



Konferencja Techniczna
Nowoczesne przeszklone przegrody
kluczem do komfortowego budynku

Warszawa 24.06.2020 r.

Właściwości akustyczne
przeszklonych ścian działowych

Anna Iżewska
Instytut Techniki Budowlanej
Zakład Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska



Poruszone zagadnienia

1. Zasady wprowadzenia przeszklonych ścian działowych do obrotu i powszechnego stosowania
2. Wskaźniki oceny akustycznej ścian jako wyrobu (określane w warunkach laboratoryjnych), normy pomiarowe
3. Od czego zależy izolacyjność akustyczna przeszklonej ściany działowej ?
4. Wymagania dot. izolacyjności akustycznej ścian w budynku
5. Współczynnik pochłaniania przeszklonych ścian działowych a hałas pogłosowy



Zasady wprowadzenia przeszklonych ścian działowych do obrotu i powszechnego stosowania

Brak normy zharmonizowanej wyrobu (znakowanie CE).

Dopuszczenie do obrotu i powszechnego stosowania –

na podstawie **A**probaty **T**echnicznej

(od 2017 r. - **K**rajowej **O**ceny **T**echnicznej)

lub **E**uropean **T**echnical **A**pproval.

Dokumentem opisującym główne charakterystyki oraz metody ich określenia (zastępującym normę zharmonizowaną) jest EAD 210005-00-0505 (dawny ETAG 003):

GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL

for INTERNAL PARTITION KITS FOR USE AS NON-LOADBEARING WALLS



Parametry oceny akustycznej

Normy pomiarowe

Parametrami oceny akustycznej są:

- **izolacyjność akustyczna** $R_w (C;C_{tr})$ mierzona w warunkach laboratoryjnych wg **EN ISO 10140-2** - *Akustyka – Pomiar laboratoryjne izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 2: Zasady pomiaru izolacyjności od dźwięków powietrznych*
- **współczynnik pochłaniania dźwięku** α_w mierzony w warunkach laboratoryjnych wg **EN ISO 354** - *Akustyka. Pomiar pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej*

EAD 210005-00-0505 (ani Aprobata Techniczna/KOT/ETA)
nie określa poziomu wymagań akustycznych !!!



IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA ŚCIAN PRZESZKŁONYCH



Badania laboratoryjne izolacyjności akustycznej przeszklonych ścian działowych

Warunki:

- ❖ próbka **powinna odwzorować rozwiązanie w budynku** (konstrukcja, wymiary i wypełnienie poszczególnych modułów przeziernych i nieprzeziernych, drzwi)
- ❖ wielkość powierzchni próbki **$\geq 10 \text{ m}^2$**
- ❖ **nie można określić izolacyjności akustycznej ściany na podstawie badania pojedynczych modułów** (tego rodzaju badania – jedynie jako porównawcze)



Badania laboratoryjne izolacyjności akustycznej przeszklonych ścian działowych

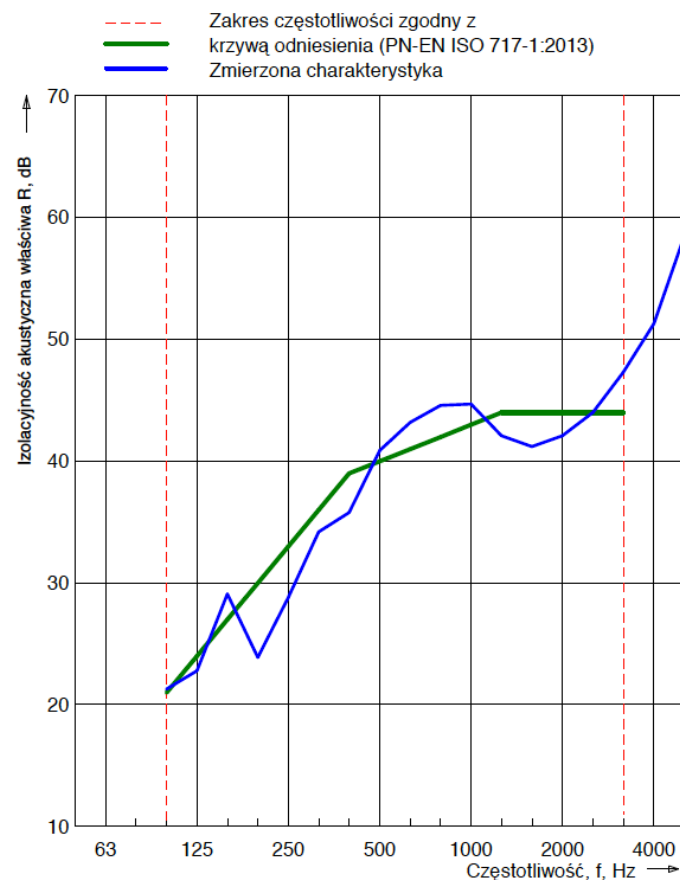
Przykłady próbek w laboratorium
(foto ITB)



Wyniki badań laboratoryjnych izolacyjności akustycznej wg PN-EN 10140-2:2011

Powierzchnia badanej próbki: **11,60 m²**
 Masa jednostkowa próbki: --- kg/m²
 Komora badawcza: nadawcza odbiorcza
 Objętość, m³: **100,0 93,0**
 Temperatura powietrza, °C: **22,0 21,2**
 Wilgotność wzgl. powietrza, %: **49,7 44,8**

Częstotliwość f [Hz]	R 1/3 oktawy [dB]
50	---
63	---
80	---
100	21,3
125	22,8
160	29,1
200	23,9
250	28,8
315	34,2
400	35,8
500	40,9
630	43,2
800	44,6
1000	44,7
1250	42,1
1600	41,2
2000	42,1
2500	44,0
3150	47,3
4000	51,3
5000	58,5



Wskaźniki wg PN-EN ISO 717-1:2013

$R_w(C;C_{tr}) = 40 (-1; -6) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = \text{--- dB}$ $C_{50-5000} = \text{--- dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = \text{--- dB}$ $C_{tr,50-5000} = \text{--- dB}$ $C_{tr,100-5000} = -6 \text{ dB}$



Wskaźniki oceny izolacyjności akustycznej ścian (wyniki badań laboratoryjnych)

$$R_w (C ; C_{tr})$$

gdzie:

R_w – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, dB

C – widmowy wskaźnik adaptacyjny dla np. hałasu bytowego, dB

C_{tr} – widmowy wskaźnik adaptacyjny dla np. hałasu ulicznego, dB

Wskaźniki jednoliczbowe oceny izolacyjności akustycznej obliczane są wg normy PN-EN ISO 717-1:2013



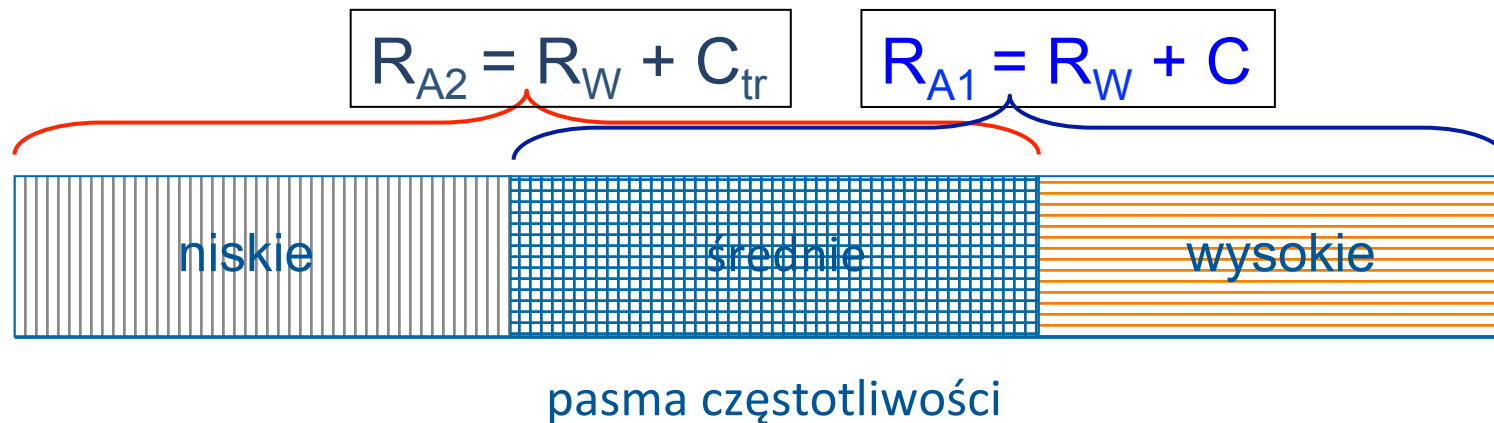
Parametry oceny akustycznej ścian

(wyniki badań laboratoryjnych wykorzystywane w wymaganiach normowych)

Jednoliczbowe wskaźniki oceny akustycznej uwzględniające kształt widma hałasu oraz korekcję A (ucha ludzkiego)

$$R_{A1} = R_W + C$$

$$R_{A2} = R_W + C_{tr}$$



Wskaźniki oceny akustycznej ścian

(wyniki badań laboratoryjnych wykorzystywane w wymaganiach normowych)

$R_{A1} = R_w + C$ – podstawowy wskaźnik do oceny izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych

$R_{A2} = R_w + C_{tr}$ – podstawowy wskaźnik do oceny izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych

Wskaźniki C i C_{tr} przyjmują wartości ujemne

(dla przeszklonych ścian działowych przeciętnie $C = -4$ do -2 dB; $C_{tr} = -8$ do -3 dB), a zatem:

$$R_{A1} < R_w \quad R_{A2} < R_w$$



Konstrukcja ściany przeszklonej a jej izolacyjność akustyczna

Elementy wpływające na izolacyjność akustyczną:

- ❖ **Wypełnienie:** **jednorodne** (przezierne) lub **mieszane** (przezierne i nieprzezierne)
- ❖ **Rodzaj wypełnienia** - typ oszklenia, konstrukcja części nieprzeziernej, **drzwi**
- ❖ **Szkielet konstrukcyjny** – przekroje, wypełnienie
- ❖ **Uszczelki** – szczelność połączeń elementów ściany oraz złączy z przegrodami otaczającymi



Uogólnienie wyników pomiarów izolacyjności akustycznej przeszklonych ścian działowych

Wyniki pomiarów izolacyjności akustycznej ściany mogą być uznawane dla:

- **innych oszkleń i wypełnień**, jeśli mają one taką samą lub większą izolacyjność akustyczną $R_w(C;C_{tr})$, potwierdzoną badaniami laboratoryjnymi
- **innych profili**, jeśli mają taką samą izolacyjność akustyczną $D_{n,e,w}(C;C_{tr})$ potwierdzoną badaniami laboratoryjnymi

(szyba jest zastąpiona materiałem o bardzo dużej izolacyjności i takiej samej grubości jak szyba)



Konstrukcja przeszklonej ściany działowej a jej izolacyjność akustyczna

Nie jest możliwe obliczeniowe określenie izolacyjności akustycznej ściany przeszklonej jako wypadkowej izolacyjności akustycznej poszczególnych elementów składowych.

Przyczyny - brak danych nt. izolacyjności akustycznej elementów składowych (profilu, uszczelek, czasem – szyb).

Można jednak wyznaczyć izolacyjność ściany o wypełnieniu mieszanym przy różnym % oszklenia (PO).

$$R_{wyp} = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{PO_i}{100} 10^{-R_i/10} \right)$$



Izolacyjność akustyczna ściany przeszklonej przy takim samym wypełnieniu mieszanym - przykład

(możliwość uogólnienia wyników badań na podstawie obliczeń)

Wariant	Wskaźnik oceny	Izolacyjność ściany w zależności od % przeszklenia, dB				
		0%	30%	50%	70%	100%
1	R_w	55	39	37	36	34
	R_{A1}	53	38	36	35	33
	R_{A2}	48	35	33	32	30
2	R_w	55	51	49	48	47
	R_{A1}	53	49	48	47	45
	R_{A2}	48	45	44	45	42

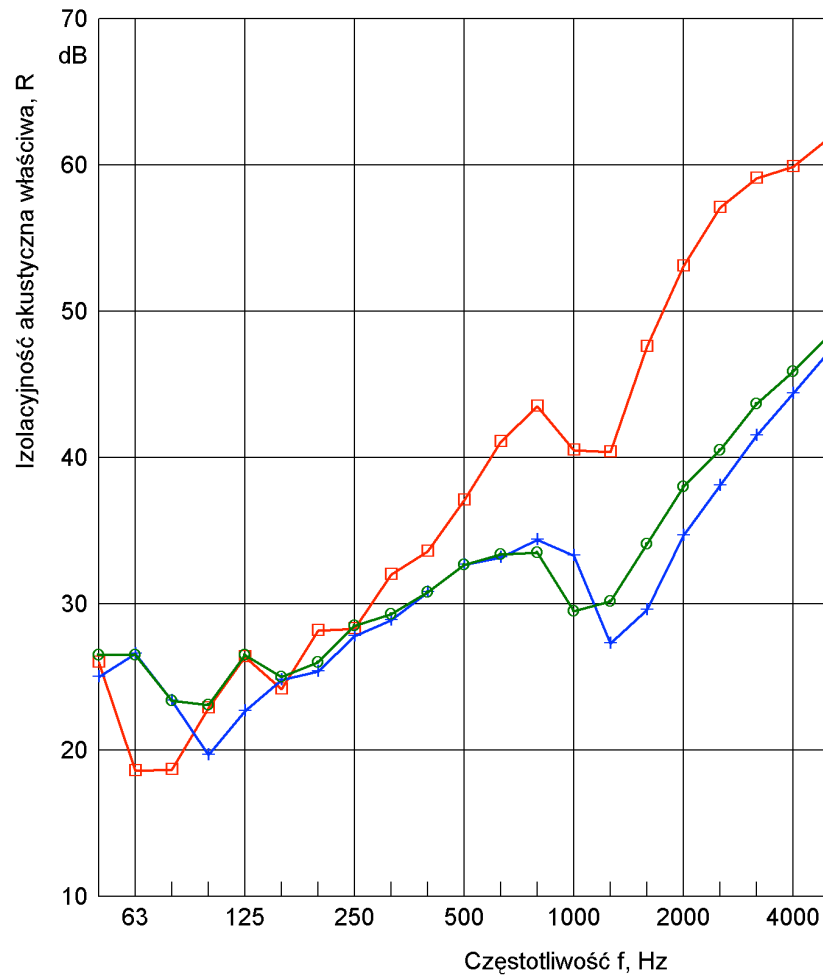
Izolacyjność pasa nieprzeziernego

>

Izolacyjność pasa przeziernego



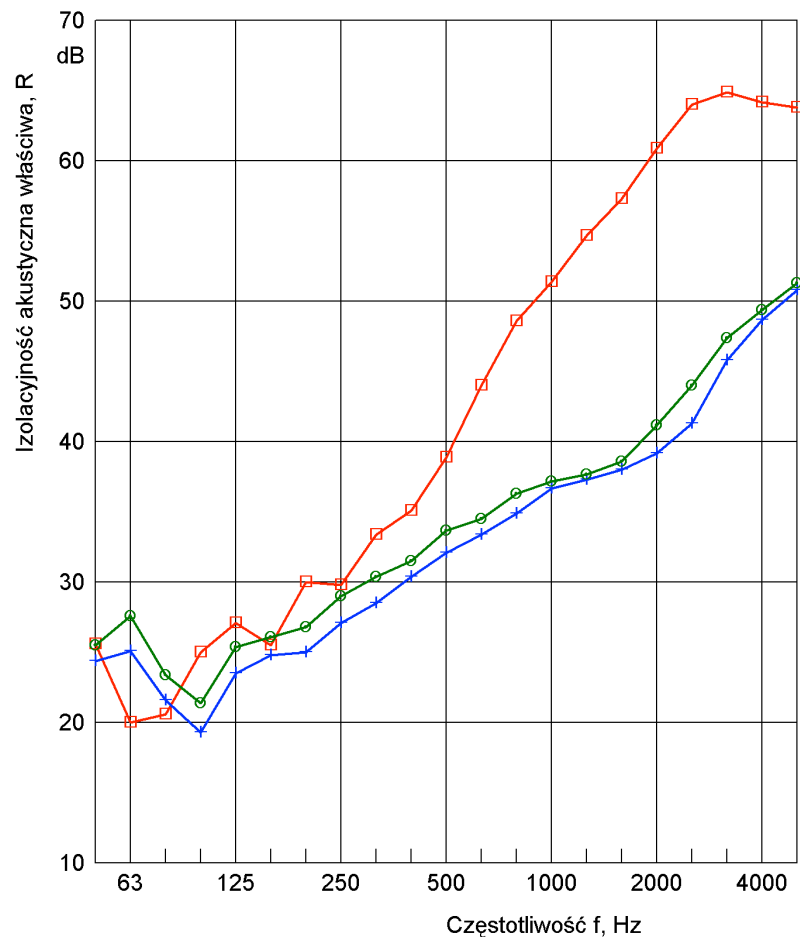
Wpływ rodzaju oszklenia na izolacyjność akustyczną ściany (szyby pojedyncze i podwójne)



Oszklenie	R_w dB	R_{A1} dB	R_{A2} dB
+ 55.1	33	32	30
o 66.1	34	33	31
□ 66.1 + 55.1	40	39	35



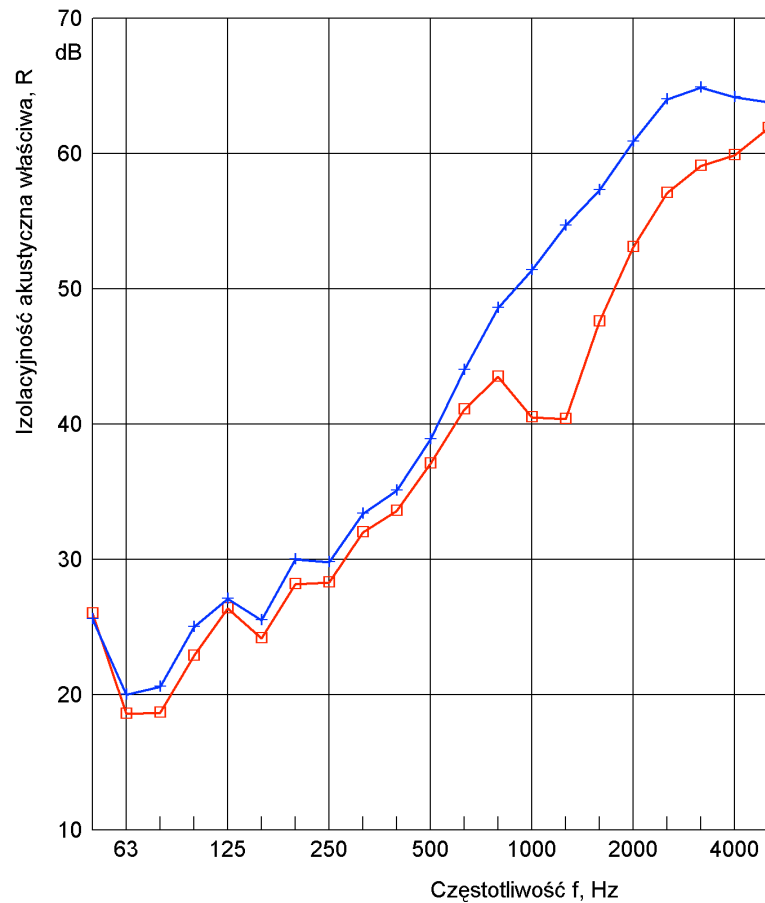
Wpływ rodzaju oszklenia na izolacyjność akustyczną ściany (szyby pojedyncze i podwójne z folią akustyczną)



Oszklenie	R_w dB	R_{A1} dB	R_{A2} dB
+ 55.2 SI	36	35	32
⊙ 66.2 SI	37	36	33
□ 66.2 SI + 55.2 SI	43	41	37



Wpływ rodzaju oszklenia na izolacyjność akustyczną ściany (szyby podwójne z folią i z folią akustyczną)



Oszklenie	R_w dB	R_{A1} dB	R_{A2} dB
□ 66.1 + 55.1	40	39	35
+ 66.2 SI + 55.2 SI	43	41	37



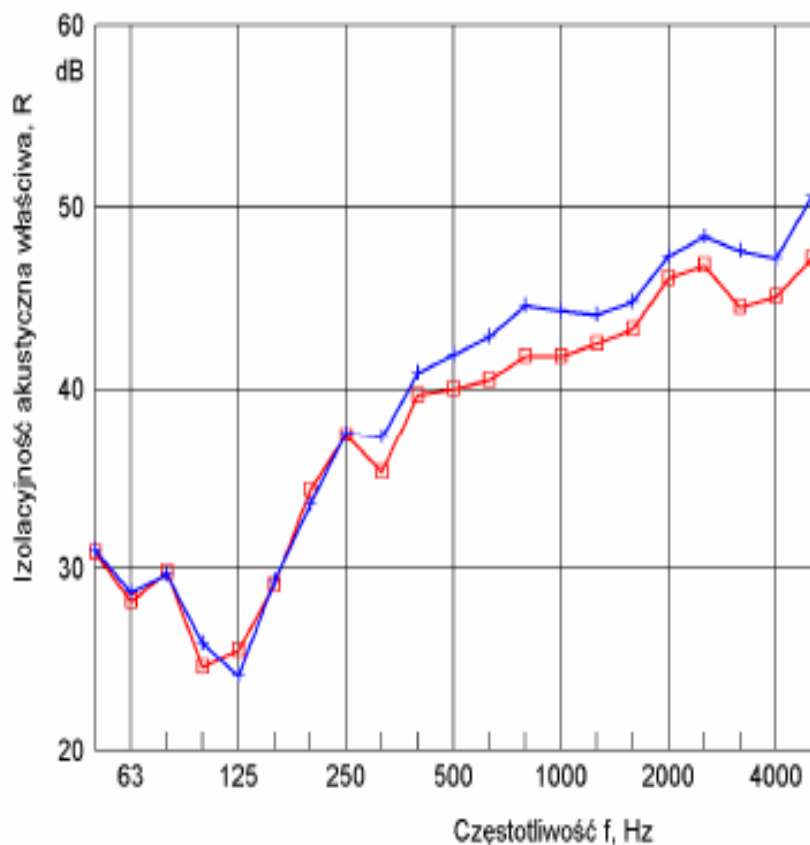
Wpływ izolacyjności szkieletu aluminiowego w zależności od izolacyjności oszklenia (ten sam system i geometria)

Oszklenie $R_w(C, C_{tr})$	Izolacyjność akustyczna ściany w porównaniu z izolacyjnością szyb			Uwagi
	ΔR_w , dB	ΔR_{A1} , dB	ΔR_{A2} , dB	
37(-2,-5)	0 ↑	+1 ↑	0 ↑	-
42(-2,-6)	0	-1	-1	Dodatkowe przenoszenie dźwięku przez kształtowniki
45(-2,-6)	-2	-2	-3	
51(-1,-4)	-3	-3	-5	



Wpływ izolacyjności szkieletu aluminiowego na izolacyjność ściany przeszklonej

Przykład – wypełnienie szkieletu piaskiem
(oszklenie 88.2SI/20/44.2SI)



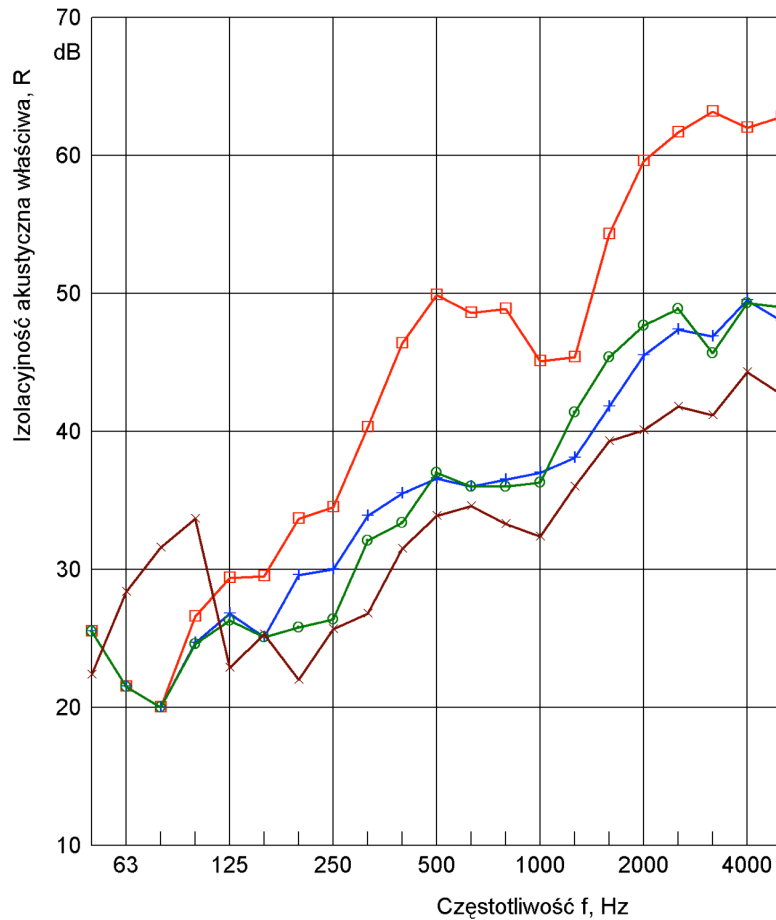
Wypełnienie szkieletu	R_w dB	R_{A1} dB	R_{A2} dB
□ brak	42	41	38
+ piasek	44	42	39



Wpływ izolacyjności drzwi na izolacyjność ściany przeszklonej

Szklenie ściany: 12.8 +12.8

Szklenie drzwi: (1) 9.5/12/4 , (2) 12.8



Wariant	R_w dB	R_{A1} dB	R_{A2} dB
□ ściana	47	45	40
⊙ ściana z drzwiami (1)	39	38	35
+ ściana z drzwiami (2)	38	37	34
× drzwi (1)	35	34	31



Wymagania akustyczne dla ścian wewnętrznych w budynku wg PN-B-02151-3:2015

Formułowanie wymagań – wartości wskaźników R'_{A1} [dB], które oznaczają *izolacyjność akustyczną ściany w pomieszczeniu* (dodany symbol „prim”)

$$R'_{A1} = R_{A1} - K_f \text{ [dB]}$$

gdzie K_f – przenoszenie boczne w budynku.

Wartości wymagane – zależne od rodzaju budynku i rodzaju pomieszczenia w budynku.

Minimalna wymagana izolacyjność ścian wewnętrznych
niezależnie od miejsca usytuowania

$$R'_{A1} = 30 \text{ dB}$$



Wymagania dot. Izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych w budynkach biurowych (wg PN-B-02151-3:2015)

VIII. Budynki biurowe		
Ściany i drzwi		
1. Ściana bez drzwi między pokojami biurowymi	R'_{A1}	$\geq 35 (\geq 40)^{1)}$
2. Ściana między pokojem biurowym a obszarem komunikacji ogólnej		
– ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	R'_{A1}	$\geq 35 (\geq 40)^{1)}$
– drzwi	$R_{A1,R}$	≥ 30
3. Ściana między pokojem do prowadzenia rozmów poufnych (w tym gabinecie dyrektorskiego) a innymi pomieszczeniami biurowymi lub korytarzem komunikacji ogólnej		
– ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	R'_{A1}	≥ 50
– drzwi	$R_{A1,R}$	≥ 40
4. Ściana między salami konferencyjnymi	R'_{A1}	≥ 48
5. Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej		
– ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	R'_{A1}	≥ 48
– drzwi	$R_{A1,R}$	≥ 35
¹⁾ <i>Większa wartość – zalecana</i>		

Uwaga dot. drzwi: $R_{A1,R} = R_{A1}$ (w labo) – 2 dB



Zapis wymagań akustycznych w kontrakcie na wykonanie przeszklonej ściany działowej w budynku

Na co zwracać uwagę:

1. Jakich wskaźników izolacyjności akustycznej dotyczą zapisane w kontrakcie wartości wymaganej izolacyjności akustycznej
 - czy dotyczą izolacyjności ściany jako wyrobu (wskaźnik bez „prima”), czy ściany w budynku (wskaźnik z „primem”)
 - czy jest to R_w lub R_{A1} czy R'_w lub R'_{A1} ?

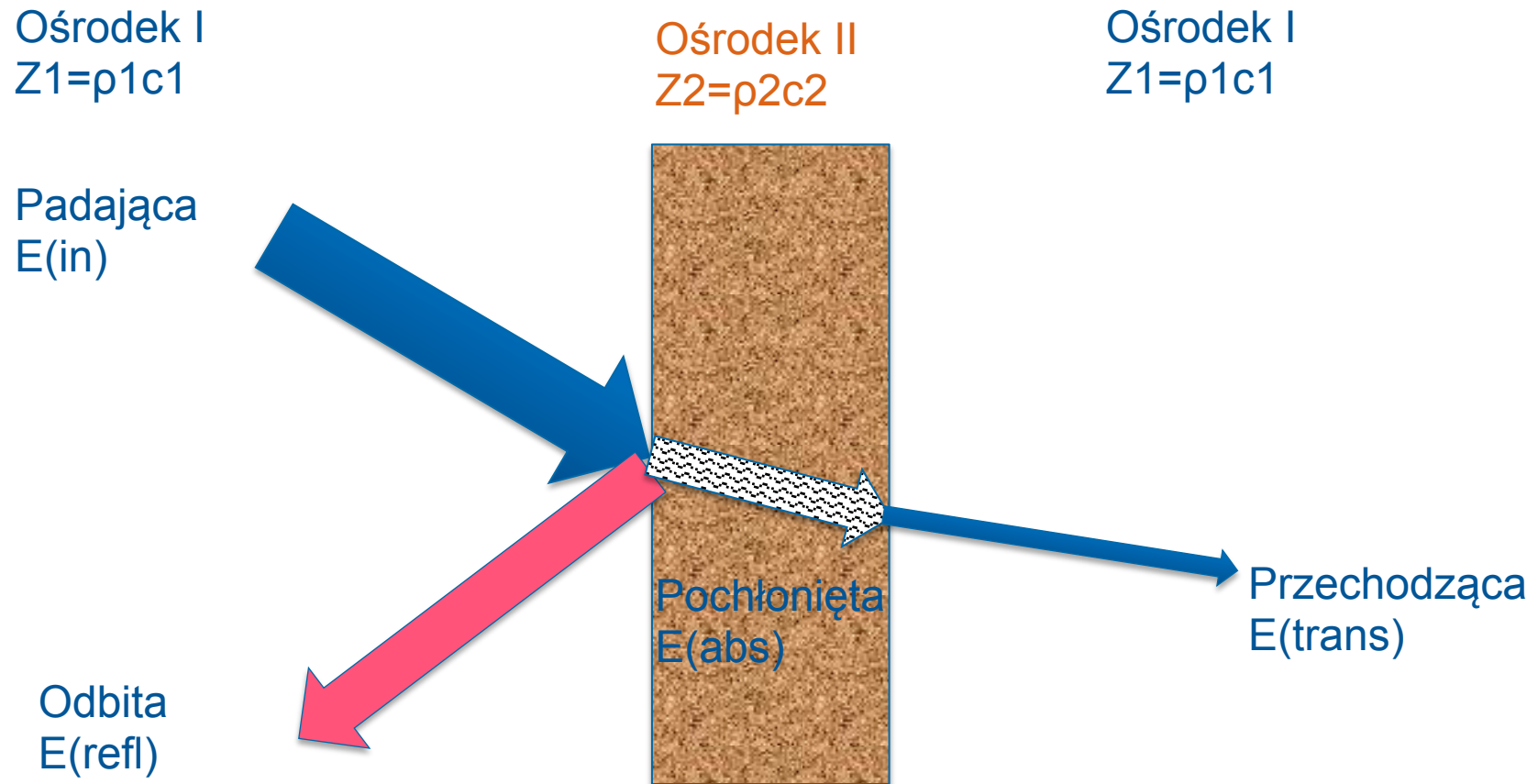
Zawsze trzeba pamiętać, że $R_w > R'_w$ $R_{A1} > R'_{A1}$!!!!
2. Na podstawie jakich badań ma być potwierdzone uzyskanie parametrów akustycznych zapisanych w kontrakcie – badań laboratoryjnych R_w lub R_{A1} czy w budynku R'_w lub R'_{A1} ?



WSPÓŁCZYNNIK
POCHŁANIANIA DŹWIĘKU
ŚCIAN PRZESZKLONYCH
➔ HAŁAS POGŁOSOWY



TRANSMISJA FALI DŹWIĘKOWEJ PRZEZ PRZEGRODĘ



$$E(in) = E(refl) + E(abs) + E(trans)$$



WSPÓŁCZYNNIK POCHŁANIANIA DŹWIĘKU

Określa stopień pochłaniania przez dany obiekt energii akustycznej (jego wartości od 0 do 1).

Wyznaczany jest ze stosunku energii fali akustycznej pochłoniętej przez daną powierzchnię do energii fali akustycznej padającej na tę powierzchnię.

$$\alpha_s = \frac{E(abs)}{E(in)}$$

Zależy od częstotliwości fali padającej oraz od struktury i rodzaju warstwy wierzchniej obiektu.

Na podstawie wartości współczynnika pochłaniania α_s w pasmach częstotliwości 125 Hz – 4000 Hz można wyznaczyć jednoliczbowy ważony wskaźnik pochłaniania dźwięku α_w (wg PN-EN ISO 11654).



WSPÓŁCZYNNIK POCHŁANIANIA DŹWIĘKU

Każdy materiał w pewnym stopniu pochłania i odbija fale dźwiękowe, z tym, że proporcje między energią fal odbitych i pochłoniętych są różne. Np. wartość współczynnika pochłaniania 0,80 oznacza, że 80% energii fali akustycznej jest przez dany materiał pochłaniane, a 20% odbijane.

Dobrymi materiałami dźwiękochłonnymi są materiały miękkie, porowate.

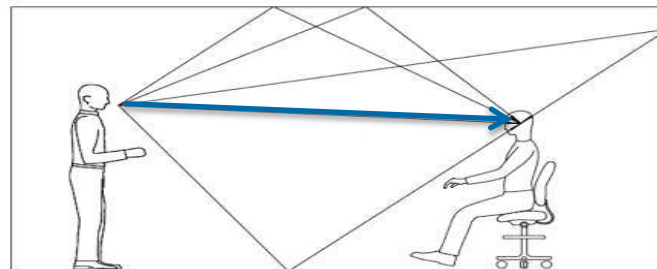
Materiały twarde i gładkie (np. szkło) bardzo słabo pochłaniają dźwięk, co oznacza, że głównie go odbijają, powodując występowanie hałasu pogłosowego.



HAŁAS POGŁOSOWY

Jest to składowa hałasu w pomieszczeniu, powstająca w wyniku odbić fali akustycznej od powierzchni ograniczających to pomieszczenie oraz od znajdujących się w nim obiektów.

Natężenie hałasu zależy od chłonności akustycznej pomieszczenia **A** (będącej sumą chłonności poszczególnych przegród $A_i = \alpha_i \times S_i$ i obiektów) oraz kształtu i objętości pomieszczenia.



JAK OGRANICZYĆ HAŁAS POGŁOSOWY ?

Adaptacja pomieszczenia pod kątem ograniczenia hałasu pogłosowego polega na zastosowaniu dodatkowych elementów pochłaniających dźwięk w postaci:

- adaptacji powierzchni odbijających przegród, tzn. dodaniu na nich materiałów lub ustrojów pochłaniających (sufitów podwieszanych, miękkich wykładzin dywanowych, elementów pochłaniających na powierzchni ścian)
- pochłaniaczy przestrzennych.



JAK OGRANICZYĆ HAŁAS POGŁOSOWY ?



JAK OGRANICZYĆ HAŁAS POGŁOSOWY ?



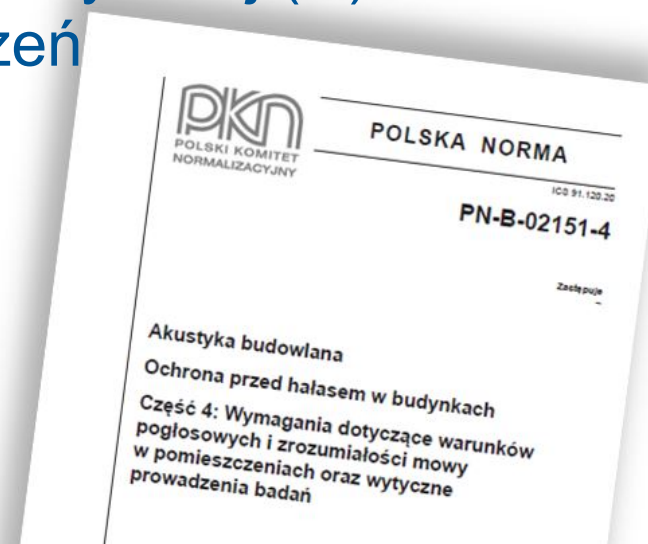
WYMAGANIA DOT. OCHRONY PRZED HAŁASEM POGŁOSOWYM

(wskazówki dla projektantów)

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

*Wszystkie te parametry związane są m.in.
ze współczynnikami pochłaniania dźwięku α
przegród otaczających pomieszczenie*



UWAGI KOŃCOWE

1. Jedną z charakterystyk użytkowych ścian wewnętrznych przeszklonych są ich właściwości akustyczne, wyrażone za pomocą wskaźników oceny **izolacyjności akustycznej** $R_w(C;C_{tr})$, dB oraz, w szczególnych przypadkach, za pomocą **wskaźnika pochłaniania dźwięku** α_w .

Parametry te są wyznaczone metodami laboratoryjnymi zgodnie z normami:

- PN – EN ISO –10140 -2 (pomiary izolacyjności akustycznej)
- PN – EN ISO 354 (pomiary pochłaniania dźwięku)



UWAGI KOŃCOWE

- 2. Badania** izolacyjności akustycznej ścian przeszklonych **w warunkach laboratoryjnych** powinny odbywać się na **pełnowymiarowych próbkach**, odwzorowujących w możliwie maksymalnym stopniu rozwiązania w budynku (powierzchnia nie powinna być mniejsza niż **10 m²**)
- 3. Izolacyjność** akustyczna ściany **nie może być określona metodami obliczeniowymi**; obliczenia, jako uzupełniające, mogą być pomocne jedynie przy uogólnianiu wyników badań.



UWAGI KOŃCOWE

4. **Ograniczone są możliwości wzrostu izolacyjności akustycznej ściany przeszklonej przez zastosowanie szyb zespolonych o dużej izolacyjności akustycznej; przyczyna – przenikanie dźwięku przez konstrukcję szkieletu.**
5. **Znaczący wzrost izolacyjności akustycznej można uzyskać stosując układy podwójne (szklenie dwuszybowe).**
6. W końcu 2015 r. ukazała się nowa norma na wymagania akustyczne w budynku, PN – B – 02151 – 3 : 2015, wprowadzająca **nowe wartości wymaganych wskaźników oceny izolacyjności akustycznej w zależności od miejsca zastosowania ściany.**



UWAGI KOŃCOWE

7. Wydana w kwietniu 2015 r norma PN – B – 02151 – 4 : 2015 „Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach” jest pierwszą polską normą dot. akustyki wewnątrz. Jej zadaniem jest pomoc architektom w zapewnieniu odpowiedniego komfortu akustycznego pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej i/lub narażonych na występowanie hałasu pogłosowego (np. w szkołach). Aby móc temu sprostać, konieczna jest m.in. znajomość wartości współczynników pochłaniania powierzchni przegród i wyposażenia pomieszczeń.
- W przypadku ścian przeszklonych, wartości tych współczynników są praktycznie nieznane, a jedyną informacją są podawane w różnych źródłach współczynniki pochłaniania szyb o wybranych grubościach (i niekreślonej powierzchni), wynoszące w poszczególnych pasmach częstotliwości α_s od 0.02 do 0.18 (α_w od 0.05 do 0.15). Czy to może wystarczać?



Dziękuję za uwagę

Anna Iżewska
Instytut Techniki Budowlanej
Zakład Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska
a.izewska@itb.pl

