

ZALECENIA

**DOTYCZĄCE UŻYCIA MATERIAŁÓW DŹWIĘKOCHŁONNYCH
w SALI SPORTOWEJ 36 x 45**

MIKOŁAJ JAROSZ

LUTY, 2017

1. Cel i podstawa opracowania

Celem opracowania jest wskazanie rozwiązań technicznych, które pozwolą zapewnić w projektowanej sali warunki akustyczne właściwe dla jej funkcji.

Przy przygotowaniu niniejszego opracowania wykorzystano:

- projekt budowlany wykonany przez MP Projekt z Krakowa
- normę PN-B-02151-4:2015-06

2. Opis sali

Sala sportowa o wymiarach 44,55 m x 25,45 m i kubaturze ok. 14.220 m³. Ściany murowane i tynkowane. Podłoga sportowa na legarach. Dach o konstrukcji z drewna klejonego przykryty blachą trapezową. Doświetlenie hali poprzez okna zlokalizowane w ścianach szczytowych i jednej ze ścian podłużnych. Przy jednej ze podłużnych ścian, zaprojektowano stałe trybuny ze 261 miejscami siedzącymi. Podłoga widowni wykończona wykładziną dywanową. Dodatkowo przewidziano składane trybuny dla 92 widzów.

3. Wymagania

Sale sportowe lokalizowane przy szkołach muszą najczęściej łączyć różne funkcje:

- zajęcia wychowania fizycznego
- zawody
- imprezy niesportowe (np. akademie, występy artystyczne, koncerty)
- egzaminy

Dla poprawnego przeprowadzenia w/w imprez niezbędne jest zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy poprzez ograniczenie pogłosu i poziomu tła akustycznego. Ogólny poziom hałasu musi być także ograniczony dla zmniejszenia wysiłku głosowego nauczycieli WF. Krótki czas pogłosu jest także bardzo pożądany, jeśli w sali mają się odbywać egzaminy.

Norma PN-B-02151-4 zaleca dla hal sportowych o kubaturze większej niż 5000 m³ czas pogłosu nie dłuższy niż **1,8 s**. Powyższe wymaganie powinno być spełnione we wszystkich pasmach oktawowych o środkowych częstotliwościach 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz. Dla pasma o środkowej częstotliwości 125 Hz wymaganie nie zostało określone ale czas pogłosu w tym paśmie powinien być w miarę możliwości o zbliżonej długości do tego z zakresu 250 – 4000 Hz.

Przedmiotowa sala sportowa przy pozostawieniu twardego wykończenia (tynk, szkło, podłoga sportowa, blacha, GK) charakteryzowałaby się czasem pogłosu na poziomie ok. 7 s (1 kHz).

4. Rozwiązania

Sufity

Sufit dźwiękochłonny instalowany w polach pomiędzy dźwigarami a płatwiami - równoległe do połaci dachowych. W poszczególnych polach instalowane ekrany o wymiarach 6000/2400. Do blachy trapezowej podwieszany ruszt z profili T24. Odległość rusztu od lica blachy trapezowej powinna wynosić ok. 200 mm. Wzmocnione (grubość blachy $\geq 0,48$ mm) profile główne (nr 2 na poniższym szkicu) instalowane równoległe do płatwi w rozstawie co 600 mm (z pozostawieniem marginesu szerokości ok. 200 mm po obu stronach każdej płatwi). Profile główne podwieszane za pomocą sztywnych wieszaków w profilu kątowych (nr 4) w rozstawie co 1200 mm. Profile główne spięte profilami poprzecznymi T24 o długości 600 mm (nr 3) w rozstawie co 1200 mm. Ruszt wykonany tak, aby dany ekran był podwieszony pośrodku pola tworzonego przez płatwie.

W tak powstały rusztu wkładane panele dźwiękochłonne o wymiarach 1200/600 (nr 1). Panele ułożone dłuższym bokiem prostopadłe do dźwigarów i zabezpieczone przed wybijaniem za pomocą usztywniaczy przeciwuderzeniowych (nr 5). Na jedną płytę 1200/600 powinny przypadać trzy takie usztywniacze.

Sufit (panele dźwiękochłonne wraz z konstrukcją) odporny na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 2A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

Płyty z wełny szklanej o grubości 35 mm, o formacie 1200/600. Lico płyt pokryte tkaniną z włókna szklanego o dużej odporności mechanicznej, tył płyty wykończony welonem szklanym. Krawędź płyt prosta. Powierzchnia licowa umożliwiająca czyszczenia na sucho i przecierania na mokro raz w tygodniu. Płyty odporne na wilgoć do 95% przy 30°C (zgodnie z normą ISO 4611). Materiał niepalny wg badań i klasyfikacji EN ISO 1182.

Łączna waga systemu (bez profili podkonstrukcji) to ok. 4 kg/m².

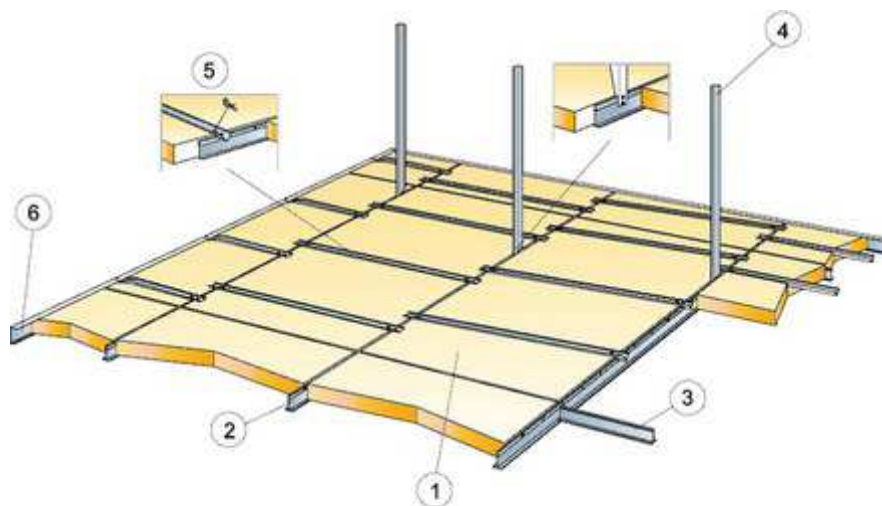
Właściwości akustyczne

Klasa pochłaniania dźwięku A dla c.w.k. 200 mm wg EN ISO 11654, $\alpha_w = 1,00$.

Praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku dla c.w.k. 200 mm podano poniżej:

Częst.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_p	0,50	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00

Łączna powierzchnia paneli dźwiękochłonnych na suficie wyniesie ok. 1065 m² (ok. 80% powierzchni dachu).



Ściany

Na ścianach instalowane dźwiękochłonne panele ścienne o wymiarach 1200/2700 mm. Panele zestawiane w ekrany i montowane na dodatkowym ruszcie z łąt 40/40 wypełnionym wełną szklaną o gęstości ok. 15 kg/m³ (zabieg taki pozwala na zwiększenie pochłaniania dźwięku w niskich częstotliwościach). Łaty montowane poziomo w odstępach osiowych co 400 mm. Panele dźwiękochłonne montowane do rusztu za pomocą profili typu omega (nr 6 na poniższym szkicu). Ekrany po obwodzie wykończone profilami ceowymi o szerokości 82 mm (ceowniki obejmujące jednocześnie panele ścienne i ruszt).

Panele ścienne odporne na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 1A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

Płyty z wełny szklanej o grubości 40 mm, o formacie 2700/1200. Lico płyt pokryte tkaniną z włókna szklanego o dużej odporności mechanicznej, tył płyty wykończony welonem szklanym. Krawędź prosto cięta. Powierzchnia licowa umożliwiająca czyszczenia na sucho i przecierania na mokro raz w tygodniu. Płyty odporne na wilgoć do 95% przy 30°C (zgodnie z normą ISO 4611). Materiał niepalny wg badań i klasyfikacji EN ISO 1182.

Łączna waga systemu to 4 kg/m².

Właściwości akustyczne

Klasa pochłaniania dźwięku A dla c.w.k. 43 mm wg EN ISO 11654, $\alpha_w = 1,00$.

Praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku dla c.w.k. 43 mm podano poniżej:

Częst.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_p	0,15	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00

Przy montażu paneli z dodatkową 40 mm warstwą wełny szklanej wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku wyniosą:

Częst.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_p	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Rozmieszczenie

Ściana podłużna (oś G)

Pomiędzy osiami 1 i 2 oraz 7 i 8 instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 4800 mm x 2700 mm. Każdy ekran złożony z 4 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,70.

Pomiędzy osiami 2 i 3 oraz 6 i 7 instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 3600 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 3 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

Pomiędzy osiami 3 i 4, 4 i 5 oraz 5 i 6 instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 4800 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 4 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

Ściana szczytowa (oś 1)

Pomiędzy osiami C i D oraz F i G instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2700 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,70.

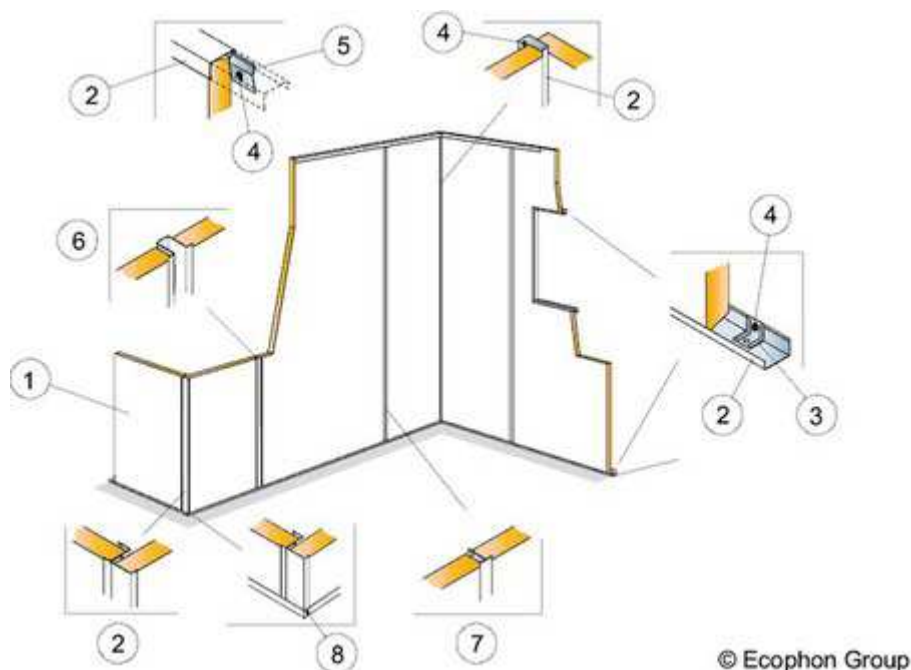
Pomiędzy osiami D i E oraz E i F instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

Ściana szczytowa (oś 8)

Pomiędzy osiami C i D oraz F i G instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2700 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,70.

Pomiędzy osiami D i E oraz E i F instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekran instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

Łączna powierzchnia paneli ściennych wyniesie 193 m².

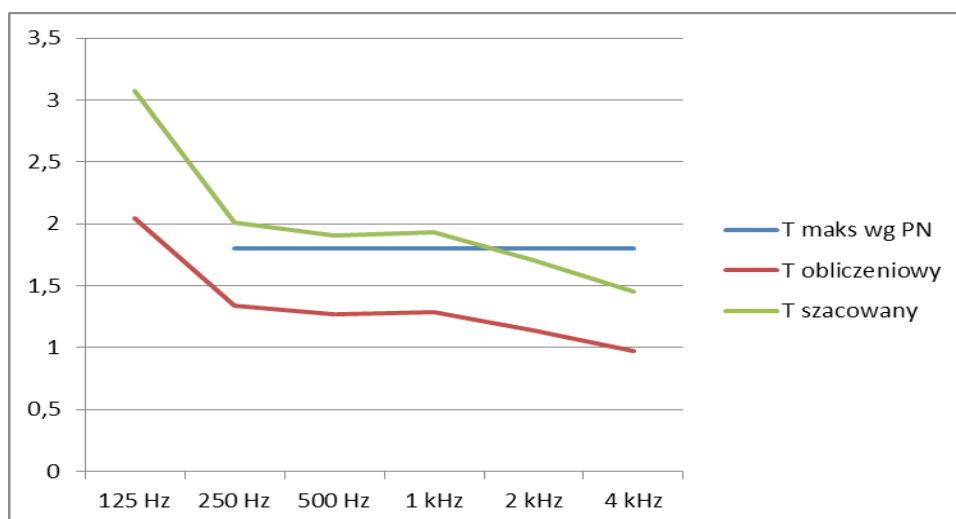


5. Rezultaty

Czas pogłosu w pomieszczeniu zależy od jego chłonności akustycznej, rozmieszczenia materiałów dźwiękochłonnych, a także stopnia rozproszenia dźwięku przez meble i wyposażenie. Przy założeniu doskonałego rozproszenia dźwięku we wnętrzu, przy wykończeniu j.w. obliczeniowy (Knudsen) czas pogłosu wyniósłby:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Czas pogłosu [s]	2,05	1,34	1,27	1,29	1,14	0,97

Ponieważ uzyskanie w pełni rozproszonego pola dźwiękowego w normalnej sali sportowej jest praktycznie niemożliwe (ze względu na brak elementów rozpraszających dźwięk i nierównomierne rozłożenie materiałów dźwiękochłonnych) należy przyjąć, że czas pogłosu w sali może być o ok. 40-50% dłuższy od obliczeniowego. Wynika z tego, że spodziewany czas pogłosu w pasmach 250-1000 Hz, może nieznacznie przekroczyć poziom 1,8 s.



Zwiększenie chłonności akustycznej skutkuje słabszym wzmocnieniem dźwięku przez pomieszczenie. Pomieszczenie wyłumione materiałami dźwiękochłonnymi będzie więc w czasie prowadzenia zajęć cichsze niż to wykończone twardymi materiałami. Dla przedmiotowej sali redukcja poziomu dźwięku wyniesie:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 KHz
ΔL	- 3,4 dB	- 6,3 dB	- 6,4 dB	- 6,4 dB	- 5,0 dB	- 4,0 dB

Rzeczywista redukcja poziomu dźwięku będzie o 2-3 dB większa, ze względu na odruchową zmianę zachowania uczniów w cichszym otoczeniu.

Mikołaj Jarosz

