

**JEDNOSTKA PROJEKTOWA:**

SOUND & SPACE SP. Z O.O.  
60-682 Poznań, ul. W. Biegańskiego 61a

**OBIEKT:**

Budynek lodowiska

**ADRES INWESTYCJI:**

Świdnica, ul. Śląska 33  
Dz. nr 3153 i 3154 Obręb 0004 Śródmieście

**INWESTOR:**

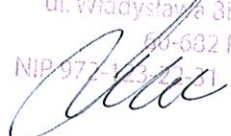
Świdnicki Ośrodek Sportu i Rekreacji  
58-100 Świdnica, ul. Śląska 35

**OPRACOWANIE**

**PROJEKT REMONTU  
ETAP 6:  
REMONT NAGŁOŚNIENIA, OŚWIETLENIA I  
WYKOŃCZENIE ŚCIAN HALI LODOWISKA.  
NAGŁOŚNIENIE HALI LODOWISKA**

**MARZEC 2016 r.**

SOUND & SPACE sp. z o.o.  
ul. Władysława Biegańskiego 61A  
60-682 Poznań  
NIP 972-123-22-31 Regon 301777081



## Spis treści:

<b>1. WSTĘP</b> .....	<b>5</b>
1.1. Przedmiot, podstawa i zakres opracowania.....	5
<b>2. AKUSTYKA WNĘTRZ</b> .....	<b>5</b>
2.1. Merytoryczna podstawa opracowania.....	5
2.2. Cel i zakres opracowania .....	6
2.3. Charakterystyka obiektu .....	6
2.4. Definicje .....	6
2.5. Wymagania .....	8
2.6. Analiza czasu pogłosu.....	10
2.6.1. Stan istniejący .....	10
2.6.2. Proponowane rozwiązania.....	12
2.7. Podsumowanie.....	13
<b>3. WYPOSAŻENIE</b> .....	<b>13</b>
3.1. Elektroakustyka.....	13
3.1.1. Założenia projektowe.....	13
3.1.2. Urządzenia hali głównej.....	14
3.1.3. Urządzenia zaplecza szatni .....	14
3.1.4. Transmisja audio .....	15
3.1.5. Pomieszczenie realizatora .....	16
3.1.6. Symulacje akustyczne .....	16
3.1.7. Specyfikacje techniczne urządzeń.....	20
3.1.8. Wytyczne elektryczne dla systemu nagłośnienia Lodowisko OSIR .....	23
3.1.9. Bilans mocy .....	24
3.2. Oświetlenie sceniczne .....	24
3.2.1. System oświetlenia eventowego .....	25
3.2.2. Reflektory prowadzące .....	25
3.2.3. Uwagi: .....	25
3.2.4. Specyfikacja techniczna urządzeń.....	25
3.3. System śledzenia obiektu Fallow Spot .....	27
3.3.1. System śledzenia ruchu.....	27
3.3.2. Zestawienie urządzeń.....	27
3.3.3. Uwagi: .....	28
3.4. Telebim .....	28

3.4.1.	Telebim.....	28
3.4.2.	Specyfikacja techniczna urządzenia .....	29
<b>4.</b>	<b>SPIS RYSUNKÓW .....</b>	<b>30</b>

**OPIS TECHNICZNY  
ZESTAWIENIE WYPOSAŻENIA**

## 1. Wstęp

### 1.1. Przedmiot, podstawa i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania technologicznego "Projekt remontu - Etap 6: remont nagłośnienia, oświetlenia i wykończenie ścian hali lodowiska. Nagłośnienie hali lodowiska" jest opracowanie projektu adaptacji akustycznej, elektroakustyki oraz oświetlenia estradowego wraz z wyposażeniem, które zapewni odpowiednie funkcjonowanie obiektu zgodnie z założonymi funkcjami określonymi przez Inwestora. Budynek wyposażono w zakresie oświetlenia scenicznego, elektroakustyki oraz technologii niezbędnej do realizacji imprez sportowych.

#### Uwagi:

- Użyte w dokumentach nazwy materiałów i urządzeń lub jakichkolwiek wyrobów czy produktów służą jedynie określeniu pożądanego standardu wykonania i określenia właściwości oraz wymogów techniczno - użytkowych założonych w dokumentacji technicznej dla danego typu rozwiązań. Za równoważne Inwestor uzna takie, które charakteryzują się właściwościami funkcjonalnymi i jakościowymi takimi samymi lub zbliżonymi do tych, które zostały określone w SIWZ, lecz oznaczone innym znakiem towarowym, patentem lub pochodzeniem.

## 2. Akustyka wewnątrz

### 2.1. Merytoryczna podstawa opracowania

- 1. Podkłady architektoniczne Hali Lodowiska na terenie Świdnickiego Ośrodka Sportu i Rekreacji przy ulicy Śląskiej 35 w Świdnicy przygotowane przez biuro architektoniczne ARCHIKON Robert Kryśpiak, 58-100 Świdnica, ul. Armii Krajowej 29/9.
- 2. PN-B-02151-4 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych I zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.
- 3. Maekawa Z., Lord P., Environmental and architectural acoustics, E&FN SPON London 1993
- 4. W. Fasold, E. Sonntag, H. Winkler, Bau-und Raumakustik, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1987

- 5. Knudsen V., Harris C., Acoustical designing in architecture John Wiley & sons, INC London 1950
- 6. Jerzy Sadowski Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie, Warszawa 1971

## 2.2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest określenie optymalnej wartości parametru czasu pogłosu zapewniającej komfortowe użytkowanie hali lodowiska, biorąc pod uwagę wymiary geometryczne, kubaturę hali i obowiązujące normy, a następnie zaprojektowanie, odpowiednie rozmieszczenie oraz dobór elementów tłumiących na powierzchniach ograniczających pomieszczenia.

Opracowanie zawiera:

- Analiza warunków pogłosowych i ustalenie optymalnych wartości parametrów akustycznych
- Dobór oraz rozmieszczenie ustrojów i materiałów dźwiękochłonnych.
- Obliczenie czasu pogłosu w funkcji częstotliwości.

## 2.3. Charakterystyka obiektu

Budynek Hali Lodowiska zlokalizowany jest na terenie Świdnickiego Ośrodka Sportu i Rekreacji przy ulicy Śląskiej 35 w Świdnicy. Hala lodowiska oprócz funkcji zasadniczych wykorzystywana będzie również jako sala widowiskowo-koncertowa i tor kartingowy.

## 2.4. Definicje

### Decybel (dB)

Stosunek dwóch wielkości wyrażony miarą logarytmiczną. Stosunek ciśnienia akustycznego percypowanego przez ucho ludzkie ma się jak 10000000 (najgłośniejsze dźwięki) do 1 (najcichsze dźwięki). Stosunek chwilowego ciśnienia dźwięku do najmniejszego percypowanego nazywany jest poziomem ciśnienia dźwięku (Lp). Dla decybeli obowiązują prawa logarytmicznego dodawania i odejmowania.

### dB(A)

Jednostka używana do określenia ważonego poziomu ciśnienia dźwięku, który lepiej koresponduje subiektywnemu postrzeganiu jego głośności. Ważenie krzywą A obrazuje

percepcję układu słuchowego, który jest znacznie mniej wrażliwy na dźwięki o wysokich i niskich częstotliwościach, niż na te mieszczące się w zakresie 500Hz – 4kHz.

### **Współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha$**

Współczynnik pochłaniania jest miarą zdolności powierzchni do pochłaniania fal dźwiękowych. Definiowany jest jako stosunek energii fali pochłoniętej do energii fali padającej na przegrodę.

$$\alpha = \frac{E1}{E2}$$

gdzie:

E1 to energia fali pochłoniętej,

E2 to energia fali padającej.

### **Czas pogłosu $T_p$**

Czas pogłosu  $T_p$  (ang. Reverberation Time) jest jednym z podstawowych kryteriów oceny jakości sal przeznaczonych zarówno dla przedstawień słownych jak i występów muzycznych. Jest to czas, w którym energia dźwiękowa zawarta w stanie ustalonym w pomieszczeniu od kulistego źródła dźwięku zmaleje po wyłączeniu tego źródła o 60 dB. Dla każdego pomieszczenia, w zależności od rodzaju przedstawienia, jak też od jego objętości, zalecane są optymalne przedziały wartości czasu pogłosu i jego optymalna charakterystyka częstotliwościowa. Charakterystyki podawane przez różnych autorów różnią się między sobą.

$$T_p(f) = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \ln(1 - \alpha(f))}$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia w [m<sup>3</sup>],

S – powierzchnia ścian pomieszczenia,

$\alpha(f)$  średni współczynnik pochłaniania w danym paśmie częstotliwości.

### **STI**

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są współczynniki STI. Odzwierciedlają one w bezpośredni sposób zrozumiałość mowy w pomieszczeniu. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie ( MTF – Modulation Transfer Function). Analiza taka polega na

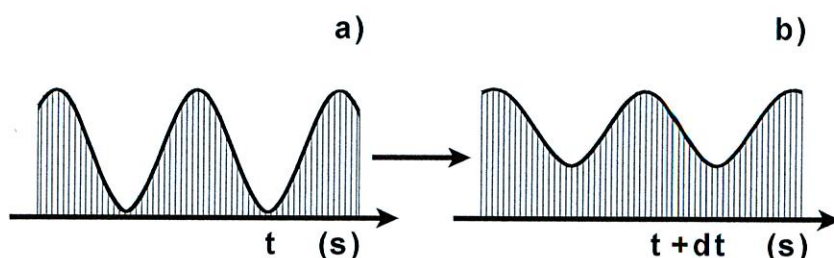
wygenerowaniu szumu pasmowego zmodulowanego amplitudowo małą częstotliwością ze współczynnikiem modulacji 100%, a następnie na pomiarze głębokości modulacji sygnału odebranego.

Funkcje przeniesienia modulacji wyznacza się z odpowiedzi impulsowej pomieszczenia ze wzoru:

$$MTF(F_{\text{mod}}) = \left| \frac{\sum_{i=kd}^{kg} H(i) \cdot H(L_F - i)}{\sum_{i=kd}^{kg} |H(i)|^2} \right|$$

gdzie

$L_F$  – numer prążka odpowiadający częstotliwości modulującej  $f_{\text{mod}}$ .



Oprócz wartości współczynników STI w oktawach oblicza się wartość średnią  $STI_{\text{śr}}$ . Współczynnik  $STI_{\text{śr}}$  określa zrozumiałość mowy w pomieszczeniu i w zależności od jego wartości następuje ocena globalna pomieszczenia:

**Tabela 1** Klasy jakości sal ze względu na współczynnik zrozumiałości mowy

$STI_{\text{śr}}$	< 0,30	0,30 - 0,45	0,45 - 0,60	0,60 - 0,75	>0,75
<b>ocena</b>	BAD	POOR	FAIR	GOOD	EXCELLENT

## 2.5. Wymagania

Warunki pogłosowe kształtuje się za pomocą umieszczania na ścianach i suficie odpowiedniej ilości materiałów dźwiękochłonnych bądź ustrojów akustycznych.



Warunki pogłosowe w pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej, wyrażone za pomocą maksymalnego czasu pogłosu T lub minimalnej chłonności akustycznej A, określa norma PN-B-02151-4 [2].

Stosowanie wymagań normy w odniesieniu do określonych pomieszczeń ma na celu:

- Zmniejszenie hałasu w pomieszczeniu poprzez ograniczenie jego składowej, jaką jest hałas pogłosowy,
- Zapewnienie zrozumiałości mowy umożliwiające właściwe użytkowanie pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej.

Wymagania dotyczące ograniczenia hałasu pogłosowego w pomieszczeniach należy określać za pomocą dopuszczalnego czasu pogłosu T.

Wymagania dotyczące dopuszczalnego czasu pogłosu T w pasmach oktaowych o środkowych częstotliwościach f wynoszących 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz i 4000 Hz.

Podane w tabeli 2 wartości dopuszczalnego czasu pogłosu T, jeśli nie wyszczególniono inaczej, odnoszą się do pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementami umeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi.

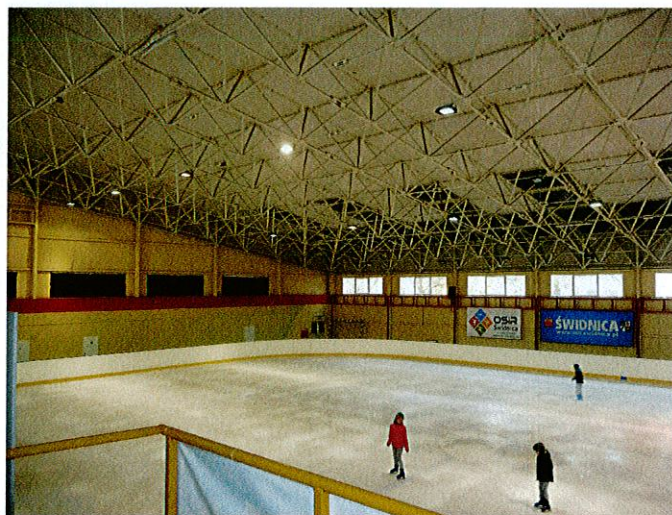
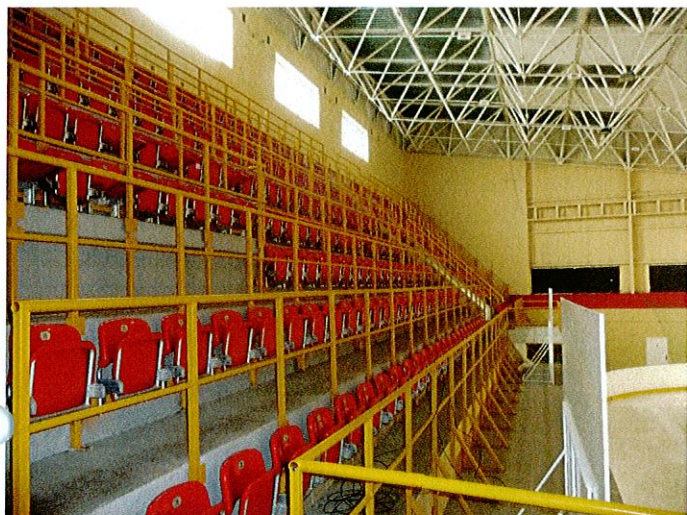
**Tabela 2** Dopuszczalny czas pogłosu T według normy PN-B-02151-4 [2]

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość maksymalna pomieszczenia [m <sup>3</sup> ]	Czas pogłosu T [s]
1.1	Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	≤ 5000	≤ 1,5
1.2		> 5000	≤ 1,8

Zakłada się osiągnięcie czasu pogłosu na hali lodowiska ≤ 1,8 s w pasmach oktaowych o środkowych częstotliwościach f wynoszących 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz i 4000 Hz.

## 2.6. Analiza czasu pogłosu

### 2.6.1. Stan istniejący



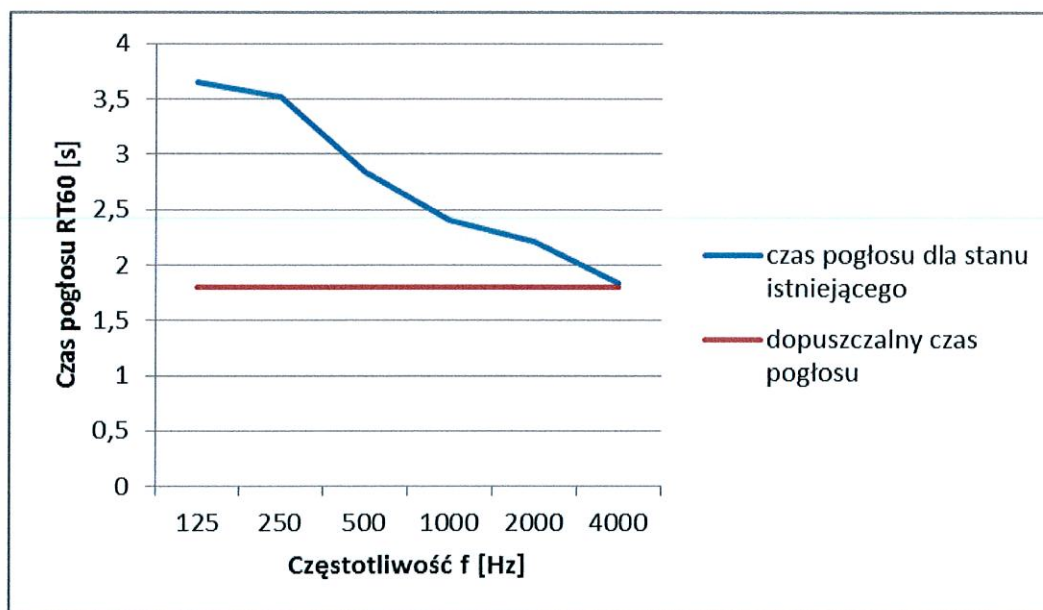
Hala składa się z lodowiska i trybuny dla widowni. Na trybunie wykonane są plastikowe krzesła. Ściany hali bez materiałów akustycznych, odbijające dźwięk. Sufit częściowo zaadoptowany płytami dźwiękochłonnymi Ecophon Industry Modus 1200 x 600 x 50 mm montowanymi bezpośrednio do dachu.

W tabeli 3 przedstawiono zestawienie przybliżonych powierzchni materiałów wykończeniowych hali decydujących o parametrach akustycznych wnętrza wraz z charakterystykami współczynnika pochłaniania dźwięku dla stanu istniejącego.

**Tabela 3** Zestawienie materiałów w hali lodowiska wraz z charakterystykami współczynnika pochłaniania dźwięku dla stanu istniejącego

Materiał	S [m <sup>2</sup> ]	Częstotliwość f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Beton	3257	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Szkło	609	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Plastikowe krzesła	325,7	0,06	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2
Lód	1780,7	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Wallton	0	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7
Ecophon Industrial Modus	1380,6	0,2	0,45	0,7	0,9	0,9	0,9
Drzwi	27,4	0,15	0,11	0,1	0,07	0,06	0,07
Blacha trapezowa	1161,8	0,37	0,30	0,22	0,17	0,22	0,17

Obliczona charakterystyka czasu pogłosu według Eyringa dla stanu istniejącego przedstawiona została na poniższym wykresie. Czas pogłosu w żadnym paśmie oktawowym o środkowych częstotliwościach  $f$  wynoszących 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz i 4000 Hz nie spełnia wymagań normy PN-B-02151-4 [2] i wynosi  $> 1,8$  s.



## 2.6.2. Proponowane rozwiązania

Na suficie pozostawia się istniejące płyty dźwiękochłonne Ecophon Industry Modus. W miejscach, gdzie nie ma płyt dźwiękochłonnych, sufit zostanie uzupełniony o takie same płyty Ecophon Industry Modus.

Na ścianach hali lodowiska projektuje się okładziny akustyczne o klasie pochłaniania dźwięku B. Okładziny akustyczne np. Wallton oparte na wełnie mineralnej z napiętą tkaniną tekstylną wykonane zostaną w grubości 10 cm (całkowita grubość ustroju). Rdzeń panela akustycznego grubości 40 - 50 mm wykonany zostanie na dystansie 40 mm zapewniając lepsze parametry pochłaniania dźwięku w zakresie niskich częstotliwości. W strefach dostępnych dla publiczności wykonane zostaną wzmocnienia rdzenia paneli akustycznych w celu zabezpieczenia przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Tkaninę należy dostarczyć do akceptacji przez projektanta akustyki.

W tabeli 4 przedstawiono zestawienie przybliżonych powierzchni materiałów wykończeniowych hali decydujących o parametrach akustycznych wnętrza wraz z charakterystykami współczynnika pochłaniania dźwięku dla stanu projektowanego.

**Tabela 4** Zestawienie materiałów w hali lodowiska wraz z charakterystykami współczynnika pochłaniania dźwięku dla stanu projektowanego

Materiał	S [m <sup>2</sup> ]	Częstotliwość f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Beton	1679,8	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Szkło	609	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,09
Plastikowe krzesła	325,7	0,06	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2
Lód	1780,7	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Wallton	1577,2	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7
Ecophon Industrial Modus	2542,4	0,2	0,45	0,7	0,9	0,9	0,9
Drzwi	27,4	0,15	0,11	0,1	0,07	0,06	0,07
Blacha trapezowa	0	0,37	0,30	0,22	0,17	0,22	0,17