

ZALECENIA

**DOTYCZĄCE UŻYCIA MATERIAŁÓW DŹWIĘKOCHŁONNYCH
w HALI SPORTOWEJ 20 x 40 m**

**MIKOŁAJ JAROSZ
MAJ, 2023**

Ecophon
SAINT-GOBAIN

1. Cel i podstawa opracowania

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

Przy przygotowaniu niniejszego opracowania wykorzystano:

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

2. Opis sali

Hala sportowa o wymiarach wewnętrznych 23,75 m x 45,30 m i kubaturze ok. 10.798 m³. Ściany zewnętrzne żelbetowe, wewnętrzne murowane i tynkowane. Podłoga areny zaprojektowana jako podłoga sportowa na legarach. Dach łukowy (eliptyczny) o konstrukcji stalowej przykryty blachą trapezową.

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 pożądanym, jeśli w sali mają się odbywać egzaminy.

Norma PN-B-02151-4 zaleca dla sal 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 norma zaleca dla pomieszczeń o dużej kubaturze, w których będzie instalowany system nagłośnieniowy, aby czas pogłosu w tym paśmie nie był dłuższy niż w pasmach 500 – 1000 Hz.

4. Rozwiązania

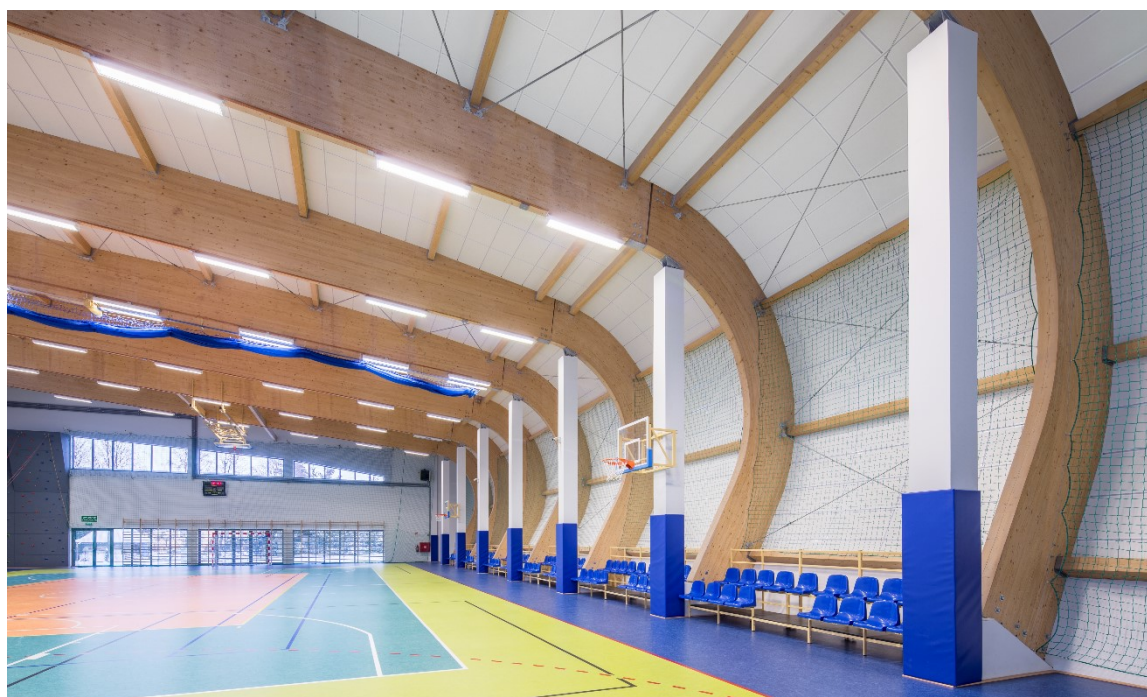
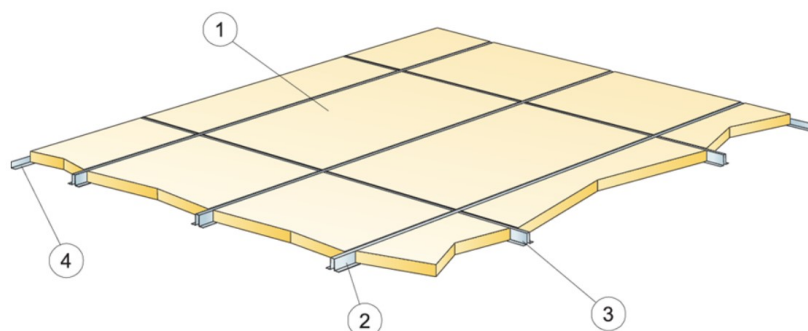
4.1. Wersja I

Sufity

Sufit dźwiękochłonny instalowany w postaci pasów pomiędzy dźwigarami. Pasy o szerokości 540 cm. łączna powierzchnia paneli dźwiękochłonnych na suficie hali wyniesie 1126 m².

Sposób montażu

Do blachy trapezowej, prostopadłe do jej fali (i równoległe do dźwigarów) montowane w rozstawie 40 cm profile podkonstrukcji (profile CD). Do podkonstrukcji montowane panele Super G Plus w formacie 1200/600/40 mm. Montaż za pomocą wzmocnionych profili Omega (nr 2 na poniższym szkicu). Każdy pas wykończony po obwodzie wzmocnionymi profilami ceowymi. Panele sufitowe wraz z konstrukcją odporne na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 1A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3). Waga systemu (razem z profilami podkonstrukcji) wynosi ok. 10 kg/m².



4.2. Wersja II

Sufity

Jak w wersji I.

Ściany

Panele dźwiękochłonne o wymiarach 2700/600/40 mm i 900/600/40 mm montowane bezpośrednio do ścian za pomocą profili typu omega. Po obwodzie każde pole wykończone profilem ceowym. Panele wraz z konstrukcją odporne na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 1A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

Rozmieszczenie

Ściana szczytowa w osi 12

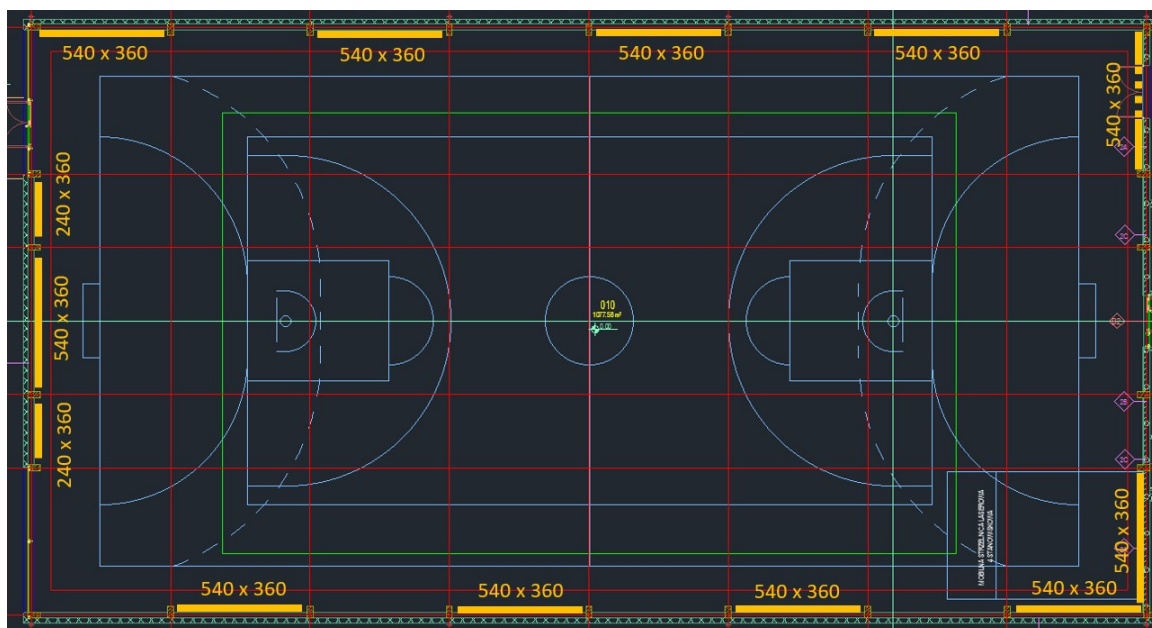
W polach pomiędzy słupami instalowane ekrany o wymiarach (s x h) 240 x 360 cm i 540 x 360 cm. Montaż od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem podłogi do wysokości 460 cm. Łączna powierzchnia paneli ściennych na tej ścianie wyniesie 36,7 m².

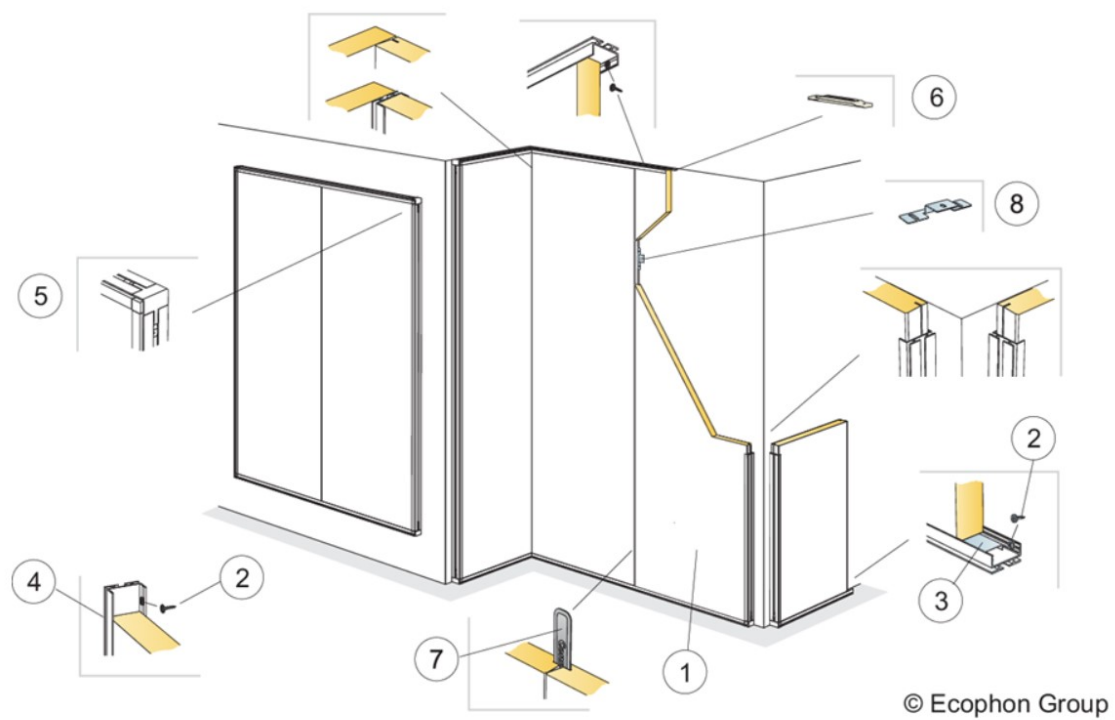
Ściana szczytowa w osi 4

W polach pomiędzy słupami instalowane ekrany o wymiarach (s x h) 540 x 360 cm. Montaż od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem podłogi do wysokości 460 cm. Panele odpowiednio przycięte przy otworze drzwiowym. Łączna powierzchnia paneli ściennych na tej ścianie wyniesie 36,7 m².

Ściany podłużne

W polach pomiędzy słupami instalowane ekrany o wymiarach (s x h) 540 x 360 cm. Montaż od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem podłogi do wysokości 460 cm. Ekrany instalowane na obu ścianach „na mijankę”. Łączna powierzchnia paneli ściennych na tych ścianach wyniesie 155,5 m².





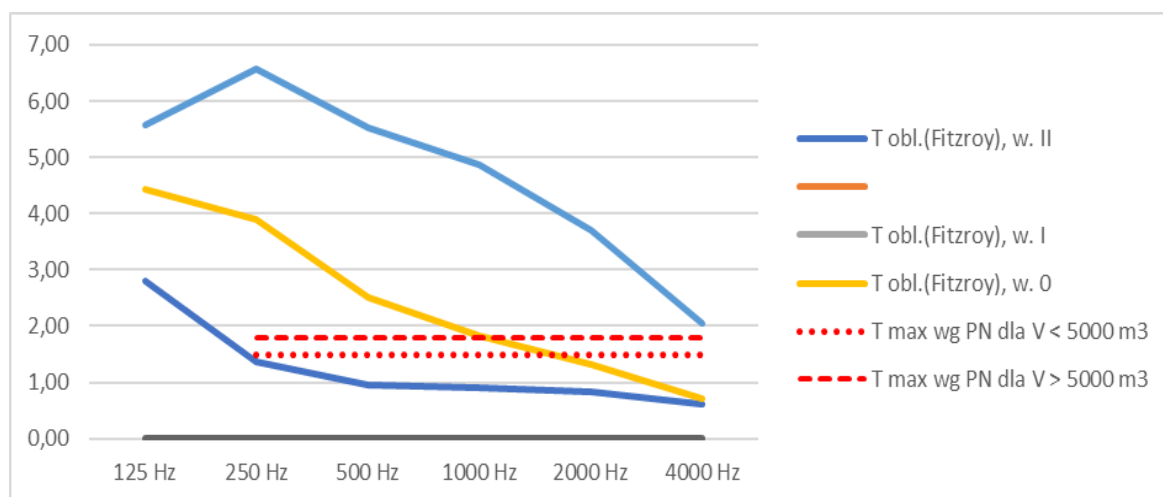
5. Wyniki

Obliczenia wykonano wykorzystując wzór Fitzroya, który pozwala na uwzględnienie w nich sposobu rozmieszczenia paneli dźwiękochłonnych w pomieszczeniu.

$$T = - \frac{0,161V}{S^2} \left[\frac{S_x^2}{S_x \ln(1-\alpha_x) + 4mV} + \frac{S_y^2}{S_y \ln(1-\alpha_y) + 4mV} + \frac{S_z^2}{S_z \ln(1-\alpha_z) + 4mV} \right]$$

Częstotliwość f , [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu T , [s], Wersja 0	5,6	6,6	5,5	4,9	3,7	2,1
Czas pogłosu T , [s], Wersja I	4,4	3,9	2,5	1,8	1,3	0,7
Czas pogłosu T , [s], Wersja II	2,8	1,4	1,0	0,9	0,8	0,6

Na wykresie poniżej przedstawiono obliczeniowe wartości czasu pogłosu dla czterech wersji wykończenia (Wersja 0 dotyczy wykończenia pozbawionego materiałów dźwiękochłonnych). Wersje II i III pozwolą na spełnienie wymagań normy, ale jedynie Wersja III pozwoli na spełnienie dodatkowych zaleceń dotyczących pogłosowości pomieszczenia w paśmie 125 Hz.



Zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia skutkuje jego wyciszeniem, ponieważ dźwięki w nim wytwarzane są w mniejszym stopniu wzmacniane przez odbicia od ścian i sufitu. Hala sportowa wykończona wg niniejszych zaleceń będzie więc cichsza w trakcie prowadzenia zajęć niż takie samo pomieszczenie pozbawione materiałów dźwiękochłonnych. W poniższej tabeli podano obliczeniowe wartości redukcji poziomu dźwięku ΔL (w stosunku do wersji 0).

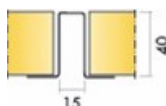
Częstotliwość f , [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 KHz
ΔL , dB, Wersja I	- 2,1	- 5,9	- 7,1	- 7,0	- 6,4	- 4,9
ΔL , dB, Wersja II	- 2,5	- 6,6	- 7,8	- 7,7	- 7,0	- 5,5

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

6. Specyfikacje paneli dźwiękochłonnych

Ecophon Super G Plus A

Sufit składający się z podwieszanych paneli sufitowych z wełny szklanej Ecophon Super G Plus z prostymi krawędziami (krawędź A). Format 1200x600x40 mm.



Widoczna powierzchnia płyty sufitowej pokryta jest powłoką Super G - białą mocną tkaniną z włókna szklanego. Krawędzie są zagruntowane.

Wygląd: Najbliższy kolor NCS widocznej białej powierzchni paneli to S 1002-Y. Powierzchnia sufitu ma współczynnik odbicia światła 78%.

Akustyka: Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku (dla całkowitej wysokości systemu: 200 mm) podano poniżej:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
c.w.k.200 mm	0,45	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00

Wartości mierzone zgodnie z EN ISO 354 i klasyfikowane zgodnie z EN ISO 11654.

Bezpieczeństwo przeciwpożarowe: Płyty sufitowe mają klasę A2-s1, d0 zgodnie z EN 13501-1; konstrukcja jest w klasie A1. Rdzeń z wełny szklanej jest przebadany i sklasyfikowany jako niepalny zgodnie z EN ISO 1182.

Wytrzymałość mechaniczna: Panele są w 100% stabilne w środowiskach osiagających do 95% wilgotności względnej przy temperaturze 30°C. Klasa C/5N potwierdzona w DWU. Testowane zgodnie z normą EN 13964: 2014, załącznik F.

Odporność na uderzenia: System sufitowy jest sklasyfikowany pod względem odporności na uderzenia w klasie 1A zgodnie z normą EN 13964, załącznik D.

Wpływ na zdrowie i komfort w pomieszczeniach: Panele sufitowe są zgodne z francuskimi przepisami dotyczącymi emisji VOC, poziom A. Są również certyfikowane przez Fińską Fundację Informacji Budowlanych (RTS) z etykietą M1. Panele nie zawierają substancji wysokiego ryzyka (SVHC) powyżej 100 ppm, zgodnie z definicją zawartą w europejskim rozporządzeniu REACH (nr 1907/2006).

Ślad węglowy: Ocena cyklu życia (LCA) paneli sufitowych jest przeprowadzana zgodnie z EN 15804 i ISO 14025 i jest zweryfikowana przez stronę trzecią w deklaracji środowiskowej produktu (EPD). Emisja CO₂ z panelu w okresie jego użytkowania nie przekracza 7,73 kg CO₂ equiv/m².

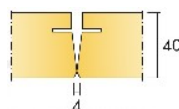
Recykling: Minimalna zawartość materiałów z recyklingu do produkcji płyt wynosi 59%. Płyty i konstrukcja w 100% podlegają recyklingowi.

Oznakowanie CE: System sufitowy posiada oznaczenie CE zgodnie ze zharmonizowaną normą EN 13964: 2014 („Sufity podwieszane, wymagania i metody badań”), wraz z wydanymi Deklaracjami Właściwości Użytkowych (DoP).

Konserwacja: Możliwe codzienne odkurzanie ręczne i maszynowe oraz przecieranie na mokro raz w tygodniu.

Ecophon Akusto Wall C Super G

Okładzina ścienna składająca się z paneli ściennych z wełny szklanej Ecophon Akusto Wall C ze ściętymi krawędziami zakończonymi niewielką fazą, tworzącymi dyskretne połączenia (krawędź C). Format paneli 2700x600x40 mm. Montaż za pomocą systemowych profili i akcesoriów Ecophon Connect.



Waga systemu (łącznie z konstrukcją) wynosi około 5 kg/m². Widoczna powierzchnia paneli ściennych pokryta jest odporną na uderzenia tkaniną z włókna szklanego.

Montaż: System należy zamontować zgodnie ze schematem montażu Ecophon M354.

Wygląd: Kolor biały 085, najbliższy kolor NCS to S 1002-Y, odbicie światła 78%. Kolor szary 984, najbliższy kolor NCS to NCS S 3502-G, odbicie światła 38%.

Akustyka: Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku podano poniżej:

Grubość mm	c.w.k. mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
40	40	0.25	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00

Wartości mierzone zgodnie z EN ISO 354 i klasyfikowane zgodnie z EN ISO 11654.

Prywatność rozmów: Panel ścienny ma klasę artykulacji AC (1,5) = 240 zgodnie z ASTM E 1111 i E 1110.

Bezpieczeństwo przeciwpożarowe: Panele ścienne mają klasę A2-s1, d0 zgodnie z EN 13501-1; konstrukcja jest w klasie A1. Rdzeń z wełny szklanej jest przebadany i sklasyfikowany jako niepalny zgodnie z EN ISO 1182.

Wytrzymałość mechaniczna: Panele są w 100% stabilne w środowiskach osiagających do 95% wilgotności względnej i przy temperaturze 30°C. Testowane zgodnie z normą EN 13964: 2014, załącznik F.

Odporność na uderzenia: Panel ścienny zainstalowany zgodnie z M354 został przetestowany zgodnie z EN 13964 załącznik D i DIN 18032 część 3 i spełnia wymagania odpowiadające klasie 1A.

Wpływ na zdrowie i komfort w pomieszczeniach: Panele ścienne są zgodne z francuskimi przepisami dotyczącymi emisji VOC, poziom A. Są również certyfikowane przez Fińską Fundację Informacji Budowlanych (RTS) z etykietą M1. Panele nie zawierają substancji wysokiego ryzyka (SVHC) powyżej 100 ppm, zgodnie z definicją zawartą w europejskim rozporządzeniu REACH (nr 1907/2006).

Ślad węglowy: Ocena cyklu życia (LCA) paneli jest przeprowadzana zgodnie z EN 15804 i ISO 14025 i jest zweryfikowana przez stronę trzecią w deklaracji środowiskowej produktu (EPD). Emisja CO₂ z panelu w okresie jego użytkowania nie przekracza 9,03 kg CO₂ equiv/m².

Recykling: Minimalna zawartość materiałów z recyklingu do produkcji paneli wynosi 60%. Panele i konstrukcja w 100% podlegają recyklingowi.

Konserwacja: Codzienne odkurzanie ręczne i maszynowe oraz przecieranie na mokro raz w tygodniu.



Mikołaj Jarosz