest stosowanie skrzydeł drzwiowych ze szczeliną (podcięciem) wentylacyjną. Ewentualną wentylację należy rozwiązać z wykorzystaniem kratek przepływowych tłumiących dźwięk o wartości tłumienia większej lub równej wartości wymaganej izolacyjności akustycznej przegrody, w której element będzie instalowany.

W przypadku układu dwóch drzwi przestrzeń między drzwiami (ościeża) należy zabezpieczyć materiałem przepuszczającym powietrze (np. tkanina, płyta perforowana). Niedopuszczalny jest montaż zabezpieczenia łączący w sposób sztywny dwie niezależne ściany, w których osadzone są drzwi.

* + 1. **Izolacyjność akustyczna okien wewnętrznych**

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności okien.

**Tabela 11** Wymagana izolacyjność akustyczna okien wewnętrznych

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenie 1 | Pomieszczenie 1 | Wymagana izolacyjność akustyczna, RW [dB] |
|  | Sala teatralna | Pom. techników | ≥ 42 1 |
| 1 Odchylenie powierzchni szkła od pionu musi wynosić min. 10°. | | | |

W przypadku układu dwóch okien przestrzeń między oknami (ościeża) należy wykończyć materiałem dźwiękochłonnym przepuszczającym powietrze (np. wełna mineralna o grubości min. 5 cm + tkanina, płyta perforowana). Niedopuszczalny jest montaż zabezpieczenia łączący w sposób sztywny dwie niezależne ściany, w których osadzone są okna.

* 1. **Szachty instalacyjne**

Ściany szachtów instalacyjnych muszą charakteryzować się wskaźnikiem oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA,1 ≥ 45 dB oraz spełniać warunki określone w.

Dwie prostopadłe względem siebie ściany szachtu zaleca się wykończyć wełną mineralną o grubości min. 50 mm zabezpieczoną welonem szklanym. Należy zminimalizować otworowanie ścian szachtów. Wszelkie przejścia instalacyjne należy prowadzić z wykorzystaniem systemów przeciwdrganiowych ze szczelnym wypełnieniem wszystkich szczelin masą trwale elastyczną.

* 1. **Pomieszczenia techniczne**

Podłoga: Należy wykonać podłogę pływająca z warstwą sprężystą w formie wełny mineralnej o grubości 40 mm o wartości sztywności dynamicznej SD ≤ 20 MN/m3 oraz warstwą dociskową w formie wylewki zbrojonej o grubości min. 70 mm.

Izolacyjność akustyczna drzwi: Drzwi o izolacyjności akustycznej RA,1,R ≥ 40 dB.

Wibroizolacja: Urządzenia muszą posiadać systemowe rozwiązania wibroizolacyjne o skuteczności tłumienia drgań D ≥ 90%.

1. **Akustyka Wnętrz**
   1. **Wymagania**

Norma określająca wymagania PN-B-02151-4:2015 obowiązuje na podstawie [§326](https://www.ntlmk.com/norma-wewn326.htm) rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Norma PN-B-02151-4 określa wymagania dotyczące:

* Warunków pogłosowych w pomieszczeniach budynków zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej, wyrażone za pomocą maksymalnego czasu pogłosu T lub minimalnej chłonności akustycznej A oraz
* Wymagania dotyczące zrozumiałości mowy w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej, wyrażone za pomocą wskaźnika transmisji mowy STI.

Wymagania dotyczące czasu pogłosu T oraz wskaźnika transmisji mowy STI w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej podano w 0. Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, umeblowanych w sposób typowy dla przeznaczenia, bez obecności ludzi.

Podane w 0 wymagania dotyczące czasu pogłosu T dla sal konferencyjnych należy spełnić, uwzględniając poniższe warunki:

* Wartości czasu pogłosu T w pomieszczeniu odnoszą się do każdego oktawowego pasma o środkowej częstotliwości f wynoszącej 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz; 4000 Hz i 8000 Hz.
* W paśmie o środkowej częstotliwości f = 125 Hz wartość czasu pogłosu T może być do 30 % większa od wartości podanej w 0 dla danego pomieszczenia.

Podane w 0 wymagania dotyczące czasu pogłosu T dla pokoi biurowych należy spełnić, uwzględniając poniższe warunki:

* Wartości czasu pogłosu T w pomieszczeniu odnoszą się do każdego oktawowego pasma o środkowej częstotliwości f wynoszącej 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz i 4000 Hz.

**Tabela 12** Czas pogłosu T i wskaźnik transmisji mowy STI w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenie | | Wymaganie | |
| Rodzaj pomieszczenia | Kubatura pomieszczenia V [m3] | Czas pogłosu T [s] | Wskaźnik transmisji mowy STI |
| 1.1 | Sale rozpraw sądowych, sale konferencyjne, audytoryjne i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu | ≤ 500 | ≤ 0,8 | ≥ 0,60 |
| 1.2 | Od 500 do 2000 | ≤ 1,0 |
| 1.3 | > 2000 | Określić indywidualnie | Określić indywidualnie |
| 2 | Sale i pracownie szkolne, sale audytoryjne, wykładowe w szkołach podstawowych, średnich i wyższych i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu | ≤ 120 m3 | ≤ 0,6 | - |
| Od 120 do 250 m3 | ≤ 0,6 | ≥ 0,60 |
| Od 250 do 500 m3 | ≤ 0,8 |
| Od 500 do 2000 m3 | ≤ 1,0 |
| >2000 m3 | Określić indywidualnie | Określić indywidualnie |
| 3 | Atria, hole, foyer i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu, wielokondygnacyjne strefy komunikacyjnej ogólnej w centrach handlowych | ≤ 4,0 m | ≤ 1,2 | - |
| Od 4,0 m do 16,0 m | ≤ 1,5 | - |
| > 16 m | ≤ 1,8 | - |
| 4 | Pokoje biurowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu | - | ≤ 0,6 | - |
| 5 | Sale konsumpcyjne w restauracjach | - | Określić indywidualnie | - |

* + 1. **Wymagania: Sala teatralna**

Sala teatralna ma kubaturę około 2256 m3 i posiada 283 miejsca siedzące.

Poniższa tabela przedstawia wytyczne literaturowe dla funkcji teatralnej w zakresie optymalnego czasu pogłosu w pomieszczeniu o kubaturze 2256 m3.

**Tabela 13** Optymalny czas pogłosu w pomieszczeniu o kubaturze 2256 m3 o funkcji teatralnej według danych literaturowych

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Funkcja | Źródło | Optymalny czas pogłosu [s] |
|  | Przedstawienia teatralne, przedstawienia kabaretowe | L. Conturie [12] | 0,98 |
|  | TGL 10687/04 [13] | 1,18 |
|  | Ahnert i Tennhardt [17] | 1,08 |
|  | M.D. Egan [14] | 1,1 |

Biorąc pod uwagę dane literaturowe oraz wymagania użytkownika przyjęto, że optymalny czas pogłosu w sali teatralnej powinien wynosić 1,1 s.

W celu zapewnienie odpowiedniej zrozumiałości mowy średnia wartość wskaźnika transmisji mowy powinna spełniać warunek STI ≥ 0,6.

Tabela 14 przedstawia zakres tolerancji odchyleń od projektowanej wartości czasu pogłosu.

**Tabela 14**Zakres tolerancji odchyleń od projektowanego czasu pogłosu

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Zakres tolerancji | +40% / -20% | +20% / -20% | +20% / -20% | +20% / -20% | +20% / -20% | +20% / -40% |

* 1. **Analiza akustyczna: Sala teatralna**
     1. **Rozwiązania projektowe**

W celu zapewniania odpowiednich warunków akustycznych w sali projektuje:

* **Ściany tylne widowni:** A100, wełna mineralna o grubości min. 10 cm (gęstość: 50kg/m3 ± 20 kg/m3) zabezpieczona tkaniną przezierną akustycznie (opór przepływu powietrza Rs ≤ 600 Pa\*s/m), min. 41,6 m2;
* **Ściany boczne widowni:** A100, wełna mineralna o grubości min. 10 cm (gęstość: 50kg/m3 ± 20 kg/m3) zabezpieczona tkaniną przezierną akustycznie (opór przepływu powietrza Rs ≤ 600 Pa\*s/m) na powierzchniach nad stiukiem, min. 93,8 m2;
* **Sufit widowni****:** S1sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A w korytarzu wejściowym, min. 3,8 m2;
* **Ściany sceny:** A100, dwie prostopadłe względem siebie ściany na poziomie pomostów technicznych należy wykończyć wełną mineralną o grubości min. 10 cm (gęstość: 50kg/m3 ± 20 kg/m3), wysokość 2m, zabezpieczoną panelami perforowanymi (np. blacha, sklejka) o stopniu perforacji min. 20 %, min. 66,8 m2; na tylnej ścianie kotara K1, drapowanie 1/2, min. 68 m2.
* **Sufit sceny:** S1sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A, min. 78 m2 np. wełna mineralna o grubości min. 10cm;
* **Ściany kieszeni bocznych:** A1materiał dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A na krótszej ścianie, min. 9 m2;
* **Podłoga widowni:** twarde pokrycie podłogowe, np. parkiet drewniany.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych przedstawiono w sposób graficzny w dalszej części opracowania.

* + 1. **Dobór foteli**

W poniższej tabeli określono optymalne wartości pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku projektowanych foteli.

**Tabela 15**Optymalne pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku foteli z publicznością

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| αp (z widzem) | 0,35 | 0,60 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,65 |
| αp (bez widza) | 0,25 | 0,40 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |

Tolerancja dla powyżej przyjętego współczynnika to +/- 0,05.

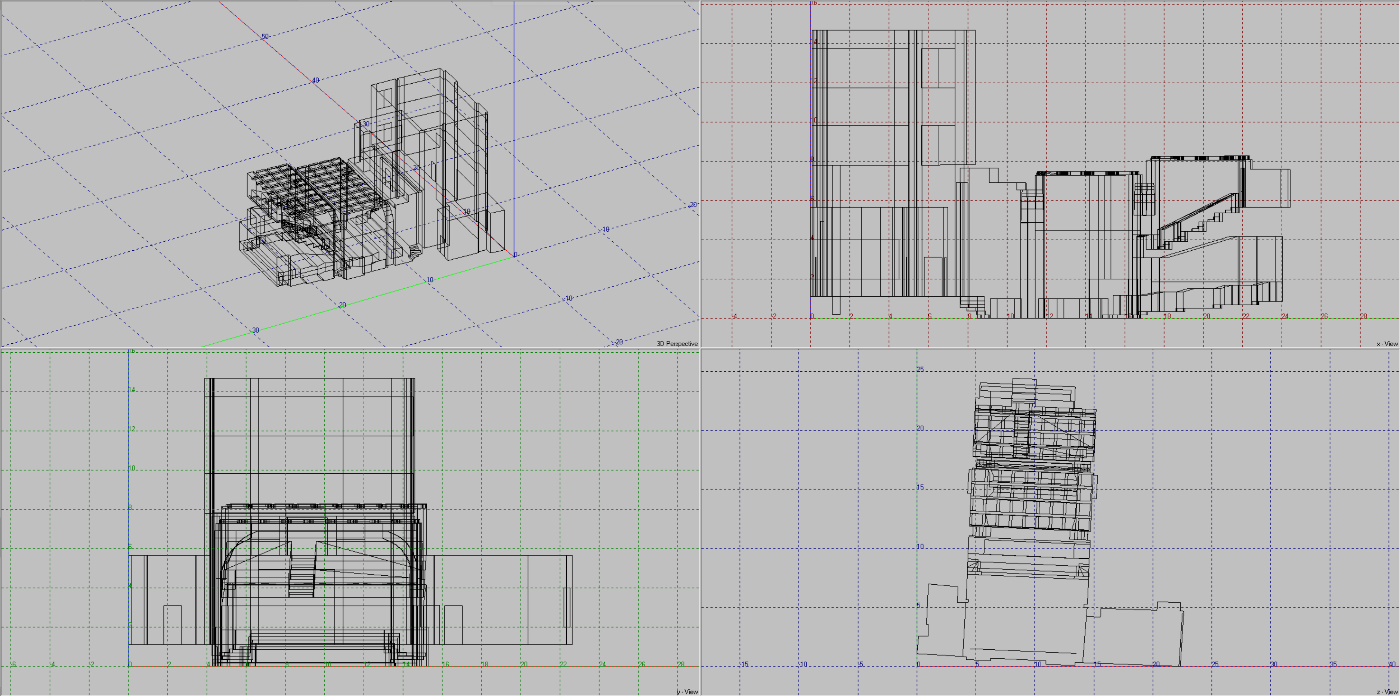
Przed montażem foteli wykonawca musi przedstawić projektantowi do akceptacji raport z pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku wyznaczonego według PN-EN ISO 354:2005.

Ewentualna zmiana wartości pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku foteli jest dopuszczalna po etapie strojenia akustycznego sali.

* + 1. **Model akustyczny**

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.4. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 2256 m3, powierzchnia efektywna to: 2024 m2.

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



**Rysunek 1**Geometria modelu numerycznego analizowanej sali

* + 1. **Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych**

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem architektury dostarczonym przez zamawiającego.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.4, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów. Przedstawione w poniższej tabeli wartości powierzchni są powierzchniami przyjmowanymi do modelu akustycznego i mogą różnić się od wartości rzeczywistych.

**Tabela 16**Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów przyjętych do symulacji

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Materiał | Kolor | S [m2] | Współczynnik pochłaniania dźwięku, α, w pasmach oktawowych o środkowej częstotliwości, f [Hz] | | | | | |
| 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Powierzchnia twarda, tynkowana/malowana |  | 897,3 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| Podłoga drewniana |  | 245 | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| Drzwi pełne |  | 27,5 | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| Materiał dźwiękochłonny o klasie pochłaniania A |  | 91 | 0,45 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,80 |
| Fotele (z widzami) |  | 230 | 0,35 | 0,60 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,65 |
| Okładzina ścienna A100 |  | 204,8 | 1,00 | 1,00 |  | 0,95 | 0,93 | 0,92 |
| Obudowa balkonu widowni |  | 92 | 0,15 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| Okno |  | 3,4 | 0,23 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,02 |
| Okotarowanie sceny |  | 68 | 0,05 | 0,25 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,50 |
| Stiuk |  | 72,4 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Obudowa grzejnika |  | 1,6 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  | |

**Rysunek 2**Graficzne rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w sali.

* + 1. **Wyniki symulacji akustycznej**

Symulacja akustyczna została przeprowadzona metodą geometryczną z wykorzystaniem modułu AURA. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Jako źródło dźwięku przyjęto źródło wszechkierunkowe na wysokości 1,5 m na posadzką zlokalizowane na scenie. Analizę przeprowadzono dla sali z ludźmi.

Parametry symulacji:

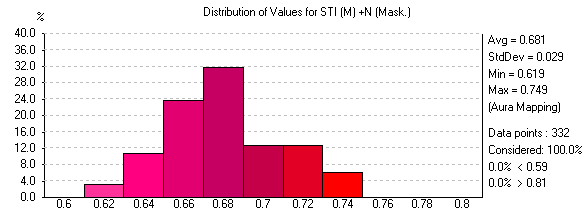
* Rozdzielczość (patch size): 1,00
* Liczba cząstek (particles): 162000,
* Długość śledzenia (length): 1060 ms,
* Domyślna wartość rozproszenia: 10%

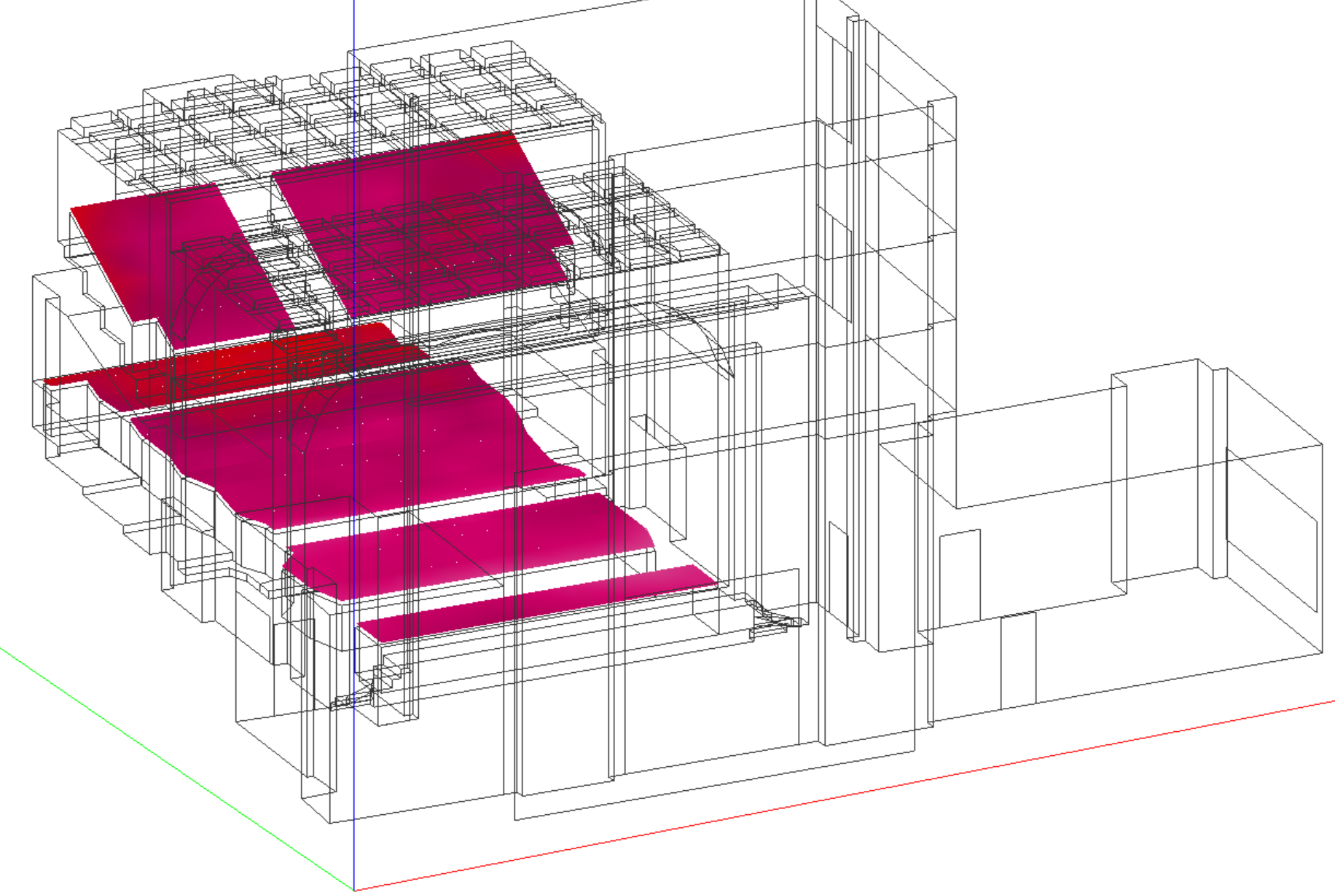
Niżej przedstawione zostały wyniki symulacji akustycznej.

**Tabela 17**Średnie wartości wyników symulacji

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pomieszczenia | Parametr | Wartość średnia |
| Sala teatralna | Czas pogłosu RT60 (125-4000 Hz) | 1,04 s |

**Rysunek 3**Charakterystyka uzyskane w wyniku symulacji czasu pogłosu (T30) w funkcji częstotliwości





**Rysunek 4**Histogram oraz rozkład przestrzenny wskaźnika transmisji mowy STI

* 1. **Analiza akustyczna: 2.24 Sala prób**
     1. **Rozwiązania projektowe**

W celu zapewniania odpowiednich warunków akustycznych w sali projektuje:

**Podłoga:** parkiet drewniany lub inne twarde pokrycie podłogowe,

**Sufit:** : sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A na całej powierzchni sufitu

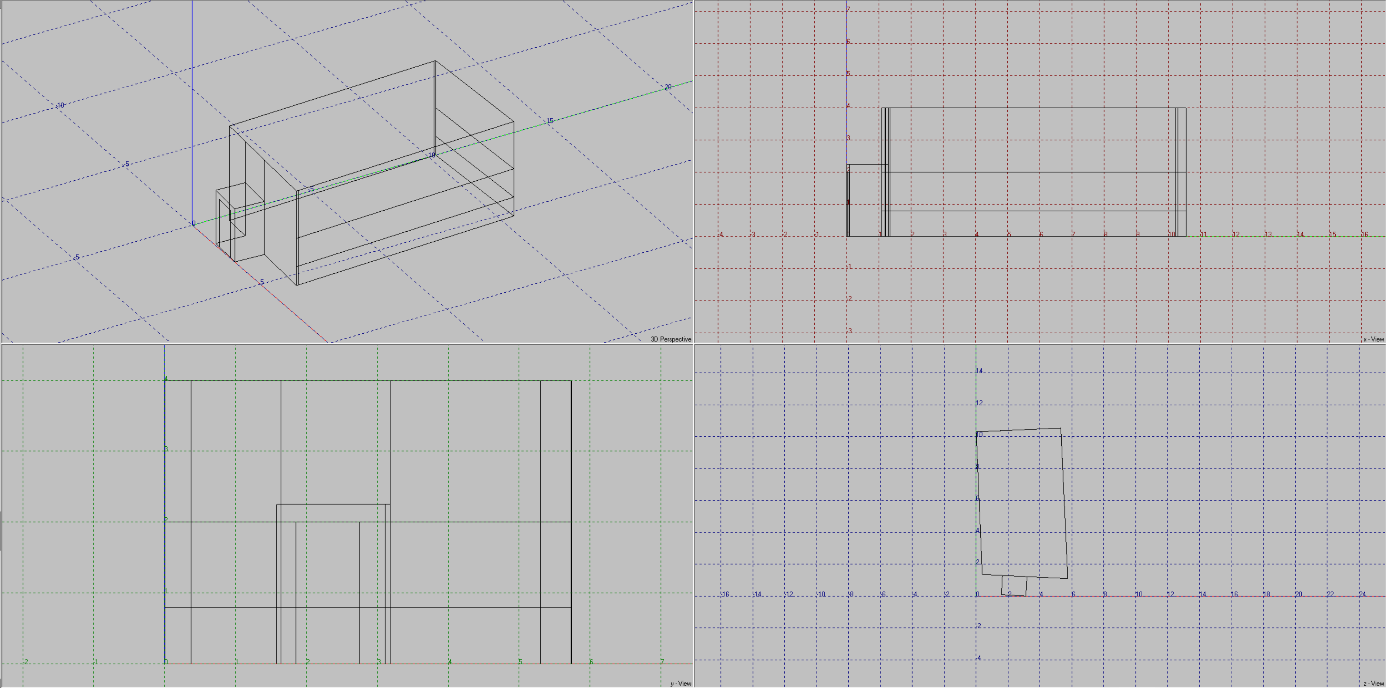
**Ściany:** materiał dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A na dwóch prostopadłych ścianach w pasie od 0,8 – 2 m od powierzchni posadzki, min. 17,5 m2

Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych została przedstawiana w dalszej części opracowania.

* + 1. **Model akustyczny**

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.4. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 200,5 m3, powierzchnia efektywna to: 223,6 m2.

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



**Rysunek 5**Geometria modelu numerycznego analizowanej sali

* + 1. **Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych**

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem architektury dostarczonym przez zamawiającego.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.4, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów. Przedstawione w poniższej tabeli wartości powierzchni są powierzchniami przyjmowanymi do modelu akustycznego i mogą różnić się od wartości rzeczywistych.

**Tabela 18**Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów przyjętych do symulacji

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Materiał | Kolor | S [m2] | Współczynnik pochłaniania dźwięku, α, w pasmach oktawowych o środkowej częstotliwości, f [Hz] | | | | | |
| 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Ściana tynkowa/malowane |  | 68,2 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| Szklenie |  | 35,5 | 0,34 | 0,25 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | 0,04 |
| Twarde pokrycie podłogowe |  | 50,93 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Drzwi pełne |  | 1,8 | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| Sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania A, S1 |  | 49 | 0,48 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,80 |
| Ustrój akustyczny, A1 |  | 17,6 | 0,48 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,80 |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

**Rysunek 6**Graficzne rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w sali (kotary zwinięte).

* + 1. **Analiza warunków pogłosowych**

Symulacja akustyczna została przeprowadzona metodą geometryczną z wykorzystaniem modułu AURA. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Jako źródło dźwięku przyjęto głośnik wszechkierunkowy na wysokości 1,5 m na posadzką

Parametry symulacji:

* Rozdzielczość (patch size): 1,00
* Liczba cząstek (particles): 14000,
* Długość śledzenia (length): 740 ms,
* Domyślna wartość rozproszenia 10%

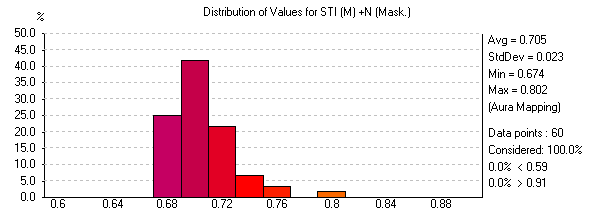
Niżej przedstawione zostały wyniki symulacji akustycznej.

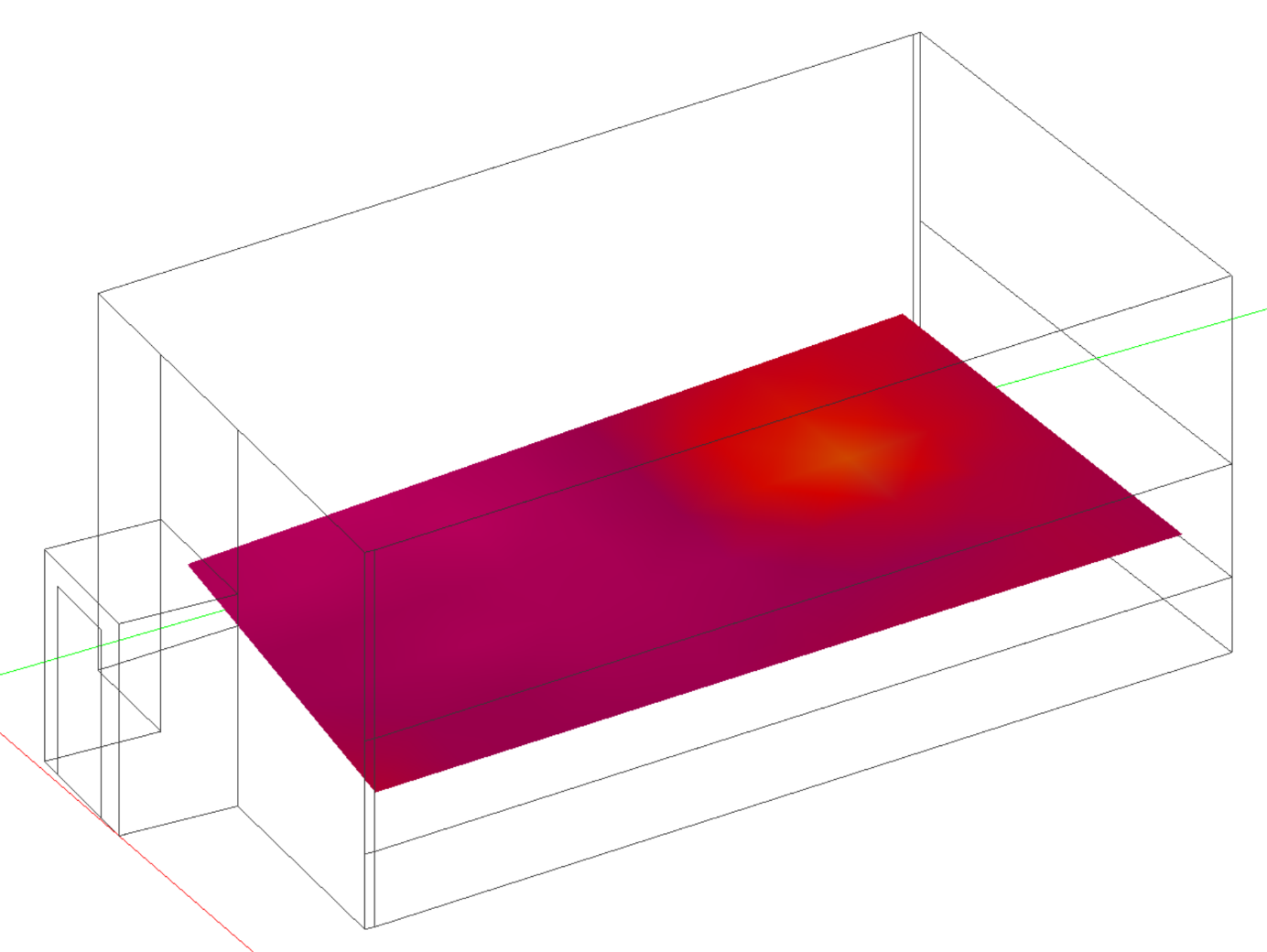
**Tabela 19**Średnie wartości wyników symulacji

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Pomieszczenia | Parametr | Wartość średnia |
| 1 | 1.03 Sala prób | Czas pogłosu, T30, (100 Hz – 10000 Hz | 0,64 s |

Poniższy rysunek przedstawia wyznaczony czas pogłosu w analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z limitem górnym.

**Rysunek 7**Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości





**Rysunek 8**Histogram oraz rozkład przestrzenny wskaźnika transmisji mowy STI

* 1. **Zestawienie wymagań**

Poniższa tabela przedstawia wymagany czas pogłosu oraz wskaźnik transmisji mowy, STI, w pomieszczeniach objętych zakresem inwestycji określony na podstawie normy PN-B-02151-4 oraz literatury specjalistycznej.

**Tabela 20** Wymagany czas pogłosu w projektowanych pomieszczeniach

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Nazwa pomieszczenia | Czas pogłosu [s] | Wskaźnik transmisji mowy STI |
| 1 | Sala teatralna | 1,3 | ≥ 0,60 |
| 3 | Sala prób | 0,7 | ≥ 0,60 |
| 4 | Foyer | ≤ 1,2 | - |

* 1. **Rozwiązania projektowe – pomieszczenia pozostałe**

Tabela 21 przedstawia rozwiązania adaptacji akustycznej pomieszczeń zapewniające spełnienie wymagań postawionych w 5.1.

**Tabela 21**Rozwiązania adaptacji akustycznej pomieszczeń

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Numer | Nazwa pomieszczenie | Proponowane rozwiązanie |
| 1 | 0.17; 1.11 | Foyer + antresola | Sufit   * sufit dźwiękochłonny o wartości ważonego wskaźnika pochłaniania dźwięku αw ≥ 0,60 |
| 2 | 2.20; 2.22 | Pom. techników | Sufit   * S1 – pełna powierzchnia   Ściany   * A50 – ściana tylna, ściany boczne, pełna powierzchnia |

Ustroje należy rozmieszczać równomiernie na wskazanych powierzchniach.

* 1. **Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych**

Użyte w dokumentach nazwy materiałów i urządzeń lub jakichkolwiek wyrobów czy produktów służą jedynie określeniu pożądanego standardu wykonania i określenia właściwości oraz wymogów techniczno - użytkowych założonych w dokumentacji technicznej dla danego typu rozwiązań.  
Za równoważne Zamawiający uzna takie, które charakteryzują się właściwościami funkcjonalnymi i jakościowymi takimi samymi lub zbliżonymi do tych, które zostały określone, lecz oznaczone innym znakiem towarowym, patentem lub pochodzeniem.

**Tabela 22** Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Lp. | Element | Opis |
| 1 | S1 | Sufit o klasie pochłaniania dźwięku A. Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku αp:  125 Hz ≥ 0,40  250 Hz ≥ 0,80  500 Hz ≥ 0,90  1000 Hz ≥ 0,90  2000 Hz ≥ 0,90  4000 Hz ≥ 0,90 |
| 2 | A1 | Ustrój akustyczny o klasie pochłaniania dźwięku A Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku αp:  125 Hz ≥ 0,40  250 Hz ≥ 0,80  500 Hz ≥ 0,90  1000 Hz ≥ 0,90  2000 Hz ≥ 0,90  4000 Hz ≥ 0,90 |
| 3 | A50 | Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości. Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 50 mm (gęstość: 50kg/m3 ±10 kg/m3) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze 400 g/m2 ± (10 %) i Rs ≤ 600 kg/sm2. Dopuszcza się zabudowę listwami drewniany przy spełnieniu warunku perforacji ≥ 50% oraz szerokość list nie może być większa niż 4 cm. |
|  | A100 | Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości. Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 100 mm (gęstość: 50kg/m3 ±10 kg/m3) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze 400 g/m2 ± (10 %) i Rs ≤ 600 kg/sm2. Dopuszcza się zabudowę listwami drewniany przy spełnieniu warunku perforacji ≥ 50% oraz szerokość list nie może być większa niż 4 cm. |

Wszystkie elementy muszą spełniać wymogi przeciwpożarowe.

Kolorystyka i wykończenie powinna zostać uzgodniona z projektantem architektury.

Każda zmiana materiałowa musi być konsultowana i zatwierdzona przez projektanta akustyki.

* 1. **Wytyczne branżowe**
     1. **Budowlane**
* Wszelkie przegrody objęte wytycznymi akustycznymi, szczególnie w technologii suchej zabudowy, należy wykonywać od stropu do stropu ze szczelnym wypełnieniem pustych przestrzeni.
* Podłogi pływające należy wykonywać wewnątrz pomieszczeń, po podziale ścianami.
* Wszelkie otwory po szalunkach należy uzupełnić zaprawą.
* Wszelkie łączenia przegród należy całkowicie wypełnić zaprawą (szczególnie w spoinach pionowych). W systemach murowanych z elementów zazębiających się i bez konieczności wypełniania zaprawą styków pionowych należy bezwzględnie zachować określone przez producenta maksymalne szerokości odstępów pionowych.
  + 1. **Instalacje wentylacyjne**
* Należy zastosować odpowiednie tłumiki oraz kanały tłumiące tak, aby spełnić wymogi dotyczące tła akustycznego w pomieszczeniach (**Error! Reference source not found.**) oraz zredukować ewentualne przesłuchy, mające wpływ na izolacyjność akustyczną, między pomieszczeniami chronionymi akustycznie,
* W instalacji obsługującej salę widowiskową szybkość przepływu powietrza nie powinna przekraczać:
  + w kanałach głównych 6,5 m/s,
  + w odgałęzieniach 5 m/s,
  + na kratkach 3 m/s.
* Wszelkie instalacje systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
* Wszelkie urządzenia systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań D ≥ 90%) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
* W okolicach przejść przez przegrody sal chronionych akustycznie należy unikać stosowania kanałów wentylacyjnych miękkich oraz wykonanych ze sprasowanej wełny mineralnej. Rozwiązania z zastosowanie tych systemów powinny być skonsultowane z akustykiem,
* Niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji tranzytowo przez pomieszczenia chronione akustycznie,
* Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje,
* Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo,
* Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
  + 1. **Instalacja C.O. C.W i węzłów cieplnych**
* Łączenia urządzeń systemów instalacji sanitarnych z siecią przewodów, rur, kanałów należy wykonywać z wykorzystaniem wstawek amortyzujących,
* Posadowienia pomp na masywnych fundamentach całkowicie odylowanych od konstrukcji budynku lub w ostateczności na specjalnie przygotowanej podłodze.
* Wszelkie instalacje należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków elastycznych zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
* Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji (rur) do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
* Wszelkie należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań D ≥ 90%) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
* W obrębach sal chronionych akustycznie należy stosować instalacje niskoszumowe,
* W celu wyeliminowanie hałasu pochodzącego od części instalacji c.o. prowadzonej poza pomieszczeniem węzła cieplnego należy montować przy grzejnikach zawory termostatycznych o nowoczesnej konstrukcji, zawory odpowietrzający, na pionach c.o. automatyczne odpowietrzniki,
* Należy ograniczyć gwałtowne zmiany prowadzenia instalacji na pionach,
* Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo (elastyczne przejścia rur przez przegrody),
* Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje.
  + 1. **Instalacja wodno - kanalizacyjna**
* Wszelkie instalacje systemów hydraulicznych należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
* Wszelkie urządzenia systemów hydraulicznych należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań D ≥ 90%) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
* Należy stosować izolację akustyczną pionów kanalizacyjnych z PCV
* W obrębach sal chronionych akustycznie należy stosować instalacje niskoszumowe,
* Należy unikać prowadzenia instalacji tranzytowo przez pomieszczenia chronione akustycznie,
* Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje,
* Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo (elastyczne przejścia rur przez przegrody),
* Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji (rur) do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
* Należy ograniczyć gwałtowne zmiany prowadzenia instalacji na pionach,
* ograniczenie ciśnienia w wewnętrznych instalacjach w.c. i w.z. pomieszczeń do 0,1 MPa – poprzez zastosowanie reduktorów ciśnienia na indywidualnych przyłączach,
* zastosowanie zaworów kulowych zamiast zaworów grzybkowych – wyeliminowanie ruchomego grzybka jako elementu najczęściej zakłócającego przepływ strumienia wody,
* powszechne stosowanie armatury czerpalnej nowej generacji, tzw. armatury ceramicznej jednouchwytowej.
* Szachty instalacyjne powinny być minimum na dwóch sąsiadujących ze sobą ścianach, po wewnętrznej stronie wykończone wełną mineralną (5 cm, 50-70 kg/m3) zabezpieczoną flizeliną.
  + 1. **Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne**
* Okablowanie należy prowadzić wewnątrz pomieszczenia minimalizując otworowanie przegród,
* Wszelkie przejścia przez przegrody objęte wytycznymi akustycznymi nie mogą obniżać wypadkowej izolacyjności akustycznej przegrody,
* W obszarze sal widowiskowych okablowanie należy instalować natynkowo. W przypadku konieczności stosowania bruzd nie mogą być one głębsze niż 10% grubości danej ściany,
* Niedopuszczalne jest montowanie instalacji na przestrzał przez ścianę, np. symetryczne rozmieszczenie gniazdek na jednej przegrodzie.

1. **Rysunki**

**AK01** – Rzut kondygnacji 1. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK02** – Rzut kondygnacji 2. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK03** – Rzut kondygnacji 3. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK04** – Rzut kondygnacji 4. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

**AK05** – Rzut kondygnacji 5. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.