

AKUSTYKA PRZEGRÓD POZIOMYCH BUDYNKÓW

PORADNIK TECHNICZNY
JAK PRAWIDŁOWO ZAPROJEKTOWAĆ PRZEGRODĘ W ASPEKCIE AKUSTYKI?



 **HOLCIM**

Dawniej Lafarge

Po co tyle hałasu o podłogę

Podłoga to nasz grunt pod nogami. Na niej stawiamy pierwsze kroki, by ruszyć w dorosłe życie i pokonywać kilometry codzienności. W domu, biurze, teatrze, sklepie. Jakość podłogi determinuje jakość życia i pracy ludzi. Od prawidłowego zaprojektowania i wykonania podkładu podłogowego zależy komfort osób użytkujących dane pomieszczenie i pomieszczenia sąsiadujące. Przykład? Podłoga, na której ćwiczy sąsiad perkusista z górnego piętra, jest przekąźnikiem dźwięków na niższe kondygnacje. To głośne sąsiedztwo może sprawiać dyskomfort, jeśli nie jesteśmy fanami rocka.

Przepisy zawarte w polskich warunkach technicznych (WT) określają minimalne poziomy izolacyjności akustycznej dla poszczególnych przegród oddzielających pomieszczenia o konkretnych funkcjach użytkowych (norma PN-B-02151-3:2015-10). Stosowanie wskazanych przepisów jest obowiązkowe, dlatego warto zapoznać się dobrze z wytycznymi dotyczącymi prawidłowego projektowania i wykonania przegrody akustycznej oraz doboru odpowiednich materiałów.

W niniejszym poradniku znajdą Państwo rozwiązania umożliwiające spełnienie wymagań normowych dotyczących izolacyjności akustycznej stropów w budynkach. Przeprowadziliśmy szereg obliczeń z wykorzystaniem różnych materiałów używanych do konstruowania przegród poziomych budynków.

Dołożyliśmy wszelkich starań, aby finalny materiał był jak najbardziej użyteczny i stanowił wsparcie w projektowaniu przegród poziomych pod kątem izolacyjności akustycznej. Nasze opracowanie nie wyczerpuje wszystkich możliwych przypadków. W razie wątpliwości zalecamy oddanie przegrody do indywidualnych przeliczeń.

Zachęcamy do korzystania z systemowych rozwiązań podkładów podłogowych Holcim.

Z pozdrowieniami dla wykonawców, inwestorów i użytkowników!

Zespół Holcim

Dr inż. Agata Szelaąg

Pasjonatka akustyki i muzyki, autorka wielu artykułów naukowych i dokumentów patentowych. Adiunkt badawczo-dydaktyczny w Laboratorium Inżynierii Wiatrowej Politechniki Krakowskiej. Właścicielka firmy SzA Pracownia Akustyczna, w której zajmuje się problematyką szkodliwego hałasu i drgań uciążliwych dla ludzi. Dzięki bliskiej współpracy z sektorem biznesowym i naukowym oraz realizacji licznych grantów badawczo-rozwojowych wdraża najnowocześniejsze rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe w wykonywanych projektach. Prowadzi szkolenia mające na celu zwiększanie świadomości inwestorów, architektów i inżynierów z branży budowlanej, dotyczącej zapewnienia właściwych warunków akustycznych w otoczeniu ludzi.

**Cicho sza...
Niniejszy
materiał powstał
przy wsparciu
specjalisty
ds. akustyki**

WPROWADZENIE DOTYCZĄCE IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ STROPÓW



Izolacyjność akustyczna stropów w kontekście wymagań prawnych

Przejsięcie dźwięku z pomieszczenia, w którym znajduje się źródło hałasu, do innego pomieszczenia określane jest jako „transmisja dźwięku”. Miarą skuteczności przegrody w ograniczaniu przenikania dźwięku jest jej izolacyjność akustyczna, wyrażana w decybelach [dB]. W przypadku stropów ich właściwości dźwiękoizolacyjne określane są poprzez izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych oraz poziom dźwięków uderzeniowych. Metodyka pomiaru izolacyjności

akustycznej w warunkach laboratoryjnych oraz terenowych została opisana w poszczególnych częściach norm z serii PN-EN ISO 140, na które powołuje się Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami. W przypadku badań terenowych powyższe normy mają swoją aktualizację w serii PN-EN ISO 16283, która wprowadza również dodatkowe

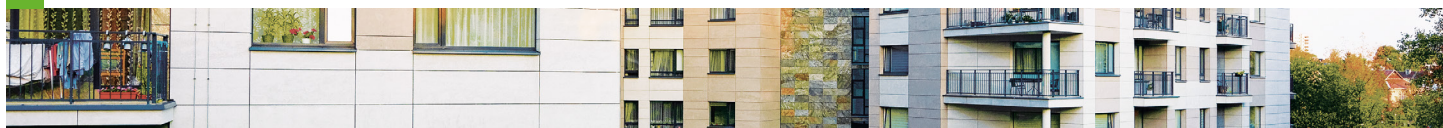
sposoby uśredniania wyników pomiarowych oraz procedurę pomiaru poziomu dźwięku dla niskich częstotliwości, tj. poniżej 100 Hz. Izolacyjność akustyczna wyrażana jest w funkcji częstotliwości dźwięku padającego na przegrodę. Do celów projektowych stosuje się jednak jednoliczbowe wskaźniki izolacyjności akustycznej, obliczane z widma izolacyjności, zgodnie z procedurą opisaną w normach PN-EN ISO 717-1 i PN-EN ISO 717-2.



Izolacyjność akustyczna stropu od dźwięków powietrznych

odnosi się do różnicy poziomu ciśnienia akustycznego po jego obu stronach. Zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02151-3:2015-10 miarą odporności stropu na przenikanie dźwięku powietrznego jest jednoliczbowy wskaźnik przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej – R_{A1} . Jego wysoka wartość świadczy o dobrych właściwościach dźwiękoizolacyjnych przegrody. W tabelach 1–6 zestawiono normowe wartości wskaźników R_{A1} dla wybranych stropów, w zależności od funkcji budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń. Należy podkreślić, że są to wartości minimalne zgodnie z wymaganiami prawnymi, a spełnienie tych wymagań wcale nie musi oznaczać, że w pomieszczeniu będziemy czuć się komfortowo.

TAB. 1. BUDYNKI MIESZKALNE WIELORODZINNE



FUNKCJA BUDYNKU I ODDZIELANYCH STROPEM POMIESZCZEŃ		MINIMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA R_{A1} [DB] ¹
	Mieszkanie	51
Mieszkanie	Garaż, pomieszczenie techniczne, handlowe, usługowe, restauracja, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	58 ²
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	65 ²
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	65 ²
	Pomieszczenia biurowe	58

TAB. 2. HOTELE, BUDYNKI ZAKWATEROWANIA TURYSTYCZNEGO, BUDYNKI ZAMIESZKANIA ZBIOROWEGO



FUNKCJA BUDYNKU I ODDZIELANYCH STROPEM POMIESZCZEŃ		MINIMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA R_{A1} [DB] ¹
	Pokój hotelowy/mieszkalny	50
Pokój hotelowy/mieszkalny	Pomieszczenie administracyjne	50
	Garaż lub pomieszczenie techniczne z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	58 ²
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	58 ²
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	65 ²
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	65 ²

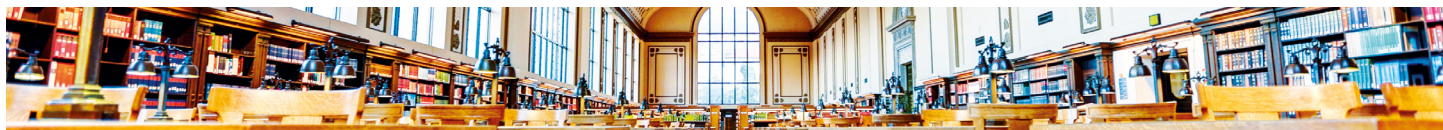
TAB. 3. ŻŁOBKI, PRZEDSZKOLA, SZKOŁY



FUNKCJA BUDYNKU I ODDZIELANYCH STROPEM POMIESZCZEŃ		MINIMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA R_{A1} [DB] ¹
Sala dla dzieci/ sala lekcyjna	Sala dla dzieci/sala lekcyjna, świetlica	50
	Obszar komunikacji ogólnej	50
	Pomieszczenie sanitarne, kuchnia, stołówka	50
	Pomieszczenia administracyjne	50
	Mieszkanie	58 ²
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi, pomieszczenia do zajęć edukacyjnych, takich jak WF, muzyka, pracownia techniczna z hałaśliwymi urządzeniami	58 ²

Wybrane wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków powietrznych, zgodnie z normą PN-B-02151-3:2015-10, w zależności od funkcji budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń

B. 4. SZKOŁY WYŻSZE I PLACÓWKI BADAWCZE



FUNKCJA BUDYNKU I ODDZIELANYCH STROPEM POMIESZCZEŃ

MINIMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA R_{A1} [DB]¹

Stropy pomiędzy salami wykładowymi, audytoryjnymi, konferencyjnymi, pokojami pracowników naukowych i dydaktycznych, pracowniami laboratoryjnymi bez urządzeń będących źródłem zakłóceń akustycznych, między ww. pomieszczeniami i pomieszczeniami administracyjnymi

50

Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej

Pomieszczenia ze źródłami hałasu (techniczne, laboratoryjne)

55²

B. 5. SZPITALA I ZAKŁADY OPIEKI MEDYCZNEJ



FUNKCJA BUDYNKU I ODDZIELANYCH STROPEM POMIESZCZEŃ

MINIMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA R_{A1} [DB]¹

Stropy pomiędzy salami łóżkowymi, gabinetami lekarskimi, pomieszczeniami IOM, pomieszczeniami pielęgniarek, etc.

50

Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej

Pomieszczenia ze źródłami zakłóceń akustycznych (gabinet zabiegowy, sala zajęć rehabilitacyjnych)

55²

Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi

60²

B. 6. BUDYNKI BIUROWE



FUNKCJA BUDYNKU I ODDZIELANYCH STROPEM POMIESZCZEŃ

MINIMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA R_{A1} [DB]¹

Stropy pomiędzy pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, pokojami do rozmów poufnych, etc.

50

Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej

Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi, pomieszczenia usługowe, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca

55²

Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych

60²

¹ Jeżeli wspólna powierzchnia przegrody dzielącej pomieszczenia jest mniejsza niż 10 m², to wymaganie dotyczy wskaźnika oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A1}$.

² Równocześnie należy spełnić wymagania normy PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczenia ze źródłem hałasu.



Parametrem akustycznym charakteryzującym izolacyjność stropu od dźwięków uderzeniowych jest **poziom uderzeniowy**. Cytując normę PN-E N ISO 140-7, jest to **poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu odbiorczym podczas pobudzenia danego stropu znormalizowanym źródłem dźwięku uderzeniowego, czyli tzw. stukaczem**. Podczas pomiaru możemy wyznaczać transmisję dźwięku uderzeniowego w dowolnym kierunku (por. rys. 1). Zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02151-3:2015-10 miarą odporności stropu na przenikanie dźwięku uderzeniowego jest wskaźnik przybliżonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego $L_{n,w}$. Jego niska wartość świadczy o **dobrej odporności przegrody na przenikanie dźwięków uderzeniowych**. W tabelach 7–12 zestawiono normowe (maksymalne) wartości wskaźników $L_{n,w}$ dla wybranych stropów, w zależności od funkcji budynku i pomieszczeń chronionych, a także od kierunku transmisji dźwięków uderzeniowych.

Wybrane wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków uderzeniowych, zgodnie z normą PN-B-02151-3:2015-10, w zależności od funkcji budynku i pomieszczeń

TAB. 7. BUDYNKI MIESZKALNE WIELORODZINNE



FUNKCJA BUDYNKU I POMIESZCZEŃ		MAKSYMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA $L_{n,w}$ [DB]
POMIESZCZENIE CHRONIONE AKUSTYCZNIE	POMIESZCZENIE ZE ŹRÓDŁEM HAŁASU UDERZENIOWEGO	
Mieszkanie	Mieszkanie, komunikacja ogólna	55
	Garaż, pomieszczenie techniczne, handlowe, usługowe, restauracja, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	48 ¹
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	38 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	38 ¹

TAB. 8. HOTELE, BUDYNKI ZAKWATEROWANIA TURYSTYCZNEGO, BUDYNKI ZAMIESZKANIA ZBIOROWEGO



FUNKCJA BUDYNKU I POMIESZCZEŃ		MAKSYMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA $L_{N,W}$ [DB]
POMIESZCZENIE CHRONIONE AKUSTYCZNIE	POMIESZCZENIE ZE ŹRÓDŁEM HAŁASU UDERZENIOWEGO	
Pokój hotelowy	Pokój hotelowy	55
	Pomieszczenie administracyjne	55
Pokój mieszkalny w budynkach zakwaterowania turystycznego i zamieszkania zbiorowego	Pokój mieszkalny w budynkach zakwaterowania turystycznego i zamieszkania zbiorowego	58
Pokój hotelowy/ mieszkalny	Komunikacja ogólna	55
Pokój hotelowy/ mieszkalny	Garaż lub pomieszczenie techniczne z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	48 ¹
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	48 ¹
Pokój hotelowy i pokój mieszkalny w budynkach zakwaterowania turystycznego	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	43 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	43 ¹
Pokój mieszkalny w budynkach zamieszkania zbiorowego	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	45 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	45 ¹

B. 9. ŻŁOBKI, PRZEDSZKOLA, SZKOŁY



FUNKCJA BUDYNKU I POMIESZCZEŃ		MAKSYMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA $L_{N,W}$ [DB]
POMIESZCZENIE CHRONIONE AKUSTYCZNIE	POMIESZCZENIE ZE ŹRÓDŁEM HAŁASU UDERZENIOWEGO	
Sala dla dzieci	Sala dla dzieci	55
Sala lekcyjna/ pokój nauczycielski	Sala lekcyjna/pokój nauczycielski	58
Sala dla dzieci/ sala lekcyjna	Obszar komunikacji ogólnej, świetlica	55
Sala dla dzieci	Pomieszczenia administracyjne	55
Sala lekcyjna/ pokój nauczycielski	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi, pomieszczenia do zajęć edukacyjnych, takich jak WF, muzyka, pracownia techniczna z hałaśliwymi urządzeniami	48 ¹
Mieszkanie	Sala dla dzieci/sala lekcyjna	43 ¹


TAB. 10. SZKOŁY WYŻSZE I PLACÓWKI BADAWCZE



FUNKCJA BUDYNKU I POMIESZCZEŃ		MAKSYMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA $L_{N,W}$ [DB]
POMIESZCZENIE CHRONIONE AKUSTYCZNIE	POMIESZCZENIE ZE ŹRÓDŁEM HAŁASU UDERZENIOWEGO	
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy salami wykładowymi, audytorcjnymi, konferencyjnymi, pokojami pracowników naukowych i dydaktycznych, pracowniami laboratoryjnymi bez urządzeń będących źródłami zakłóceń akustycznych, z obszarów komunikacji i pomieszczeń administracyjnych	58
Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Pomieszczenia ze źródłami hałasu (techniczne, laboratoryjne)	48 ¹


Wybrane wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków uderzeniowych zgodnie, z normą PN-B-02151-3:2015-10, w zależności od funkcji budynku i pomieszczeń

TAB. 11. SZPITALA I ZAKŁADY OPIEKI MEDYCZNEJ



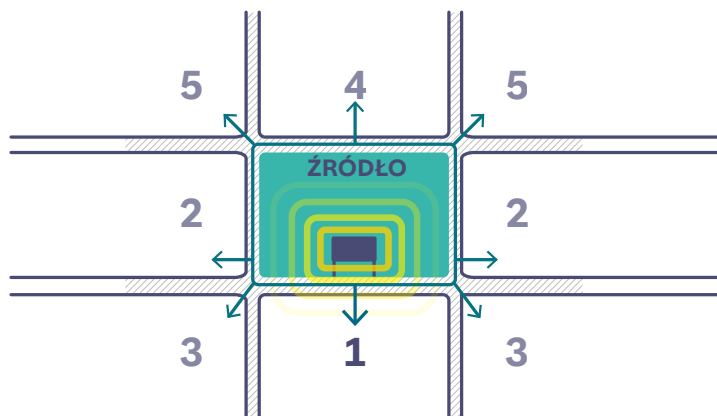
FUNKCJA BUDYNKU I POMIESZCZEŃ		MAKSYMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA $L_{N,W}$ [DB]
POMIESZCZENIE CHRONIONE AKUSTYCZNIE	POMIESZCZENIE ZE ŹRÓDŁEM HAŁASU UDERZENIOWEGO	
Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy salami łóżkowymi, gabinetami lekarskimi, pomieszczeniami pielęgniarek, etc.		58
Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń IOM i pomieszczeń w zespole operacyjnym ze wszystkich innych pomieszczeń		53
Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Komunikacja ogólna	58
	Pomieszczenia ze źródłami zakłóceń akustycznych (gabinet zabiegowy, sala zajęć rehabilitacyjnych)	43 ¹
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi	48 ¹

TAB. 12. BUDYNKI BIUROWE



FUNKCJA BUDYNKU I POMIESZCZEŃ		MAKSYMALNA WARTOŚĆ WSKAŹNIKA $L_{N,W}$ [DB]
POMIESZCZENIE CHRONIONE AKUSTYCZNIE	POMIESZCZENIE ZE ŹRÓDŁEM HAŁASU UDERZENIOWEGO	
Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, pokojami do rozmów poufnych, salami spotkań, etc.		60
Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Komunikacja ogólna	58
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi	48 ¹
	Pomieszczenia usługowe, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	53 ¹
	Garaż, pomieszczenie handlowe	53 ¹
	Pomieszczenia usługowe, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	43 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	43 ¹
Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez różnych użytkowników		53
Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających z części biurowej budynku do części o przeznaczeniu mieszkalnym		48

¹ Równocześnie należy spełnić wymagania normy PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczenia ze źródłami hałasu.



RYS. 1. KIERUNKI WYZNACZANIA TRANSMISJI DŹWIĘKÓW UDERZENIOWYCH PODCZAS POMIARÓW AKUSTYCZNYCH

Normowe wskaźniki izolacyjności akustycznej stropu

od dźwięków powietrznych R_{A1} oraz uderzeniowych $L_{n,w}$ uwzględniają wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na ich wartość liczbową. **Boczne przenoszenie dźwięku** jest formą transmisji energii akustycznej

z pomieszczenia ze źródłem dźwięku do innych pomieszczeń budynku wszystkimi drogami, poza bezpośrednią przegrodą dzielącą te wnętrza (rys. 2). Wyniki terenowych pomiarów izolacyjności akustycznej stropu zawierają straty izolacyjności wynikające z bocznej transmisji

dźwięku. W przypadku pomiarów prowadzonych w laboratorium, w związku z dylatacją od siebie komór nadawczej i odbiorczej, przenoszenie boczne jest pomijalnie małe. Aby rozróżnić wyniki badań terenowych od laboratoryjnych, te pierwsze w swoim oznaczeniu posiadają określenie „prim” w nazwie wskaźnika. Wyniki uzyskane podczas badań laboratoryjnych definiują natomiast wskaźniki R_{A1} oraz $L_{n,w}$. Aby na etapie projektowania stropu obliczyć jego rzeczywistą izolacyjność w budynku bazując na kartach produktowych i podanych w nich laboratoryjnych wskaźnikach izolacyjności, konieczna jest znajomość konstrukcji całego budynku, a zwłaszcza rodzaju i wymiarów sąsiadujących z danym stropem przegród budowlanych.



RYS. 2. WYBRANE DROGI TRANSMISJI DŹWIĘKU MIĘDZY POMIĘSZCZENIAMI ODDZIELONYMI STROPEM

METODY OGRANICZANIA TRANSMISJI DŹWIĘKU PRZEZ STROP

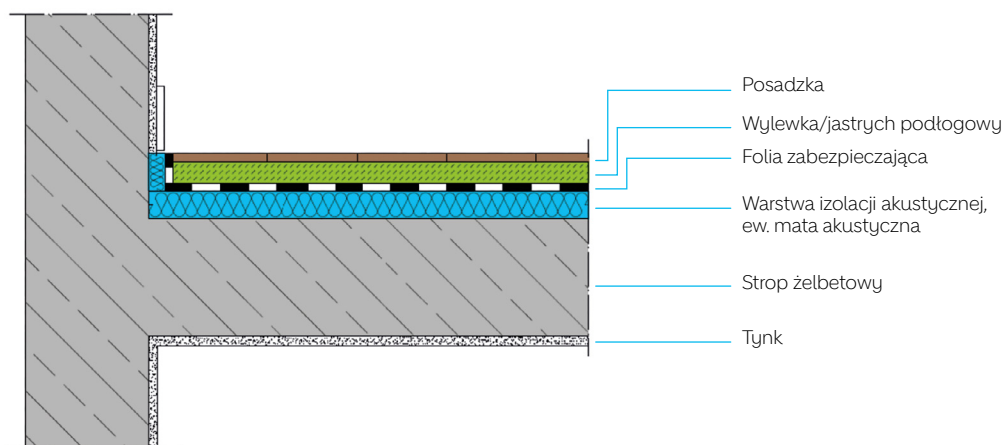
Izolacyjność akustyczna stropu zależy od wielu czynników, zarówno materiałowych, jak i konstrukcyjnych. Jednym z najważniejszych jest **masa powierzchniowa przegrody**. Jej wysoka wartość pozwala zapewnić dobrą izolacyjność akustyczną. Aby zredukować transmisję dźwięków powietrznych do poziomów określonych przez normę PN-B-0251-3:2015-10, konieczne jest stosowanie stropów o masie powierzchniowej nie mniejszej niż 500–600 kg/m², co w przypadku stropów żelbetowych odpowiada ich grubości około 20–25 cm. Aby natomiast zredukować transmisję dźwięków uderzeniowych, należy na stropach wykonać **podłogę pływającą**. Jest to niezmiernie istotne zwłaszcza w przypadku budynków mieszkalnych, gdzie zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie

warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami, „izolacja akustyczna stropów międzymieszkaniowych powinna zapewniać zachowanie przez te stropy właściwości akustycznych (...) bez względu na rodzaj zastosowanej nawierzchni podłogowej”. Główną ideą podłogi pływającej jest **układ masa-sprężyna**. W konsekwencji im bardziej miękka sprężyna, tym lepsze tłumienie hałasu uderzeniowego. Analogiczna zależność występuje w przypadku masy – im jest ona większa, tym lepiej izolowane są dźwięki uderzeniowe. Aby układ podłogi pływającej mógł poprawnie zadziałać, strop międzykondygnacyjny powinien być przynajmniej pięć razy cięższy od podłogi pływającej. Przykładowe poprawne uwarstwienie podłogi pływającej przedstawiono na rys. 3.

Fakt, że w pomieszczeniu wykonano podłogę pływającą, nie świadczy jeszcze o dobrej izolacyjności stropu od dźwięków uderzeniowych. Na etapie projektowania i wykonywania podłogi pływającej nierzadko popełniane jest mnóstwo błędów. Jednym z nich jest wybór niewłaściwego materiału na warstwę sprężystą albo brak w projekcie wytycznych materiałowych dla tej warstwy. Równie istotnym zaniedbaniem na etapie projektowania oraz wykonywania podłóg pływających jest brak zabezpieczenia układu przed powstaniem sztywnych mostków akustycznych w kontakcie ze ścianami bocznymi oraz z elementami prowadzonej po stropie instalacji technicznej. Konsekwencją takich działań będzie istotne obniżenie skuteczności tłumienia dźwięków uderzeniowych przez strop.

„Izolacja akustyczna stropów międzymieszkaniowych powinna zapewniać zachowanie przez te stropy właściwości akustycznych (...) bez względu na rodzaj zastosowanej nawierzchni podłogowej”

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku



RYS. 3. PRZEKRÓJ PRZEZ STROP Z POPRAWNIE WYKONANymi WARSTWAMI PODŁOGI PŁYWAJĄCEJ

JAK ZAPROJEKTOWAĆ PRZEGRODĘ POZIOMĄ W BUDYNKU W ASPEKcie IZOLACJI AKUSTYCZNEJ?

Jak korzystać z poradnika?

Aby poprawnie dobrać warstwy przegrody pod kątem izolacyjności akustycznej, należy odnaleźć właściwy rodzaj stropu – projektowany lub już istniejący. W poradniku przygotowaliśmy nasze obliczenia akustyczne dla stropów żelbetowych zarówno monolitycznych, jak i prefabrykowanych, z elementów wielkowymiarowych jak i elementów drobnowymiarowych.

Po odnalezieniu właściwego dla nas rodzaju stropu i sprawdzeniu jego grubości odczytujemy masę powierzchniową elementu konstrukcyjnego, która nas interesuje, na przecięciu linii poziomej dla ciężaru naszego stropu, a także linii pionowej, określającej grubość i rodzaj warstwy podposadzkowej oraz rodzaj i grubość jastrychu (w naszym przypadku może to być jastrych cementowy iX CPP20 lub jastrych anhydrytowy Agilia Sols A), odczytujemy poziom izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych R_{A1} . W kolejnej tabeli, poświęconej dźwiękom uderzeniowym, odczytujemy w taki sam sposób wartości izolacji akustycznej od dźwięków uderzeniowych $L_{n,w}$.

Przykład:

Rozważany przykład ma następujące parametry: strop żelbetowy 18 cm, Airium 40 mm, podkład podłogowy anhydrytowy Agilia Sols A 50 mm, izolacyjność akustyczna od dźwięków uderzeniowych 40 $L_{n,w}$ [dB]

MASA POWIERZCHNIOWA STROPÓW ŻELBETOWYCH MONOLITYCZNYCH I PREFABRYKOWANYCH W ZALEŻNOŚCI OD GRUBOŚCI STROPU

Masę powierzch
betonu o gęstość

MASA POWIERZCHNIOWA (KG/M ²)	STROP MONOLITYCZNY ŻELBETOWY	STROP PREFABRYKOWY
250	10–12 cm	14–16 cm
300	12–14 cm	16–19 cm
350	14–16 cm	19–25 cm
400	16–18 cm	25–31 cm
450	18–20 cm	31–36 cm
500	20–22 cm	36–41 cm

KROK 1

Projektowany przez nas strop to strop monolityczny żelbetowy o grubości 18 cm – jego masa powierzchniowa wynosi 450 kg/m².

Grubość AIRIUM o gęstości 250 kg/m ³ (mm)	40	40	40	40	60	60	60	60	80	80
Mata polietylenowa (Goldflex) o grubości (mm)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Grubość wylewki iX lub ASA (mm)	40	60	70	40	50	60	70	40	50	
ΔL_w [dB] dla ASA	24	25	26	26	24	25	26	26	24	25
ΔL_w [dB] dla iX	25	26	27	27	25	26	27	27	25	26

KROK 2

Odnajdujemy projektowane warstwy podłogi. W naszym przypadku zaprojektowaliśmy warstwę podposadzkową AIRIUM o grubości 40 mm oraz posadzkę anhydrytową Agilia Sols A o grubości 50 mm.

KROK 3

Na przecięciu dwóch linii (w naszym przypadku jest to 48 dB) odczytujemy izolacyjność akustyczną od dźwięków uderzeniowych $L_{n,w}$ [dB]. W identyczny sposób sprawdzamy izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych.

	Wariant ASA											
Stropy o masie powierzchniowej 250 kg/m ²	58	57	56	56	58	57	56	56	58	57	56	55
Stropy o masie powierzchniowej 300 kg/m ²	55	54	53	53	55	54	53	53	55	54	53	52
Stropy o masie powierzchniowej 350 kg/m ²	53	52	51	51	53	52	51	51	53	52	51	50
Stropy o masie powierzchniowej 400 kg/m ²	51	50	49	49	51	50	49	49	51	50	49	48
Stropy o masie powierzchniowej 450 kg/m ²	49	48	47	47	49	48	47	47	49	48	47	46
Stropy o masie powierzchniowej 500 kg/m ²	47	46	45	45	47	46	45	45	47	46	45	44
Stropy o masie powierzchniowej 550 kg/m ²	46	45	44	44	46	45	44	44	46	45	44	43
Stropy o masie powierzchniowej 600 kg/m ²	45	44	43	43	45	44	43	43	45	44	43	42
Stropy o masie powierzchniowej 650 kg/m ²	44	43	42	42	44	43	42	42	44	43	42	41



W taki sam sposób jesteśmy w stanie zaprojektować przegrodę – różnica polega na tym, że wychodzimy z wymaganej w naszym przypadku izolacyjności dla przegrody, którą chcemy uzyskać.

STROPY ŻELBETOWE MONOLITYCZNE I PREFABRYKOWANE



STROPY GĘSTOŻEBROWE

Stropy gęstożebrowe zbudowane są z warstwy pustaków ułożonych na belkach stropowych. Na wierzchu pustaków układa się 3–8-centymetrową warstwę nadbetonu oraz niewielką ilość w żebrawach powstających po zabetonowaniu przestrzeni między rzędami pustaków. Taka konstrukcja stropu jest dość lekka, a niewypełnione pustki w pustakach działają jak pudła rezonansowe. W konsekwencji strop gęstożebrowy bardzo dobrze przenosi dźwięki uderzeniowe oraz powietrzne i niemal zawsze wymaga dodatkowej izolacji akustycznej. W przypadku stropów najlżejszych może się okazać, że wierzchnie warstwy wykończeniowe będą niewystarczające w kontekście zapewnienia wymaganych parametrów akustycznych stropu i konieczne będzie wykonanie dodatkowych zabezpieczeń, np. sufitów podwieszanych.





Poziom uderzeniowy $L_{n,w}$

TAB. 19. STROPY GĘSTOZĘBOWE

Grubość AIRIUM o gęstości 250 kg/m ³ (mm)	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	80	80	80	80	80	100	100	100	100	
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Grubość wylewki IX lub ASA (mm)	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
ΔL_{w} [dB]																				
Warstwy podłogowe na stropie 250 kg/m ³ , grubość 20, 25, 30 cm	31	32	33	33	31	32	33	33	31	32	33	33	31	32	33	31	32	33	32	33
Warstwy podłogowe na stropie 300 kg/m ³ , grubość 20, 25, 30 cm	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	32	33	33	34	34
Warstwy podłogowe na stropie 350 kg/m ³ , grubość 20, 25, 30 cm	31	33	34	34	32	33	34	34	32	33	34	35	32	33	34	32	33	33	34	35
$L_{n,w}$ [dB]																				
Strop 250 kg/m ³ , grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi	49	48	47	47	49	48	47	47	49	48	47	47	49	48	47	46	49	48	47	46
Strop 300 kg/m ³ , grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi	46	45	44	43	46	45	44	43	46	45	44	43	45	44	43	43	45	44	43	43
Strop 350 kg/m ³ , grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi	44	42	41	41	43	42	41	41	43	42	41	40	43	42	41	40	43	42	41	40

* Na rynku istnieje wiele rodzajów stropianów o różnych parametrach. Zdecydowaliśmy się odnieść do sztywności dynamicznej stropianu, a nie grubości warstwy podposadzkowej wykonanej ze stropianu EPS.

MASA POWIERZCHNIOWA STROPÓW GĘSTOZĘBOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD GRUBOŚCI STROPU

MASA POWIERZCHNIOWA (KG/M ²)	GRUBOŚĆ (CM)
250	20
250	25
250	30
300	20
300	25
300	30
350	20
350	25
350	30

NOTATKI

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Dźwięki powietrzne R_{A1}

TAB. 21. STROPY GĘSTOZĘBOWE

Grubość AIRIUM o gęstości 250 kg/m ³ (mm) Sztwność dynamiczna styropian* (MN/m ²) Grubość wylewki IX lub ASA (mm)	R_{A1} [dB]																							
	40	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	60	80	80	80	80	80	80	100	100	100	100	100	100
Strop 250 kg/m ³ , grubość 20 cm z warstwami podłogowymi	50	51	52	53	53	51	52	53	53	51	52	53	51	52	53	53	51	52	51	52	51	52	53	53
Strop 250 kg/m ³ , grubość 25 cm z warstwami podłogowymi	49	50	51	52	52	50	51	52	52	50	51	52	50	51	52	52	50	51	51	52	51	52	53	52
Strop 250 kg/m ³ , grubość 30 cm z warstwami podłogowymi	48	49	50	51	51	49	50	51	51	49	50	51	49	50	51	51	49	50	50	51	50	51	51	51
Strop 300 kg/m ³ , grubość 20 cm z warstwami podłogowymi	55	56	57	58	58	55	56	57	58	55	56	57	55	56	57	58	55	56	57	57	58	57	58	58
Strop 300 kg/m ³ , grubość 25 cm z warstwami podłogowymi	54	55	56	57	57	54	55	56	57	54	55	56	54	55	56	57	54	55	56	56	57	56	57	57
Strop 300 kg/m ³ , grubość 30 cm z warstwami podłogowymi	53	54	55	56	56	53	54	55	56	53	54	55	53	54	55	56	53	54	55	55	56	55	56	56
Strop 350 kg/m ³ , grubość 20 cm z warstwami podłogowymi	58	59	60	61	61	58	59	60	61	58	59	60	58	59	60	61	58	59	60	60	61	59	60	62
Strop 350 kg/m ³ , grubość 25 cm z warstwami podłogowymi	57	58	59	60	60	57	58	59	60	57	58	59	57	58	59	60	57	58	59	59	60	58	60	61
Strop 350 kg/m ³ , grubość 30 cm z warstwami podłogowymi	56	57	58	59	59	56	57	58	59	56	57	58	56	57	58	59	56	57	58	58	59	57	59	60

* Na rynku istnieje wiele rodzajów styropianów o różnych parametrach. Zdecydowaliśmy się odnieść do sztywności dynamicznej styropianu, a nie grubości warstwy podposadzkowej wykonanej ze styropianu EPS.

MASA POWIERZCHNIOWA STROPÓW GĘSTOZĘBOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD GRUBOŚCI STROPU

MASA POWIERZCHNIOWA (KG/M ²)	GRUBOŚĆ (CM)
250	20
250	25
250	30
300	20
300	25
300	30
350	20
350	25
350	30

NOTATKI

.....

.....

.....

.....

.....

.....

STROPY DREWNIANE

Ze względu na niewielką masę powierzchniową oraz brak jednorodności pokrycia całej powierzchni, stropy drewniane charakteryzują się niskimi właściwościami dźwiękoizolacyjnymi w kontekście ich izolacyjności zarówno od dźwięków powietrznych, jak i uderzeniowych. Dodatkowy dyskomfort akustyczny występujący podczas użytkowania tego typu stropów to skrzypienie samej konstrukcji stropowej. Aby zapewnić spełnienie wymagań normowych dotyczących parametrów akustycznych stropów drewnianych, oprócz pływających warstw podłogowych stosuje się wibroizolacyjne przekładki pomiędzy podłogą a legarami oraz dźwiękoizolacyjne sufity podwieszane, montowane na niezależnej podkonstrukcji, przytwierdzone do stropu za pomocą wieszaków akustycznych.

STROPY CERAMICZNE

Stropy ceramiczne mają bardzo dużo odmian, zarówno w kontekście stosowanych materiałów, jak i technologii wykonania. W związku z powyższym nie sposób uogólnić obliczeń ich izolacyjności akustycznej tylko do jednego wariantu. W celu oszacowania izolacyjności akustycznej stropów ceramicznych wykonanych z elementów drobnowymiarowych proponujemy skorzystać z tabeli zamieszczonej w części „Stropy gęstożebrowe”, stosując obliczenia dla stropu o analogicznej masie powierzchniowej. Dokładne obliczenia dla konkretnego typu stropu, a w szczególności płyt stropowych podlegających renowacji (najczęściej dotyczy to stropów Kleina), gdzie wymianie lub naprawie ulegają poszczególne warstwy podłogi oraz wypełnienie stropu, powinien przeprowadzić wykwalifikowany akustyk, na bazie faktycznego stanu.



DANE WEJŚCIOWE

1. Wymagania prawne dotyczące izolacyjności akustycznej przegród budowlanych

- a. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, art. 5.1. Dz.U. z 2013, poz. 1409
- b. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- c. PN-B-02151-3:2015-10 – „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych”

2. Podstawa obliczeń

- A. PN-EN ISO 12354-1:2017-10 – „Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami”
- B. PN-EN ISO 12354-2:2017-10 – „Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami”
- C. PN-EN ISO 717-1:2021-06 – „Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych”
- D. PN-EN ISO 717-2:2021-06 – „Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych”
- E. Poradnik ITB nr 406/2005 – „Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002”
- F. Poradnik ITB nr 448/2009 – „Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego”
- G. Hassan OAB: Building Acoustics and Vibration. Theory and Practice. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009
- H. Fahy F, Gardonio P: Sound and Structural Vibration, Elsevier, 2007
- I. PN-EN 15037-1:2011 – „Prefabrykaty z betonu – Belkowo-pustakowe systemy stropowe. Część 1: Belki”

3. Założenia do obliczeń

1.1. Stropy żelbetowe monolityczne i prefabrykowane

Zakładana gęstość betonu w stropie monolitycznym w granicach 2200–2500 kg/m³. Wyniki można przenieść na stropy prefabrykowane kanałowe i sprężone o analogicznych masach powierzchniowych (maksymalne rozbieżności rzędu 1–2 dB).

1.2. Stropy gęstożebrowe

Obliczenia przybliżone, ze względu na fakt, że indywidualny kształt pustki w pustakach istotnie wpływa na częstotliwość rezonansową układu, a co za tym idzie – na charakterystykę izolacyjności akustycznej. Ta natomiast ma wpływ na przyrost izolacyjności akustycznej stropu.

- Sztywność dynamiczna: mata polietylenowa (Goldflex) 5 mm (85 MN/m³), mata polietylenowa (Goldflex) 2 × 5 mm (60 MN/m³), mata polietylenowa (Ethafom) 5 mm (70 MN/m³), mata polietylenowa (Ethafom) 2 × 5 mm (45 MN/m³), styropian akustyczny (20 MN/m³)
- Dane materiałowe AIRIUM (gęstość, sztywność dynamiczna) i wylewek ASA i iX (gęstość) według kart katalogowych

TRANSMISJI DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH I UDERZENIOWYCH PRZEZ STROPY W BUDYNKU WIELORODZINNYM B1 21 PRZY ULICY MIERZEI WIŚLANEJ W KRAKOWIE.

W niniejszym raporcie przedstawiono wyniki pomiarów izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów oddzielających lokale mieszkalne w budynku nr B1 21 usytuowanym przy ulicy Mierzei Wiślanej i Bagrowej na osiedlu „Mierzeja Wiślana” w Krakowie. Inwestorem przedsięwzięcia jest firma Instal Kraków, generalnym wykonawcą firma Chemobudowa Kraków, a podłogi w tym budynku wykonała firma Monika Słęcz Firma Handlowo Usługowa. Podczas badań akustycznych analizowano przypadek transmisji hałasu przez dwa stropy pomiędzy czterema lokalami mieszkalnymi. Celem badania było potwierdzenie izolacyjności zaprojektowanego systemu podłogowego Holcim (dawniej Lafarge) wykorzystującego mineralną pianę izolacyjną AIRIUM o gęstości objętościowej 250 kg/m³. Wykonano łącznie dwa pomiary izolacyjności od dźwięków powietrznych oraz dwa pomiary izolacyjności od dźwięków uderzeniowych. Wyniki pomiarów zestawiono z wymaganiami normowymi określającymi minimalne wartości wskaźników izolacyjności akustycznej stropów międzylokalowych w budynkach mieszkalnych.

Badanie zostało wykonane przez **SzA Pracownia Akustyczna Agata Szelağ** z Krakowa.

Pomiary terenowe izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przeprowadzono dla przegród oddzielających lokale, tj. dla dwóch stropów żelbetowych gr. 24 cm. Na stropach wykonana została podłoga pływająca składająca się z warstwy mineralnej piany izolacyjnej AIRIUM o gęstości 250 kg/m³ i gr. 7,5 cm, maty Goldflex gr. 0,5 cm oraz jastrychu cementowego gr. 5,0 cm (por. rys. 1).

Analizy przeprowadzono dla następujących wariantów pomiarowych:

- **Wariant P1:** pomiar izolacyjności akustycznej stropu od dźwięków powietrznych. Pomieszczenie nadawcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym, piętro 2; pomieszczenie odbiorcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym bezpośrednio poniżej, piętro 1.
- **Wariant U1:** pomiar izolacyjności akustycznej stropu od dźwięków uderzeniowych. Pomieszczenie nadawcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym, piętro 2; pomieszczenie odbiorcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym bezpośrednio poniżej, piętro 1.

→ **Wariant P2:** pomiar izolacyjności akustycznej stropu od dźwięków powietrznych. Pomieszczenie nadawcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym, piętro 1; pomieszczenie odbiorcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym bezpośrednio poniżej, parter.

→ **Wariant U2:** pomiar izolacyjności akustycznej stropu od dźwięków uderzeniowych. Pomieszczenie nadawcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym, piętro 1; pomieszczenie odbiorcze: pokój 5 w lokalu mieszkalnym bezpośrednio poniżej, parter.

W tabeli 1 zaprezentowano wartości jednoliczbowych wskaźników izolacyjności akustycznej przegrody dla wszystkich analizowanych wariantów pomiarowych (wskaźniki obliczono zgodnie z PN-EN ISO 717-1:2021-06 i PN-EN ISO 717-2:2021-06) na tle wartości normowych określonych w PN-B-02151-3:2015-10.

Na podstawie przeprowadzonych terenowych pomiarów izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów oddzielających



Rys. 1. Przekrój przez badane stropy

Tabela 1. Wyniki pomiarów izolacyjności akustycznej stropu od dźwięków powietrznych i uderzeniowych na tle wymagań normowych – warianty pomiarowe P1, U1, P2 i U2.

Wariant pomiarowy	Wynik pomiarów	Wymagania normy PN-B-02151-3:2015-10
P1	$R_{A1} = 52 \text{ dB}$	$R_{A1} \geq 51 \text{ dB}$
U1	$L_{n,w} = 54 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 55 \text{ dB}$
P2	$R_{A1} = 54 \text{ dB}$	$R_{A1} \geq 51 \text{ dB}$
U2	$L_{n,w} = 53 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 55 \text{ dB}$

lokale mieszkalne w budynku wielorodzinnym przy ulicy Mierzei Wiślanej w Krakowie stwierdzono, iż analizowane przegrody **spełniają wymagania** obowiązującej normy PN-B-02151-3:2015-10 określającej wartości wskaźników izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych. Zmierzone w wariantach pomiarowych P1 i P2 wskaźniki izolacyjności akustycznej

od dźwięków powietrznych R_{A1} analizowanych stropów wynoszą odpowiednio 52 dB oraz 54 dB, norma PN-B-02151-3:2015-10 wymaga zaś jego minimalnej wartości 51 dB. Również wartości wskaźnika $L_{n,w}$ uzyskane z pomiarów izolacyjności stropów od dźwięków uderzeniowych są mniejsze od normowej wartości maksymalnej wynoszącej 55 dB. Wartości zmierzone dla poszczególnych

stropów wyniosły 54 i 53 dB. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na fakt, że pomiary były prowadzone na etapie budowy inwestycji, więc nie wszystkie drogi transmisji hałasu były jeszcze odpowiednio uszczelnione (brak drzwi, niezabudowane szachty instalacyjne etc.). W konsekwencji możliwe jest, że w warunkach docelowych wyniki pomiarów będą jeszcze korzystniejsze.

Raport dostępny na stronie

www.airium.pl



HOLCIM POLSKA S.A.

Biuro Zarządu: Al. Jerozolimskie 142 B

02-305 Warszawa

tel.: 22 324 60 00

faks: 22 324 60 05

www.holcim.pl



Dawniej Lafarge
