

Polska Norma PN-B-02151-4:2015-06

Objaśnienia i komentarze



UWAGA

NORMA PRZYWOŁANA W ZNOWELIZOWANYM ROZPORZĄDZENIU
MINISTRA INFRASTRUKTURY Z 12 KWIEŚNIA 2002 R.
W SPRAWIE WARUNKÓW TECHNICZNYCH, JAKIM POWINNY
ODPOWIADAĆ BUDYNKI I ICH USYTUOWANIE.
§ 323 UST.2

Ecophon[®]
SAINT-GOBAIN
A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Polska Norma PN-B-02151-4:2015-06

Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań

Norma PN-B-02151-4:2015-06 jest całkowicie nowym dokumentem, pierwszą Polską Normą odnoszącą się wprost do akustyki wewnątrz.

Norma nie dotyczy wnętrz o akustyce kwalifikowanej, takich jak sale koncertowe czy teatralne, które wymagają indywidualnego podejścia, lecz zwykłych pomieszczeń w budynkach użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego, w których dobra akustyka warunkuje komfort ich użytkowania.

Stosowanie wymagań normy w odniesieniu do wskazanych w niej pomieszczeń ma na celu:

- zmniejszenie hałasu w pomieszczeniach poprzez ograniczenie jego składowej, jaką jest hałas pogłosowy,
- zapewnienie zrozumiałości mowy umożliwiającej właściwe użytkowanie pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej.

Wymagania wyrażone są za pomocą:

- czasu pogłosu (T) i wskaźnika transmisji mowy (STI) - w przypadku pomieszczeń, których główna funkcja polega na komunikacji werbalnej
- czasu pogłosu (T) lub chłonności akustycznej (A) w przypadku pozostałych pomieszczeń

Norma definiuje podstawowe wymagania, których spełnienie pozwoli zapewnić w większości wypadków dobrą akustykę wewnątrz poprzez uniknięcie podstawowych błędów w tym zakresie. Jednak w wielu przypadkach dostępne są rozwiązania techniczne pozwalające na uzyskanie lepszych warunków akustycznych.

Spełnienie wymagań normy w większości wypadków pozwoli na poprawne funkcjonowanie dźwiękowych systemów ostrzegawczych (DSO) i/lub systemów nagłaśniających tam gdzie jest to wymagane.

Wymagania normy mają zastosowanie przy projektowaniu, wznoszeniu, modernizacji i przebudowie pomieszczeń budynków zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie zawiera ogólne zalecenia dotyczące akustyki wewnątrz (patrz Dział IX, § 323, ust. 2, oraz § 326, ust. 5) powołujące się na normę PN-B-02151-4:2015-06 (patrz Załącznik nr 1 do rozporządzenia). Spełnienie wymagań wspomnianej normy traktuje się więc jako wypełnienie tych zaleceń.

Norma może być zakupiona w sklepie internetowym Polskiego Komitetu Normalizacyjnego: www.sklep.pkn.pl

Przypisy

1. W pomieszczeniach przeznaczonych do zajęć z osobami z ubytkami słuchu lub innymi problemami z komunikacją słowną, maksymalny czas pogłosu nie powinien być dłuższy niż 0,4 s. W pomieszczeniach do nauczania początkowego lub nauczania języków obcych, zaleca się zmniejszyć czas pogłosu o 0,1 s w stosunku do wartości podanych w Tabelicy 1.
2. Wymagania dotyczące wskaźnika transmisji mowy STI należy spełnić przy komunikacji słownej bez wykorzystania systemu nagłaśniającego również w pomieszczeniach, w których taki system jest.
3. W przypadku pomieszczeń, w których wyłączną metodą zapewnienia zrozumiałości mowy jest zastosowanie systemu nagłaśniającego, wg PN-EN ISO 9921, nie stawia się wymagań dotyczących STI, dla komunikacji słownej bez wykorzystania nagłośnienia.
4. Dotyczy pomieszczeń wykończonych, umeblowanych i wyposażonych w sposób typowy dla przeznaczenia, łącznie z ruchomymi meblami i wyposażeniem, bez obecności ludzi.
5. Jeżeli pomieszczenie jest przeznaczone do komunikacji słownej lub instalacji dźwiękowych, należy zapewnić możliwość okresowego zmniejszenia czasu pogłosu o 0,5 sekundy.
6. Przy projektowaniu tych pomieszczeń należy uwzględnić dodatkowo wymagania wg PN-EN ISO 3382-3. Norma ta określa inne istotne dla komfortu akustycznego tych pomieszczeń parametry akustyczne związane głównie z zanikiem przestrzennym dźwięku.
7. Nie dotyczy zamkniętych klatek schodowych służących wyłącznie do ewakuacji lub do celów technologicznych.
8. Jako powierzchnię, S , należy przyjąć iloczyn rzutu powierzchni klatki schodowej i liczby kondygnacji.
9. S oznacza pole powierzchni rzutu pomieszczenia

Warunki stosowania

Wymaganie 1, łącznie : czas pogłosu T i wskaźnik transmisji mowy STI

Podane w tablicach maksymalne wartości czasu pogłosu T i minimalne wartości wskaźnika transmisji mowy STI dotyczą pomieszczeń wykończonych, umeblowanych i wyposażonych w sposób typowy dla przeznaczenia, łącznie z ruchomymi meblami i wyposażeniem, bez obecności ludzi. Wymagania odnośnie czasu pogłosu powinny być spełnione w każdym z pasm oktawowych o środkowych częstotliwościach 250 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 2 kHz, 4 kHz i 8 kHz. W paśmie o środkowej częstotliwości $f = 125$ Hz wartość czasu pogłosu T może być do 30 % większa od podanej w tablicy

Wymaganie 2 : czas pogłosu T .

Podane w tablicach wartości dopuszczalnego czasu pogłosu, jeśli nie wyszczególniono inaczej w przypisach, odnoszą się do pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementami umeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi. Wymagania te powinny być spełnione w każdym z pasm oktawowych o środkowych częstotliwościach 250 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 2 kHz i 4 kHz.

Wymaganie 3: chłonność akustyczna A .

Podane w tablicach minimalne wartości chłonności akustycznej pomieszczeń, jeśli nie wyszczególniono inaczej w przypisach, dotyczą pomieszczeń o wysokości w świetle wykończenia do 4 m, wykończonych, lecz nieumeblowanych i bez obecności ludzi. Wymagania te powinny być spełnione w każdym z pasm oktawowych o środkowych częstotliwościach 500 Hz; 1 kHz i 2 kHz. W przypadku pomieszczeń o wysokości w świetle wykończenia przekraczającej 4 m, należy określić indywidualnie minimalną chłonność akustyczną zwiększając ją proporcjonalnie do wzrostu wysokości pomieszczenia ponad 4 m.

Obiekty oświatowe

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Sale i pracownie szkolne, sale audyторыjne, wykładowe w szkołach podstawowych, średnich i wyższych, pomieszczenia do nauki przedmiotów ogólnych w szkołach muzycznych i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^{2,4)}	Funkcja tych pomieszczeń opiera się na komunikacji słownej bezpośredniej (bez wykorzystania nagłośnienia) a czasami również pośredniej (poprzez nagłośnienie). Najważniejsze jest więc zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy w obu tych sytuacjach. W tym celu należy zadbać o ograniczenie czasu pogłosu oraz poziomu tła akustycznego w pustym pomieszczeniu (< 35-40 dBA). Czas pogłosu powinien być w miarę możliwości zbliżony we wszystkich oktawowych pasmach częstotliwości 125 Hz - 8 kHz. Można to osiągnąć poprzez rozmieszczenie w pomieszczeniu materiałów dźwiękochłonnych o działaniu szerokopasmowym. W przypadku większych pomieszczeń (odległość mówca-słuchacz > 8 m) należy zapewnić właściwą propagację dźwięku (poprzez odpowiednie rozmieszczenie powierzchni odbijających dźwięk), która powinna zapewnić dostateczny dla zrozumiałości mowy poziom głosu mówcy w tylnej części sali. Należy pamiętać, że w pomieszczeniu, w którym zapewniono dobre warunki akustyczne do komunikacji słownej bezpośredniej będą także odpowiednie warunki do komunikacji słownej pośredniej (wzmocnionej elektroakustycznie), natomiast nie zawsze zachodzi odwrotna zależność.
Sale w żłobkach i przedszkolach ⁴⁾	Wysoki, często przekraczający 80 dBA, poziom hałasu wytwarzanego przez dzieci w czasie zajęć i zabawy. Zwiększenie chłonności akustycznej tych pomieszczeń poprzez zastosowanie odpowiedniego wykończenia, wyposażenia i umeblowania przyczyni się do mniejszego wzmocnienia dźwięku przez pomieszczenie a tym samym obniżenia jego poziomu nawet o ponad 10 dB. Równoczesne ograniczenie czasu pogłosu pozwoli na zwiększenie zrozumiałości mowy.
Świetlice szkolne ⁴⁾	Wysoki, często przekraczający 80 dBA, poziom hałasu wytwarzanego przez uczniów w czasie posiłków i zabaw. Zwiększenie chłonności akustycznej tych pomieszczeń poprzez ich odpowiednie wykończenie przyczyni się do mniejszego wzmocnienia dźwięku a tym samym obniżenia jego poziomu nawet o ponad 10 dB. Pozwoli także na zmniejszenie pogłosu i tym samym zwiększenie zrozumiałości mowy. Jest to istotne, ponieważ stołówki szkolne są także często wykorzystywane jako sale konferencyjne.
Sale konsumpcyjne w stołówkach szkolnych ⁴⁾	
Pokoje nauczycielskie, socjalne i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu w szkołach i przedszkolach	Pomieszczenia powinny zapewnić nauczycielom warunki do wypoczynku między lekcjami, jednak w tym czasie są one zwykle przepełnione i hałaśliwe ze względu na prowadzone równolegle rozmowy. Należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną w celu ograniczenia hałasu.
Pracownie do zajęć technicznych i warsztaty szkolne	Hałas wytwarzany głównie przez elektronarzędzia i maszyny utrudnia komunikację i koncentrację oraz przyspiesza zmęczenie. W celu ograniczenia hałasu należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną pomieszczenia.
Szatnie w szkołach i przedszkolach, w których ubrania zamknięte są w szafkach z pełnymi drzwiami.	Pomieszczenia spełniające głównie funkcje komunikacyjne, ale także będące miejscem odpoczynku uczniów pomiędzy lekcjami. Największą uciążliwość jest wysoki poziom hałasu, który w czasie przerw osiąga zwykle 80-90 dBA (szkoły podstawowe). Powoduje on rozdrażnienie, zmęczenie i utrudnia koncentrację. Problemem jest też zwykle duży zasięg przestrzenny dźwięku, który sprawia, że "niesie się" on po całym budynku. W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną.

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
dla $V \leq 120 \text{ m}^3$ $T \leq 0,6 \text{ s}^{1)}$	Małe pomieszczenia o długości do 9-10 m. Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,95$. Preferowane sufity podwieszane z pustką powietrzną ze względu na większą niż w przypadku innych rozwiązań chłonność akustyczną w niskich częstotliwościach (125 - 250 Hz). Dla zapewnienia możliwie płaskiej charakterystyki czasu pogłosu zalecane jest ułożenie na suficie podwieszanym dodatkowej warstwy płyt dźwiękochłonnych zwiększających pochłanianie w niskich częstotliwościach (125 - 250 Hz). Na tylnej ścianie od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie o $\alpha_w \geq 0,95$. Takie same panele ściennie mogą być umieszczone na jednej ze ścian bocznych od wysokości ok. 120 cm do 240 cm. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, szafy itp.
dla $120 \text{ m}^3 < V < 250 \text{ m}^3$ $T \leq 0,6 \text{ s}^{1)}$ $STI \geq 0,6$	Większe pomieszczenia o długości ponad 9-10 m i wysokości do 4 m. Na 60-70% powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,95$. Preferowane sufity podwieszane ze względu na większą niż w przypadku innych rozwiązań chłonność akustyczną w niskich częstotliwościach (125 - 250 Hz). Dla zapewnienia możliwie płaskiej charakterystyki czasu pogłosu zalecane jest ułożenie na suficie podwieszanym dodatkowej warstwy płyt dźwiękochłonnych zwiększających pochłanianie w niskich częstotliwościach. Na pozostałych 30-40% (przednia i centralna część sali z wyłączeniem marginesów wzdłuż ścian bocznych) materiał charakteryzujący się wciąż stosunkowo dobrym pochłanianiem w paśmie 125 Hz ($\alpha_p \geq 0,4$) i możliwie odbijający ($\alpha_p < 0,4$) w pozostałych pasmach. Na tylnej ścianie od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie o $\alpha_w \geq 0,95$. Takie same panele ściennie mogą być umieszczone na jednej ze ścian bocznych od wysokości ok. 120 cm do 240 cm. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, szafy itp.
dla $250 \text{ m}^3 < V < 500 \text{ m}^3$ $T \leq 0,8 \text{ s}^{1)}$ $STI \geq 0,6$	Dla zapewnienie możliwie płaskiej charakterystyki czasu pogłosu zalecane jest ułożenie na suficie podwieszanym dodatkowej warstwy płyt dźwiękochłonnych zwiększających pochłanianie w niskich częstotliwościach. Na pozostałych 30-40% (przednia i centralna część sali z wyłączeniem marginesów wzdłuż ścian bocznych) materiał charakteryzujący się wciąż stosunkowo dobrym pochłanianiem w paśmie 125 Hz ($\alpha_p \geq 0,4$) i możliwie odbijający ($\alpha_p < 0,4$) w pozostałych pasmach. Na tylnej ścianie od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie o $\alpha_w \geq 0,95$. Takie same panele ściennie mogą być umieszczone na jednej ze ścian bocznych od wysokości ok. 120 cm do 240 cm. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, szafy itp.
dla $500 \text{ m}^3 < V < 2000 \text{ m}^3$ $T \leq 1,0 \text{ s}^{1)}$ $STI \geq 0,6$	W audytoriach obowiązuje podobna zasada: przednie partie sufitu mają odbijać dźwięk w kierunku tylnej części widowni, tylne zaś powinny być dźwiękochłonne. Istotny jest kształt i nachylenie odbijających partii sufitu. Dźwiękochłonne panele ściennie na tylnej ścianie oraz tylnych partiach ścian bocznych.
dla $V > 2000 \text{ m}^3$ T określić indywidualnie STI określić indywidualnie	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w = 1,00$. Preferowane rozwiązania charakteryzujące się wysoką dźwiękochłonnością także w niskich częstotliwościach ($\alpha_p > 0,65$ dla $f=125\text{Hz}$). Na dwóch przylegających do siebie ścianach od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie o $\alpha_w = 1,0$. Preferowane rozwiązania charakteryzujące się wysoką dźwiękochłonnością także w niskich częstotliwościach ($\alpha_p > 0,60$ dla $f=125\text{Hz}$). Można dobrać panele, które mogą służyć za gazetki ściennie. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, otwarte szafy itp.
$T \leq 0,4 \text{ s}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,95$. Preferowane sufity podwieszane z pustką powietrzną ze względu na większą niż w przypadku innych rozwiązań chłonność akustyczną w niskich częstotliwościach (125 - 250 Hz). Dla zapewnienia możliwie płaskiej charakterystyki czasu pogłosu zalecane jest ułożenie na suficie podwieszanym dodatkowej warstwy płyt dźwiękochłonnych zwiększających pochłanianie w niskich częstotliwościach. Na dwóch przylegających do siebie ścianach od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie o $\alpha_w \geq 0,95$. Można dobrać panele, które mogą służyć za gazetki ściennie. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, szafy itp.
$T \leq 0,6 \text{ s}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,9$. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu. Na wolnych partiach ścian (nie zastąpionych meblami), od wysokości o. 120 cm do 240 cm dźwiękochłonne panele ściennie o $\alpha_w \geq 0,95$.
$T \leq 0,6 \text{ s}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,6$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 2/3 powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu. Można rozważyć montaż dźwiękochłonnych paneli ściennych (o zwiększonej odporności mechanicznej) w miejscach sąsiadujących z najbardziej hałaśliwymi stanowiskami.
$T \leq 0,6 \text{ s}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,6$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 2/3 powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu. Montowanie materiałów dźwiękochłonnych na ścianach zwykle nie jest wskazane ze względu na możliwość dewastacji.
$A \geq 0,6 \times S^{9)}$	
$A \geq 0,6 \times S^{9)}$	

Obiekty oświatowe

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Korytarze w przedszkolach, szkołach podstawowych, gimnazjach i szkołach ponadgimnazjalnych	Pomieszczenia spełniające głównie funkcję komunikacyjną, ale także będące miejscem odpoczynku uczniów pomiędzy lekcjami. Największą uciążliwością jest wysoki poziom hałasu, który w czasie przerw osiąga zwykle 80-90 dBA (szkoły podstawowe). Powoduje on rozdrażnienie, zmęczenie i utrudnia koncentrację. Problemem jest też zwykle duży zasięg przestrzenny dźwięku, który sprawia, że "niesie się" on po całym budynku. W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną.
Klatki schodowe w przedszkolach, szkołach, obiektach służby zdrowia i administracji publicznej ⁷⁾	
Czytelnie, wypożyczalnie oraz pomieszczenia księgozbiorów z wolnym dostępem w bibliotekach ⁴⁾	Czytelnie są pomieszczeniami wymagającymi ciszy i skupienia, a ponieważ często są połączone przestrzennie z otwartymi księgozbiorami i wypożyczalnią należy zadbać o ograniczenie zasięgu przestrzennego dźwięku.

Obiekty sportowe

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	W obiektach sportowych największe problemy sprawia długi czas pogłosu bardzo często przekraczający 5 s. W tak silnie pogłosowych pomieszczeniach bardzo ograniczona jest zrozumiałość mowy: komunikacja słowna bezpośrednia jest możliwa tylko przy małej odległości rozmówców (3-4 m). Z tych samych powodów bardzo utrudnione jest funkcjonowanie nagłośnienia. Pomieszczenia te powinny być tak projektowane, aby maksymalnie skrócić czas pogłosu. Można to osiągnąć wprowadzając materiały dźwiękochłonne na sufit i ściany. Zwiększenie chłonności akustycznej przyczyni się także do obniżenia poziomu hałasu, który w czasie zajęć rekreacyjnych zwykle przekracza 80 dBA.
Hale basenowe pływalni, parków wodnych i innych obiektów o podobnym przeznaczeniu	

Obiekty biurowe

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Biura wielkoprzestrzenne, otwarte pomieszczenia do prac administracyjnych tzw. „open space”, sale operacyjne banków i urzędów, biura obsługi klienta oraz inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^{4,6)}	Zwykle cichy charakter pracy powoduje, że wszelkie rozmowy są dobrze słyszane i rozumiane w całym pomieszczeniu. Problemem jest więc zasięg przestrzenny dźwięku i zrozumiałości mowy. Należy ograniczyć propagację dźwięku poprzez zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia oraz zastosowanie ekranów akustycznych. Uwaga: pewne pomieszczenia z tej kategorii (np. bardzo ruchliwe biura obsługi klienta) należy traktować tak jak centra obsługi telefonicznej.
Centra obsługi telefonicznej ^{4,6)}	Duża liczba pracowników/klientów prowadzących równoczesne rozmowy sprawia, że są to pomieszczenia bardzo głośne - poziom hałasu często utrzymuje się powyżej 70 dB. Należy maksymalnie zwiększyć chłonność akustyczną pomieszczenia w celu ograniczenia poziomu dźwięku.

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
$A \geq 1,0 \times S^{9)}$	Materiały dźwiękochłonne instalowane na suficie jako sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu. W celu spełnienia wymagania normy należy pokryć 100% powierzchni sufitu materiałem o $\alpha_w = 1,0$. Wskazane jest dodatkowo wykorzystać górne partie ścian (powyżej 200 cm) do instalacji dźwiękochłonnych paneli ściennych.
$A \geq 0,4 \times S^{8)}$	Materiały dźwiękochłonne instalowane pod spocznikami i podestami. Najlepiej użyć panele montowane bezpośrednio do stropu. W przypadku użycia paneli o $\alpha_w \geq 0,8$ należy pokryć całą powierzchnię spoczników i podestów.
dla $H \leq 4$ m $T \leq 0,6$ s	W czytelniach i wypożyczalniach na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,9$. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu. Mogą też być wolnowiszące panele dźwiękochłonne. W rejonie otwartych księgozbiorów można zredukować pokrycie stropu materiałami dźwiękochłonnymi do 50 %. Rolę absorberów ściennych zwykle spełniają regały z książkami.
dla $H > 4$ m $T \leq 0,8$ s	

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
dla $V \leq 5000$ m ³ $T \leq 1,5$ s	Dla spełnienia wymagań konieczne jest wprowadzenie do wnętrza odpowiedniej ilości materiałów dźwiękochłonnych a także właściwe ich rozmieszczenie - nie powinny być one koncentrowane tylko na jednej powierzchni. W najbardziej typowych, prostopadłościennych wnętrzach, materiały dźwiękochłonne powinny się znaleźć na każdej z trzech par równoległych powierzchni. W praktyce wystarczy pokrycie materiałem o $\alpha_w \geq 0,9$ ok. 70-80 % powierzchni sufitu (dachu) i 10-20% powierzchni ścian. Na suficie mogą to być sufity podwieszane, panele montowane bezpośrednio do stropu/dachu czy też wolnowiszące ekrany. Ponieważ zwykle jest problem ze zbyt małą chłonnością akustyczna w paśmie 125 Hz, preferowane jest użycie sufitów podwieszanych z pustką powietrzną, które z innych rozwiązań są w tym pasmie najbardziej skuteczne.
dla $V > 5000$ m ³ $T \leq 1,8$ s	
dla $V \leq 5000$ m ³ $T \leq 1,8$ s	
dla $V > 5000$ m ³ $T \leq 2,2$ s	

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
$A \geq 1,1 \times S^{9)}$	Zwykle pomieszczenia o niskim stosunku powierzchni ścian do powierzchni podłogi i sufitu. Największe znaczenie ma więc rodzaj sufitu i wykładziny dywanowej. Sufity dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,9$ i $AC \geq 180$ (w przypadku centrów obsługi telefonicznej odpowiednio $\alpha_w = 1,0$ i $AC \geq 200$) na całej powierzchni pomieszczenia. Wykładziny dywanowe o $\alpha_p \geq 0,20$ w pasmach 500, 1000 i 2000 Hz. Na wolnych powierzchniach ścian, powyżej blatów biurek, panele dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,95$. W bilansie chłonności akustycznej pomieszczenia należy także uwzględnić elementy wyposażenia i umeblowania mające istotną chłonność akustyczną, np. tapicerowane ekrany akustyczne (najlepiej o potwierdzonych laboratoryjnie wartościach α_p). W przypadku problemów z osiągnięciem odpowiedniej wartości A można zastosować dodatkowo wolnowiszące panele dźwiękochłonne pod sufitem akustycznym.
$A \geq 1,3 \times S^{9)}$	W przypadku open space'ów istotne jest podzielenie przestrzeni ekranami akustycznymi o wysokości min. 140 cm i skuteczności akustycznej $\Delta L_s > 10$ dB

Obiekty biurowe

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Sale rozpraw sądowych, sale konferencyjne, audytoria i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^{3,4)}	<p>Funkcja tych pomieszczeń opiera się na komunikacji słownej bezpośredniej (bez wykorzystania nagłośnienia) a czasami również pośredniej (poprzez nagłośnienie). Najważniejsze jest więc zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy w obu tych sytuacjach. W tym celu należy zadbać o ograniczenie czasu pogłosu oraz poziomu tła akustycznego w pustym pomieszczeniu (< 35-40 dBA). Czas pogłosu powinien być w miarę możliwości zbliżony we wszystkich oktaowych pasmach częstotliwości 125 Hz - 8 kHz.</p> <p>Można to osiągnąć poprzez rozmieszczenie w pomieszczeniu materiałów dźwiękochłonnych o działaniu szerokopasmowym.</p> <p>W przypadku większych pomieszczeń (odległość mówca-słuchacz > 8 m) należy zapewnić właściwą propagację dźwięku (poprzez odpowiednie rozmieszczenie powierzchni odbijających dźwięk), która powinna zapewnić dostateczny dla zrozumiałości mowy poziom głosu mówcy w tylnej części sali. Należy pamiętać, że w pomieszczeniu, w którym zapewniono dobre warunki akustyczne do komunikacji słownej bezpośredniej będą także odpowiednie warunki do komunikacji słownej pośredniej (z nagłośnieniem), natomiast nie zawsze zachodzi odwrotna zależność.</p>
Pokoje biurowe i inne pomieszczenia o zbliżonej funkcji	Pokoje jedno i wieloosobowe. Ograniczenie pogłosu dla polepszenia komunikacji i wyciszenia pomieszczeń.

Obiekty służby zdrowia

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Gabinety lekarskie i zabiegowe oraz inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	Ograniczenie pogłosu dla polepszenia komunikacji. Pomieszczenia o krótszym czasie pogłosu są subiektywnie odbierane jako cieplejsze i bezpieczniejsze przez przebywających tam ludzi. Zwiększenie chłonności akustycznej ogranicza wzmocnienie dźwięku i zwiększa poufność rozmów.
Sale chorych na oddziałach intensywnej opieki medycznej	Obniżenie poziomu hałasu wytwarzanego przez aparaturę medyczną. Polepszenie komunikacji z pacjentami, redukcja stresu i lepsze warunki dla snu.

Zalecenia akustyczne	Wskazówki projektowe
$dla V \leq 500 m^3$ $T \leq 0,8 s$ $STI \geq 0,6$	<p>Małe pomieszczenia o długości do 9-10 m i wysokości do 4 m. Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne $\alpha_w \geq 0,95$. Preferowane sufity podwieszane ze względu na większą niż w przypadku innych rozwiązań chłonność akustyczną w niskich częstotliwościach (125 - 250 Hz). Dla zapewnienie możliwie płaskiej charakterystyki czasu pogłosu zalecane jest ułożenie na suficie podwieszonym dodatkowej warstwy płyt dźwiękochłonnych zwiększających pochłanianie w niskich częstotliwościach. Na tylnej ścianie od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie $\alpha_w \geq 0,9$. Takie same panele ściennie mogą być umieszczone na jednej ze ścian bocznych od wysokości ok. 120 cm do 240 cm. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, szafy itp.</p>
$dla 500 m^3 < V < 2000 m^3$ $T \leq 1,0 s$ $STI \geq 0,6$	<p>Większe pomieszczenia o długości ponad 9-10 m i wysokości do 4 m. Na 60-70% powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne $\alpha_w \geq 0,95$. Preferowane sufity podwieszane ze względu na większą niż w przypadku innych rozwiązań chłonność akustyczną w niskich częstotliwościach (125 - 250 Hz). Dla zapewnienie możliwie płaskiej charakterystyki czasu pogłosu zalecane jest ułożenie na suficie podwieszonym dodatkowej warstwy płyt dźwiękochłonnych zwiększających pochłanianie w niskich częstotliwościach.</p> <p>Na pozostałych 30-40% (przednia część sali z wyłączeniem marginesów wzdłuż ścian bocznych) materiał charakteryzujący się wciąż stosunkowo dobrym pochłanianiem w paśmie 125 Hz ($\alpha_p \geq 0,4$) i możliwie odbijający ($\alpha_p < 0,4$) w pozostałych pasmach. Na tylnej ścianie od wysokości ok. 100 cm do 220 cm umieszczone dźwiękochłonne panele ściennie $\alpha_w \geq 0,95$. Takie same panele ściennie mogą być umieszczone na jednej ze ścian bocznych od wysokości ok. 120 cm do 240 cm. Zabieg ten nie jest konieczny, jeśli przy tych ścianach stoją wysokie regały, szafy itp. W audytoriach obowiązuje podobna zasada: przednie partie sufitu mają odbijać dźwięk w kierunku tylnej części widowni, tylne zaś powinny być dźwiękochłonne. Istotny jest kształt i nachylenie odbijających partii sufitu. Dźwiękochłonne panele ściennie na tylnej ścianie oraz tylnych partiach ścian bocznych.</p>
$dla V > 2000 m^3$ Określić indywidualnie.	
$T \leq 0,6 s$	<p>Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne $\alpha_w \geq 0,9$. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu. W przypadku skromnego umeblowania tych pomieszczeń (gołe ściany) zalecane jest użycie na dwóch przylegających do siebie ścianach od wysokości ok. 120 cm do 240 cm dźwiękochłonnych paneli ściennych o $\alpha_w \geq 0,95$.</p>

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
$T \leq 0,8 s$	<p>Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne $\alpha_w \geq 0,8$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 90 % powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu.</p>
$A \geq 0,8 \times S^{0,9}$	<p>Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne $\alpha_w \geq 0,8$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 90 % powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu.</p>

Obiekty służby zdrowia

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Poczekalnie i punkty przyjęć w szpitalach i przychodniach lekarskich	W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną. Konieczne ograniczenie pogłosu dla polepszenia komunikacji.
Korytarze w hotelach, szpitalach i przychodniach lekarskich	W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną.
Klatki schodowe w przedszkolach, szkołach, obiektach służby zdrowia i administracji publicznej ⁷⁾	Pomieszczenia spełniające głównie funkcje komunikacyjne, problemem jest zwykle duży zasięg przestrzenny dźwięku, który sprawia, że "niesie się" on po całym budynku. W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną.

Inne pomieszczenia w budynkach użyteczności publicznej

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Korytarze w hotelach, szpitalach i przychodniach lekarskich	W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną.
Klatki schodowe w przedszkolach, szkołach, obiektach służby zdrowia i administracji publicznej ⁷⁾	Pomieszczenia spełniające głównie funkcje komunikacyjne, problemem jest zwykle duży zasięg przestrzenny dźwięku, który sprawia, że "niesie się" on po całym budynku. W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz jego zasięgu przestrzennego w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną.
Kuchnie i pomieszczenia zaplecza gastronomicznego (z wyjątkiem magazynów)	Źródłem hałasu jest głównie sprzęt gastronomiczny. Jeśli pomieszczenie jest twardo wykończone hałas jest wzmocniany co utrudnia komunikację i koncentrację oraz przyspiesza zmęczenie. W celu utrzymania hałasu na możliwie niskim poziomie należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną pomieszczenia.

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
$A \geq 0,8 \times S^{9)}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,8$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 90% powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu.
$A \geq 0,6 \times S^{9)}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,6$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 2/3 powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu.
$A \geq 0,4 \times S^{8)}$	Materiały dźwiękochłonne instalowane pod spocznikami i podestami. Najlepiej użyć panele montowane bezpośrednio do stropu. W przypadku użycia paneli o $\alpha_w \geq 0,8$ należy pokryć całą powierzchnię spoczników i podestów.

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
$A \geq 0,6 \times S^{9)}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,6$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 2/3 powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu.
$A \geq 0,4 \times S^{8)}$	Materiały dźwiękochłonne instalowane pod spocznikami i podestami. Najlepiej użyć panele montowane bezpośrednio do stropu. W przypadku użycia paneli o $\alpha_w \geq 0,8$ należy pokryć całą powierzchnię spoczników i podestów.
$A \geq 0,4 \times S^{9)}$	Na całej powierzchni sufitu materiały dźwiękochłonne o $\alpha_w \geq 0,4$. Ewentualnie materiały o $\alpha_w \geq 0,9$ na co najmniej 1/2 powierzchni sufitu. Sufity podwieszane lub panele montowane bezpośrednio do stropu.

Inne pomieszczenia w budynkach użyteczności publicznej

Rodzaj pomieszczenia	Zalecenia akustyczne
Atria, hole, foyer i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu, wielokondygnacyjne strefy komunikacji ogólnej w centrach handlowych	Pomieszczenia bardzo ruchliwe gdzie problemem może być wysoki poziom hałasu wytwarzanego przez samych użytkowników, pogłosowość utrudniająca działanie nagłośnienia i dźwiękowych systemów ostrzegawczych, czy też (zwłaszcza w pomieszczeniach wielokondygnacyjnych) zasięg przestrzenny dźwięku (hałasu). W celu ograniczenia wzmocnienia dźwięku oraz skrócenia czasu pogłosu w tych pomieszczeniach należy zapewnić odpowiednią chłonność akustyczną. Bardzo ważne jest także właściwe rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych.
Terminale pasażerskie portów lotniczych, dworce kolejowe i autobusowe: obszary komunikacji ogólnej, strefy odpraw pasażerów, odbioru bagażu, kas i informacji, poczekalnie	
Galerie wystawowe, sale ekspozycyjne w muzeach i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ⁵⁾	Zwykle pomieszczenia o dużej kubaturze, praktycznie bez umeblowania. Przy twardym wykończeniu bardzo pogłosowe, co stanowi duże utrudnienie dla komunikacji słownej bezpośredniej i pośredniej (nagłośnienie). Skrócenie czasu pogłosu jest też niezbędne dla właściwego odbioru ekspozycji i instalacji multimedialnych.
Sale konsumpcyjne w restauracjach	Akustyka tych pomieszczeń powinna być dostosowana do ich zróżnicowanego charakteru, zapewniając komfort użytkownika. Zwykle problemy stwarza zachowanie prywatności rozmów (zasięg zrozumiałości mowy) ale często największą uciążliwością jest wysoki poziom hałasu.
Pomieszczenia sakralne	Wnętra sakralne są bardzo zróżnicowaną grupą pomieszczeń, zarówno pod względem formy i wielkości jak i sposobu użytkowania. Rozwiązania akustyczne powinny być dopasowane do wymogów danej liturgii, ewentualnie do wymogów funkcji pozakultowych. Istotny jest także rodzaj używanych instrumentów muzycznych.
Sale rozpraw sądowych, sale konferencyjne, audytoria i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^{3,4)}	Patrz: strona 8

Wymagania akustyczne	Wskazówki projektowe
dla $H \leq 4$ m $T \leq 1,2$ s	Wraz ze wzrostem wysokości pomieszczeń i zmianą stosunku powierzchni ścian do powierzchni sufitu wzrasta znaczenie materiałów dźwiękochłonnych rozmieszczonych na ścianach. Znaczenie ma także kubatura pomieszczenia - im jest większa tym większa powinna być chłonność akustyczna pomieszczenia. Ilość materiałów dźwiękochłonnych na suficie i ścianach powinna wynikać z obliczeń. Przykładowo, w prostokątnym pomieszczeniu, przy pokryciu 90% powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o $\alpha_w \geq 0,95$ potrzebną ilość materiałów dźwiękochłonnych (także $\alpha_w \geq 0,95$) na ścianach można szacować na: wysokość pomieszczenia 4 m - 6% przy kubaturze 400 m ³ i 4% przy 3600 m ³ wysokość pomieszczenia 16 m - 15% przy kubaturze 1600 m ³ i 30% przy 14400 m ³
dla 4 m < $H \leq 16$ m $T \leq 1,5$ s	
dla $H > 16$ m $T \leq 1,8$ s	
dla $H \leq 4$ m $T \leq 1,2$ s	
dla 4 m < $H \leq 16$ m $T \leq 1,5$ s	
dla $H > 16$ m $T \leq 1,8$ s	
dla $H \leq 4$ m $T \leq 1,5$ s	Uwagi ogólne j.w. Przy pokryciu 90% powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o $\alpha_w \geq 0,95$ potrzebną ilość materiałów dźwiękochłonnych (także $\alpha_w \geq 0,95$) na ścianach można szacować na: wysokość pomieszczenia 4 m - 4% przy kubaturze 400 m ³ i 3% przy 3600 m ³ wysokość pomieszczenia 16 m - 10% przy kubaturze 400 m ³ i 20% przy 3600 m ³
dla 4 m < $H \leq 16$ m $T \leq 2,0$ s	
dla $H > 16$ m $T \leq 2,5$ s	
określić indywidualnie	Przy projektowaniu rozwiązań akustycznych należy uwzględnić chłonność akustyczną planowanego wyposażenia i umeblowania - czasami wystarczającą dla zapewnienia komfortu akustycznego. Przyjmuje się, że chłonność akustyczna sali restauracyjnej przeliczona na jedną osobę (na jedno miejsce) powinna wynosić co najmniej 4 m ² . W większych pomieszczeniach warto zastosować elementy umeblowania dzielące je na mniejsze aneksy (podobnie jak w biurach otwartych).
określić indywidualnie	

Definicje

Czas pogłosu, T.

Pogłos jest zjawiskiem stopniowego zanikania energii dźwięku po wyłączeniu źródła dźwięku, związane z występowaniem dużej liczby odbić od powierzchni ograniczających pomieszczenie a także powierzchni obiektów w nim się znajdujących. Pogłosowość pomieszczenia określa się wielkością zwaną czasem pogłosu - jest to czas potrzebny na zmniejszenie, po wyłączeniu źródła dźwięku, poziomu ciśnienia akustycznego we wnętrzu o 60 dB.

Czas pogłosu w pomieszczeniu zależy przede wszystkim od jego kubatury i chłonności akustycznej. Im mniejsza kubatura i im większa chłonność akustyczna tym czas pogłosu krótszy. Niemniej jednak bardzo duże znaczenie ma geometria pomieszczenia oraz rozmieszczenie powierzchni i obiektów dźwiękochłonnych a także rozpraszających dźwięk. Im bardziej równomierne jest rozłożenie chłonności akustycznej i im więcej jest materiałów rozpraszających dźwięk tym krótszy czas pogłosu. Długość czasu pogłosu dla różnych pasm częstotliwości (ale dla tego samego pomieszczenia) mogą znacznie się różnić.

Wskaźnik Transmisji Mowy, STI.

Wskaźnik transmisji mowy (ang. Speech Transmission Index) jest to parametr określający w sposób obiektywny zrozumiałość mowy. Przybiera wartości w zakresie od zera do jedności, gdzie wyższa wartość oznacza lepszą zrozumiałość mowy. Technicznie pomiar polega na emisji w pomieszczeniu szumu o widmie zbliżonym do widma mowy ludzkiej modulowanego częstotliwościami zbliżonymi do tych, które występują w naturalnej mowie. Poziom dźwięku sygnału odpowiada poziomowi dźwięku normalnego głosu. Następnie bada się zmiany głębokości modulacji (czyli zniekształcenie) sygnału w różnych miejscach pomieszczenia.

Wartość STI w pomieszczeniu zależy od poziomu tła akustycznego (poziom dźwięku wytwarzanego np. przez instalację wentylacyjną czy dobiegającego z zewnątrz) oraz od czasu pogłosu. Im niższy poziom tła akustycznego i im krótszy czas pogłosu tym większe wartości przyjmuje STI. Przyjmuje się, że wartości STI większe niż 0,7 oznaczają doskonałą zrozumiałość mowy.

Chłonność akustyczna pomieszczenia, A (inaczej równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej pomieszczenia) to hipotetyczne pole powierzchni, w m², całkowicie pochłaniającej dźwięk (bez efektów dyfrakcyjnych) przy którym czas pogłosu byłby taki sam, jak w rozważanym pomieszczeniu, jeżeli powierzchnia ta byłaby jedynym elementem pochłaniającym w tym pomieszczeniu. W normie PN-B-02151-4:2015-06 wymagana minimalna chłonność akustyczna pomieszczenia określona jest jako krotność pola powierzchni jego rzutu (np. $A \geq 0,6 \times S$, gdzie S to powierzchnia pomieszczenia w m²).

Chłonność akustyczna pomieszczenia jest sumą chłonności akustycznej powierzchni ograniczających to pomieszczenie, chłonności akustycznej powietrza w nim zawartego oraz obiektów się w nim znajdujących. Obliczenie chłonności akustycznej danej powierzchni odbywa się poprzez pomnożenie jej powierzchni przez właściwy dla jej wykończenia współczynnik pochłaniania dźwięku. Wartości chłonności akustycznej dla różnych pasm częstotliwości (ale dla tego samego pomieszczenia czy materiału) mogą znacznie się różnić.

Współczynniki pochłaniania dźwięku określają stopień pochłaniania dźwięku przez materiał. Np. wartość 0,9 oznacza że 90% energii fali akustycznej jest przez dany materiał pochłaniane.

α_s - pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku, wyznaczany laboratoryjnie dla pasm tercjowych (100 Hz, 125Hz, 160 Hz itd.)

α_p - praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku, wyliczany dla pasm oktawowych (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz itd.) na podstawie wartości α_s

α_w - ważony wskaźnik pochłaniania dźwięku, jednoliczbowy wskaźnik wyliczany wg PN-EN ISO 11654

Inne symbole użyte w tekście

V - kubatura pomieszczenia

S - pole powierzchni rzutu pomieszczenia

H - wysokość pomieszczenia w świetle wykończenia

Dla obliczenia chłonności akustycznej pomieszczenia niezbędna jest znajomość własności dźwiękochłonnych materiałów w nim zastosowanych. Dla dokładności obliczeń wskazane jest, tam gdzie to możliwe, posługiwanie się wynikami pomiarów własności dźwiękochłonnych konkretnych, zastosowanych produktów i systemów. **Współczynniki pochłaniania dźwięku powinny być wyznaczone zgodnie z normą PN-EN ISO 354.**

Zestawienie własności dźwiękochłonnych systemów Ecophon można znaleźć pod adresem:

www.ecophon.com/acousticweb

W celu ułatwienia korzystania z normy PN-B—2151-4:2015_06 opracowaliśmy Przewodnik do normy wraz z kalkulatorem chłonności akustycznej. W przewodniku znajdują państwo, zalecenia dotyczące wykończenia pomieszczeń a także kalkulator pozwalający w prosty sposób obliczyć chłonność akustyczną pomieszczenia i sprawdzić czy spełnia wymagania normy. Kalkulator bazuje na szerokiej bazie danych materiałów wykończeniowych.

Dla uproszczenia projektowania prostych powtarzalnych pomieszczeń w zgodności z PN-B-02151-4, w przewodniku umieszczono przykłady rzeczywistych, funkcjonujących pomieszczeń, w których spełniono wymagania normy co zostało potwierdzone pomiarami akustycznymi.

Kalkulator można znaleźć pod adresem:

www.ecophon.pl/PN



Nazwa pomieszczenia: Numer pomieszczenia: Wilgotność pomieszczenia (20°C):

Zdefiniowane pomieszczenie: **Obiekty oświatowe; Korytarze; H = 3.2 m**

Powierzchnia [m²]: Kubatura [m³]: Wymagana A/S: Wymagana A [m²]:

Wymagana chłonność akustyczna A powinna być osiągnięta w każdym z pasm oktawowych o środkowej częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz i 2000 Hz. Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, lecz nieumeblowanych, bez obecności ludzi.

	Ilość	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Podłoga				
<input type="text" value="Podłoga"/>	<input type="text" value="120"/> m ²	<input type="checkbox"/> Pokaż pełną bazę materiałów		
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="Linoleum lub wykładzina PCW na betonie"/>	<input type="text" value="120"/> m ²	<input type="text" value="3.59"/>	<input type="text" value="4.8"/>	<input type="text" value="4.8"/>
<input type="button" value="+ Dodaj kolejną przegrodę"/>				
Sufit				
<input type="text" value="Sufit"/>	<input type="text" value="120"/> m ²	<input type="checkbox"/> Pokaż pełną bazę materiałów		
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="Master Rigid E, sufit podwieszany - c.w.k. 200mm, av"/>	<input type="text" value="110"/> m ²	<input type="text" value="99"/>	<input type="text" value="99"/>	<input type="text" value="110"/>
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="Oprawy rastrowe (przeliczone na metry kwadratowe)"/>	<input type="text" value="10"/> m ²	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Wymagania normy zostały spełnione!		ZAPISZ		
Chłonność akustyczna powietrza		<input type="text" value="0.92"/>	<input type="text" value="1.53"/>	<input type="text" value="2.91"/>
Razem chłonność akustyczna pomieszczenia A [m ²]		<input type="text" value="128.93"/>	<input type="text" value="133.41"/>	<input type="text" value="145.69"/>

Ecophon
SAINT-GOBAIN
A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Materiały dźwiękochłonne Ecophon po raz pierwszy poprawiły warunki pracy w 1958 roku w Szwecji. Obecnie firma jest światowym dostawcą systemów kształtujących akustykę obiektów biurowych, szkół i szpitali. Ecophon jest częścią grupy Saint-Gobain i posiada oddziały w większości krajów Europy oraz poza nią.

Ecophon współpracuje z instytucjami ochrony pracy i jednostkami badawczymi. Jest zaangażowany w tworzenie standardów zapewniających zdrowe środowisko pracy i nauki. Poprzez dostarczanie najwyższej jakości rozwiązań, chcemy osiągnąć pozycję lidera branży akustycznych sufitów i paneli ściennych.

www.ecophon.pl

SAINT-GOBAIN
www.ecophon.pl