

## **PROJEKT ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ**

### **BUDYNEK SALI KONCERTOWEJ**

#### **TOM III, ETAP B**

Inwestycja:	<b>Państwowa Szkoła Muzycznej I i II stopnia: Przebudowa, rozbudowa i zmiana sposobu użytkowania budynku gimnazjum na budynek szkoły muzycznej z instalacjami wewnętrznymi: wod-kan, c.o., węzła ciepłego, wentylacji mechanicznej, klimatyzacji, elektryczną i niskoprądową, likwidacja instalacji gazowej.</b>
Nazwa zadania:	<b>Państwowa Szkoła Muzyczna I i II stopnia – modernizacja budynku przy ul. Ks. Ziemowita 12 w Gliwicach</b>
Inwestor:	<b>MIASTO GLIWICE 44-100 Gliwice ul. Zwycięstwa 21</b>
Adres:	<b>Gliwice, ul. Ziemowita 12 Działka nr 1080 Jedn. ewid. 246601_1 Gliwice obr. Stare Miasto</b>
Kategoria:	<b>Kategoria IX</b>
Data:	<b>20 listopada 2019</b>
<b>AKUSTYKA</b>	
Opracował:	<b>mgr inż. Marcin Kornak <i>inżynier akustyk</i></b>
Sprawdził Projektant:	<b>mgr inż. arch. Jarosław Wilk upr. bud. nr 346/01 do projektowania bez ograniczeń w specjalności architektonicznej</b>

## **KODY CPV**

Inwestycja:	<b>Państwowa Szkoła Muzyczna I i II stopnia:</b> <b>Zagospodarowanie terenu polegające na przebudowie i budowie drogi wewnętrznej, miejsc postojowych, chodników, obiektów małej architektury oraz elementów infrastruktury technicznej.</b> <b>Przebudowa, rozbudowa i zmiana sposobu użytkowania budynku gimnazjum na budynek szkoły muzycznej z instalacjami wewnętrznymi: wod-kan, c.o., węzła ciepłego, wentylacji mechanicznej, klimatyzacji, elektryczną i niskoprądową, likwidacja instalacji gazowej.</b> <b>Przebudowa, rozbudowa i zmiana sposobu użytkowania budynku Sali gimnastycznej na budynek Sali koncertowej, z instalacjami wewnętrznymi: wod-kan, c.o., wentylacji mechanicznej, klimatyzacji, elektryczną i niskoprądową.</b>
Nazwa zadania:	<b>Państwowa Szkoła Muzyczna I i II stopnia – modernizacja budynku przy ul. Ks. Ziemowita 12 w Gliwicach</b>
Inwestor:	<b>MIASTO GLIWICE</b> <b>44-100 Gliwice ul. Zwycięstwa 21</b>
Adres:	<b>Gliwice, ul. Ziemowita 12</b> <b>Działka nr 1080 Jedn. ewid. 246601_1 Gliwice obr. Stare Miasto</b>
Kategoria:	<b>Kategoria XXII</b>
Data:	<b>Listopad 2019</b>
<b>KODY CPV</b>	
<b>Kod</b>	<b>Opis</b>
45000000-7	Roboty budowlane
45000000-2	Wynajem maszyn i urządzeń wraz z obsługą operatorską do prowadzenia robót z zakresu budownictwa oraz inżynierii wodnej i lądowej
45400000-1	Roboty wykończeniowe w zakresie obiektów budowlanych
45300000-0	Roboty instalacyjne w budynkach
45200000-9	Roboty budowlane w zakresie wznoszenia kompletnych obiektów budowlanych lub ich części oraz roboty w zakresie inżynierii lądowej i wodnej
45100000-8	Przygotowanie terenu pod budowę

## **SPIS TREŚCI**

1	Wprowadzenie.....	5
2	Materiały wejściowe.....	5
3	Założenia projektowe .....	5
3.1	Sala koncertowa .....	5
4	Adaptacja akustyczna – model pomieszczenia.....	6
4.1	Model pomieszczenia – sala koncertowa.....	6
5	Opis zastosowanych rozwiązań .....	9
5.1	Sala koncertowa .....	9
5.1.1	Panele kierujące dźwięk - sufit .....	9
5.1.2	Ściany boczne, frontowa i tylna.....	9
5.1.3	Dyfuzory Schroedera 1D.....	9
5.1	Krzesła .....	9
6	Wnioski .....	10
7	Wytyczne dla branż.....	11

# 1 Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie dotyczy projektu adaptacji akustycznej sali koncertowej, w **przebudowywanym i modernizowanym budynku przy ul. Ziemowita 12 w Gliwicach, na potrzeby Państwowej Szkoły Muzycznej I i II stopnia**. W opracowaniu przedstawiono rozwiązania, prowadzące do uzyskania optymalnego, dla danego zastosowania, rozkładu parametrów akustycznych sal. Na potrzeby niniejszego opracowania stworzony został model komputerowy w którym dokonano symulacji warunków akustycznych.

## 2 Materiały wejściowe

Punktem wyjściowym dla niniejszego opracowania były rysunki i przekroje otrzymane od branży architektonicznej 05.11.2019.

## 3 Założenia projektowe

### 3.1 Sala koncertowa

Adaptowane pomieszczenie ma służyć jako sala koncertowa do różnego rodzaju imprez kulturalnych. Przeznaczenia sali wymaga zastosowania rozwiązań pozwalających ograniczyć czas pogłosu w szerokim zakresie częstotliwości z jednoczesnym uzyskaniem wysokich parametrów wyrazistości i zrozumiałości dźwięku. Dobór i rozmieszczenie okładzin akustycznych powinno zapewnić zapobieganie powstawaniu niekorzystnych zjawisk akustycznych, np. trzepoczącego echa.

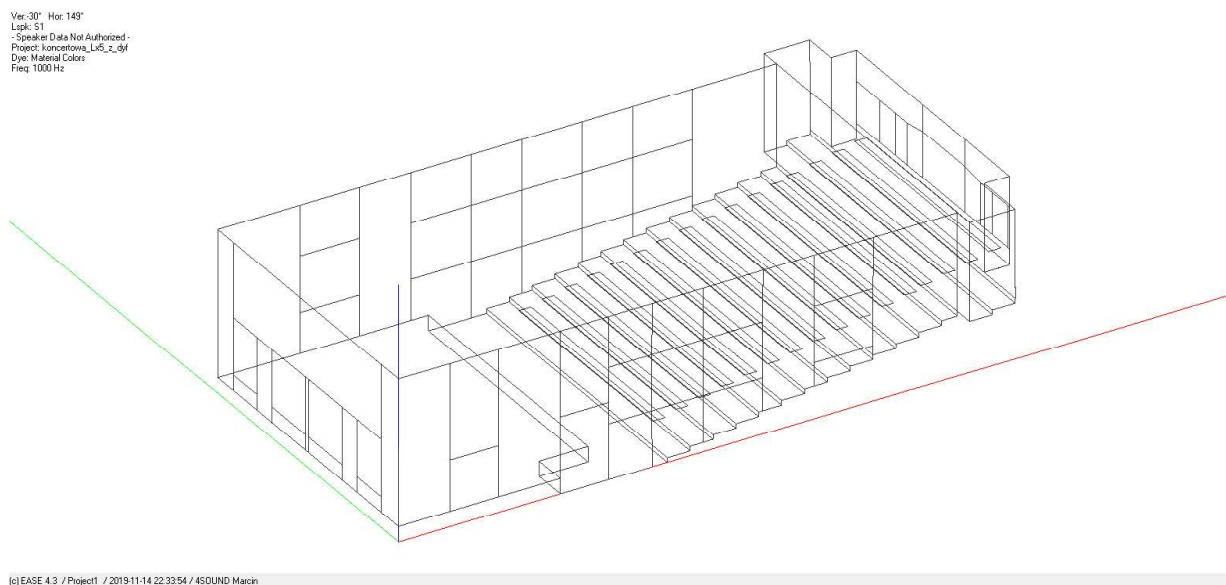
Zgodnie z przeznaczeniem adaptacja akustyczna ma prowadzić do uzyskania warunków nie gorszych niż podane w poniższej tabeli.

Parametr akustyczny	Oznaczenie	Zakładana wartość
Czas pogłosu	$T [s]$	$1 \div 1,3 s$
Wskaźnik przejrzystości dźwięku	$C80 [dB]$	$-4 \div 2dB$
Siła dźwięku	$G [dB]$	$\geq 3dB$
Współczynnik udziału energii odbić bocznych	$J_{LFC}$	
Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu od wyposażenia technicznego (instalacja went. – klim.)	$L_{AeqT}$	30 dB

## 4 Adaptacja akustyczna – model pomieszczenia

### 4.1 Model pomieszczenia – sala koncertowa

Na potrzeby niniejszego opracowania stworzony został model komputerowy pomieszczeń. Za pomocą programu EASE z modulem AURA wykonano serie symulacji parametrów akustycznych wnętrza, na podstawie których dobrano najbardziej odpowiednie rozwiązanie. Stworzony model pokazano na poniższych rysunkach.



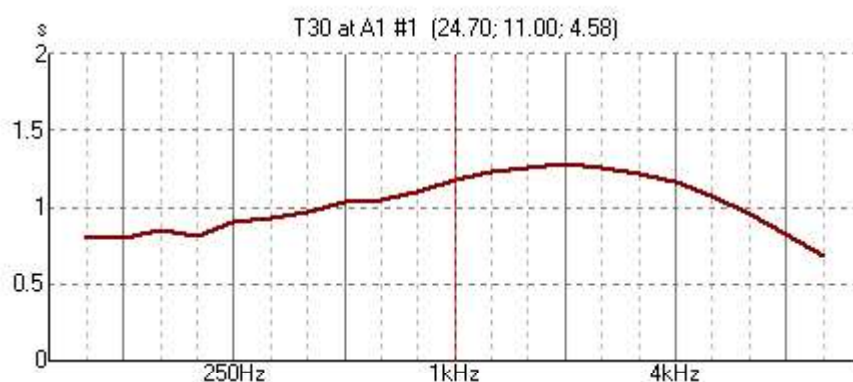
Rysunek 4.1.1 Widok 3D modelu aranżowanej przestrzeni.

Do modelu wprowadzono materiały akustyczne przedstawione w poniższej tabeli. W tabeli przedstawiono współczynniki pochłaniania dla poszczególnych częstotliwości oktaowych.

Tabela 4.1 Współczynniki pochłaniania zastosowanych materiałów

Typ powierzchni	Materiał	125		250		500		1000		2000		4000	
		$\alpha$		$\alpha$	A	$\alpha$		$\alpha$		$\alpha$		$\alpha$	
ściany boczne ściana frontowa	dyfuzor 1d	0,23		0,24		0,35		0,23		0,20		0,20	
ściany frontowa ściana tylna	Płyta perforowana 300/100	0,70		0,75		0,75		0,6		0,5		0,45	0,00
ściany boczne	Płyta perforowana 300/100150/75	0,55	0,00	0,95	0,00	0,95	0,00	0,65	0,00	0,5	0,00	0,4	0,00
Ściany boczne frontowa i tylna	Płyta g-k z wypełnieniem z wełny	0,3		0,12		0,08		0,06		0,06		0,05	
podłoga	fotele	0,25		0,50		0,60		0,60		0,70		0,70	

Na poniższych przedstawiono wartości parametrów akustycznych uzyskane z symulacji.



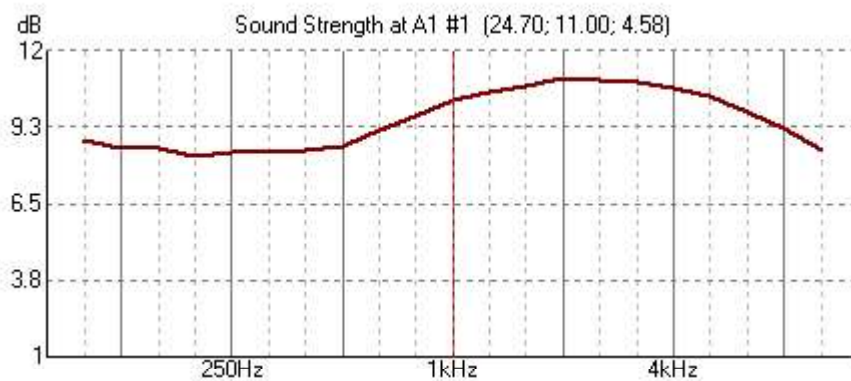
(c) EASE 4.3 / Project1 / 2019-11-14 22:31:05 / 4SOUND Marcin

*Rysunek 4.1.1 Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu otrzymana z symulacji.*



(c) EASE 4.3 / Project1 / 2019-11-14 22:31:42 / 4SOUND Marcin

*Rysunek 4.1.2 Charakterystyka częstotliwościowa C80 otrzymana z symulacji.*



(c) EASE 4.3 / Project1 / 2019-11-14 22:32:39 / 4SOUND Marcin

Rysunek 4.1.3 Charakterystyka częstotliwościowa G otrzymana z symulacji.



(c) EASE 4.3 / Project1 / 2019-11-14 22:32:09 / 4SOUND Marcin

Rysunek 4.1.4 Charakterystyka częstotliwościowa LFC otrzymana z symulacji.

## **5 Opis zastosowanych rozwiązań**

### **5.1 Sala koncertowa**

#### **5.1.1 Panele kierujące dźwięk - sufit**

W celu zapewnienia równomiernego dogłośnienia wszystkich miejsc w sali konieczne jest zastosowanie elementów kierujących odbicia dźwięku. Panele należy podwiesić pod sufitem pod odpowiednimi kątami. Dokładne wymiary i kąty pokazano na rysunkach architektonicznych. Panele powinny być wykonane z płyty gładkiej i twardej. Zaleca się wykonanie paneli ze sklejki 25mm. Panele powinny być zamocowane przy użyciu odpowiednio dobranych linek. Panele należy wykonać ze sklejki brzozonej bejcowanej i lakierowanej (kolor do ustalenia z zamawiającym) zabezpieczonej do klasy trudnozapalnej

#### **5.1.2 Ściany boczne, frontowa i tylna.**

Ściany zaprojektowano z perforowanych płyt fornirowanych w połączeniu z fornirowanymi płytami bez perforacji. Współczynniki pochłaniania płyt perforowanych podane są w tabeli 4.1. Rysunki wykonawcze z rozmieszczeniem płyt perforowanych pokazano na rysunkach architektonicznych. W przestrzeni między istniejącymi ścianami a płytą akustyczną należy umieścić wełnę mineralną lub skalną o grubości 20 cm (na ścianach frontowej i tylnej) i 7cm (na ścianach bocznych) i gęstości  $\pm 30 \div 35 \text{ kg/m}^3$ . Montaż płyt należy wykonywać zgodnie z broszurami informacyjnymi dostawy rozwiązania.

#### **5.1.3 Dyfuzory Schroedera 1D.**

W celu poprawy dyfuzyjności pola akustycznego należy zamontować na ścianach bocznych i ścianie frontowej dyfuzory rozpraszające dźwięk. Konstrukcja dyfuzora bazuje na sekwencji residuum kwadratowego o okresie 7, przy czym sekwencja rozwinięta jest w jednej płaszczyźnie. Moduł dyfuzora składa się ze studzienek o zmiennej głębokości i stałej szerokości 50mm. Maksymalna głębokość dyfuzora wynosi 20 w przypadku ścian bocznych poza sceną i 25cm w przypadku ścian frontowej i tylnej i ścian bocznych wokół sceny. Wymiary zewnętrzne podano na rysunkach architektonicznych. Dyfuzory zapewniają optymalne rozpraszanie dźwięku w zakresie 360 Hz do 3,8 kHz. Dyfuzory należy wykonać ze sklejki brzozonej bejcowanej i lakierowanej (kolor do ustalenia z zamawiającym) zabezpieczonej do klasy trudnopalnej.

### **5.1 Krzesła**

W sali należy zastosować krzesła lub fotele tapicerowane.

## 6 Wnioski

Uzyskane na drodze symulacji wartości czasu pogłosu mieszczą się w zalecanych granicach. Należy przy tym zaznaczyć że przy tak dużej kubaturze, niewielkie różnice w wartościach przyjętych w modelu współczynników pochłaniania powodują znaczące zmiany czasu pogłosu w wyniku czego czas pogłosu może różnić się od wartości otrzymanej z symulacji.

Z uwagi na powyższe zaleca się przeprowadzenie kontrolnych pomiarów akustycznych na minimum dwóch etapach realizacji obiektu.

Etapy kontrolnych pomiarów akustycznych:

1. Kontrolne pomiary akustyczne sali po zainstalowaniu urządzeń klimatyzacji i wykonaniu okładzin ściennych, przed montażem foteli na widowni.

Na podstawie wyników pomiarów akustycznych sal projektant akustyki dokona oceny systemu klimatyzacji ze względu na wymagane poziomy hałasu oraz dokonana ewentualnej korekty wystroju akustycznego wnętrza sali.

2. Pomiary akustyczne sal po montażu foteli na widowni.

Na podstawie wyników pomiarów akustycznych sal projektant akustyki podejmie decyzję o konieczności ewentualnej korekty wystroju akustycznego sali.

Warunki i zakres badań akustycznych:

- badania należy wykonać bez publiczności;
- czas pogłosu T20 / T30 w pasmach oktaowych;
- wskaźnik G siła dźwięku;
- wskaźnik LFC;
- widmo hałasu w pasmach tercjowych i oktaowych 20 Hz ÷ 20 kHz.

Dodatkowo po wykonaniu instalacji wentylacji i zabudowaniu kanałów wentylacyjnych w klasach dydaktycznych należy wykonać weryfikujące pomiary izolacyjności akustycznej przegród.

Metodyka pomiarów:

- Pomiar parametrów akustycznych: czas pogłosu T30, EDT, wskaźniki C50, C80: według zaleceń normy PN-EN ISO 3382-1, Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń – Część 1: Pomieszczenia specjalne.

Zalecana metoda pomiaru: całkowanie odpowiedzi impulsowej uzyskanej za pomocą sygnału sinusoidalnego o zmiennej częstotliwości „sine sweep”.

- Pomiary poziomu A i widma dźwięku: według zaleceń normy PN-B-02156:1987. Akustyka budowlana.

Warunkiem uzyskania opisanego powyżej charakteru akustycznego wnętrza jest zastosowanie materiałów o takich samych właściwościach akustycznych, jak opisano w niniejszym opracowaniu. Ponadto wymagany będzie wysoki reżim wykonawczy oraz nadzór nad wykonawstwem.

Jakiegokolwiek zmiany typu materiału czy też jego ilości bez konsultacji z projektantami spowoduje nieważność wyżej wymienionych wniosków.

Przedstawione w niniejszym projekcie adaptacji akustycznej urządzenia, wyroby i materiały ze wskazaniem producenta lub nazwy handlowej należy traktować jako przykładowe. Oznacza to, że Wykonawca może zaproponować innych producentów lub dostawców urządzeń, wyrobów i materiałów, z zachowaniem odpowiednich równoważnych i nie gorszych parametrów technicznych i użytkowych koniecznych do osiągnięcia oczekiwanej funkcjonalności przewidzianej w niniejszym opracowaniu.

## **7 Wytyczne dla branż**

### **Otwory na instalację w przegrodach budowlanych**

Przejścia kanałów wentylacyjnych oraz wszelkich przejść instalacyjnych przez przegrody (zarówno wykonane w technice lekkiej jak i ciężkiej) muszą być dokładnie wykończone – kanał należy owinać wełną mineralną w taki sposób, aby wełna wypełniła szczelnie całą przestrzeń pomiędzy kanałem/przelotem, a otworem w ścianie. Po obydwu stronach ściany, przejście uszczelnić masą uszczelniającą trwale elastyczną o dużej gęstości

### **Wytyczne dla instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnej.**

Bezwzględnie należy przestrzegać wymagań dotyczących „Dopuszczalnego poziomu dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem w szczególności dotyczy to instalacji wentylacyjno klimatyzacyjnej.

Hałas z instalacyjny nie może przekraczać wartości dopuszczalnych określonych w polskich normach.

Przejścia przewodów i kanałów przez ściany i stropy należy zaopatrzyć w uszczelnione akustycznie przepusty, zapewniające zachowanie izolacyjności akustycznej przegrody i eliminujące sztywne połączenie kanału z przegrodą budowlaną.

W miejscu podłączenia przewodów i kanałów do urządzeń, stanowiących źródło dźwięku materiałowego, należy stosować łączniki przeciwdziałające roznoszeniu się drgań w strukturze przewodów i kanałów.

Należy stosować wyłącznie elastyczne podparcia i podwieszenia przewodów i kanałów, najlepiej rozwiązania systemowe.

Niedopuszczalne jest prowadzenie kanałów wentylacyjnych „tranzytem” przez przegrody dźwiękoizolacyjne. Przez przegrodę dźwiękoizolacyjną dopuszczalne jest tylko przejście kanału wlotowego/wylotowego z danego pomieszczenia. Przejście należy rozwiązać z zachowaniem wymaganej izolacyjności przegrody. W razie konieczności przejścia tranzytu instalacyjnego przez przegrodę dźwiękoizolacyjną (np.: przy wyjściu z szachtów instalacyjnych) należy stosować dodatkowe elementy tłumiące hałas (np.: tłumiki) i uzgadniać te rozwiązania z projektantem akustyki.

W przypadku projektowania wspólnej instalacji klimatyzacyjnej dla różnych pomieszczeń należy zastosować odpowiednie tłumiki akustyczne, eliminujące przesłuchy pomiędzy pomieszczeniami.

Wszystkie maszyny i urządzenia zlokalizowane w sąsiednich pomieszczeniach należy bezwzględnie umieszczać na odpowiednio dobranych wibroizolatorach.

W centralach wentylacyjnych oraz w maszynach wyposażenia technicznego budynku stosować wibroizolację o częstotliwości rezonansowej  $\leq 12$  Hz.

W celu unikania generacji hałasu aerodynamicznego w kanałach, należy stosować łagodne zmiany kierunku i przekroju kanałów, unikać przepustnic, kryz oraz innych przewężeń.

Zaleca się stosowanie kanałów wentylacyjnych wyłożonych od wewnątrz materiałem dźwiękochłonnym, zwłaszcza na końcowych odcinkach.

W przypadku wentylacyjnych kanałów blaszanych, w miarę możliwości należy stosować kanały o przekroju zbliżonym do kwadratu lub okrągłe.

Ze względu na bardzo wysokie wymagania dot. izolacyjności akustycznej zwraca się uwagę na zastosowanie rozwiązań które niwelują zjawisko przenoszenia się dźwięku przez kanały – np. obudowy systemowe lub podobne.

Projektant wentylacji winien obliczyć poziomy hałasu na wywiewach/nawiewach emitowanego przez centrale wentylacyjne oraz uzyskać poziomy hałasu w pomieszczeniach zgodne z krzywymi hałasowymi podanymi powyżej.

Wymiary tłumików i kulis należy dobrać tak, aby uzyskać wymagane tłumienie dźwięku, jednocześnie z zachowaniem małych prędkości przepływu powietrza pomiędzy kulisami w tłumikach, tzn. prędkości o wartościach mniejszych, niż 3 m/s.

### **Wytyczne dla instalacji wodno-kanalizacyjnych i CO**

Piece grzewcze, i wszelkie instalacje powinny być podwieszone na wibroizolacyjnych przekładkach.

Nie należy montować instalacji na sztywno do elementów konstrukcyjnych budynków, np. do żelbetowych ścian konstrukcyjnych budynku.

Rury i elementy instalacji najlepiej mocować do wydzielonych ścianek instalacyjnych z płyt g-k przy użyciu uchwyty z przekładkami wibroizolacyjnymi.

Należy stosować systemowe uchwyty, zawierające elementy elastyczne, przeciwdziałające przenoszeniu drgań i hałasu na ścianę. W przypadku pozostałych instalacji również konieczne jest, aby pomiędzy przewodem a wewnętrzną powierzchnią uchwytu znajdowała się przekładka elastyczna, najlepiej systemowa. Musi być wykonana z miękkiej gumy/neoprenu, o przekroju pozwalającym na odkształcenia – np. nie może to być zwykły pasek gumy.

Prędkość przepływu wody ciepłej i zimnej nie powinna przekraczać 1,2 m/s dla rur o średnicy do 50 mm i 3 m/s dla rur o większych średnicach, z ograniczeniem spadku ciśnienia do 400 Pa/m.

Ograniczenia dotyczące prowadzenia rur dotyczą także rur spustowych.

### **Wytyczne dla instalacji elektrycznych i oświetleniowych**

Przewody elektryczne i osprzęt instalacyjny nie mogą obniżać izolacyjności przegród.

W przypadku ścian w technologii lekkiej instalacje należy rozprowadzić w przestrzeni dylatacyjnej pomiędzy profilami stalowymi.

Zaleca się stosowanie osprzętu elektrycznego do montażu natynkowego

Należy unikać montowania gniazd i przyłączy elektrycznych w ścianie rozdzielającej pomieszczenia o podwyższonych wymaganiach akustycznych.

Zaleca się stosowanie naściennych listew zasilających i sygnałowych.