

PROJEKT TECHNICZNY

TOM 8

OBIEKT:

HALA SPORTOWO – WIDOWISKOWA 21 x 46 m

LOKALIZACJA: Starachowice, ul. Wojska Polskiego, nr ewid. działek 534/34, 534/26, 534/36, 534/15, 534/116, 938/3 i 534/100 (obręb 0005)

INWESTOR: Zakład Doskonalenia Zawodowego w Kielcach
z siedzibą przy ul. Padarewskiego 55, 25-950 Kielce

GENERALNY PROJEKTANT:

mp project sp. z o.o.
30-149 Kraków, ul. Balicka 134
tel. (12) 661 82 35
e-mail1: biuro@mpproject.pl
e-mail2: a.dylewska@mpproject.pl

BRANŻA:

NAGŁOŚNIENIE - PROPOZYCJA

DATA OPRACOWANIA
PROJEKTU GOTOWEGO:

Kraków, 2022 rok

DATA ADAPTACJI:

Ostrowiec Świętokrzyski, sierpień 2024r.

1.Opis

Projektowany system nagłośnieniowy ma zapewnić odpowiednie pokrycie dźwiękiem przestrzeni boiska oraz trybun. System musi być przystosowany do nadawania komunikatów głosowych, muzyki w tle oraz mowy.

Zakłada się, że powinien być prosty w obsłudze, intuicyjny jednak efektywny.

Mając na uwadze charakterystykę hali, jako obiektu sportowego, należy skupić się na zapewnieniu odpowiedniego poziomu głośności zarówno na parkiecie jak i na trybunach podczas odbywających się na hali wydarzeń artystycznych i sportowych.

Z uwagi na sposób użytkowania obiektu zaproponowano system spełniający te założenia.

Całość oparta jest o procesor audio Atmosphere AZM4 bądź równoważny. Ten 4-strefowy procesor wyposażony w DSP w połączeniu z innowacyjnymi algorytmami umożliwia podział i kontrolę nad 4 różnymi strefami i możliwość wyboru, co i w jakiej strefie ma być aktualnie odtwarzane.

Kolejnym elementem jest wielofunkcyjny mikser cyfrowy, wyposażony w 24-bitowy procesor efektów, 12 zbalansowanych wejść liniowych, 4 przedwzmacniacze mikrofonowe, 2 wysyłki na każdym kanale oraz dwa powroty.

Dodatkowo komunikacja z procesorem odbywa się za pośrednictwem przeglądarki internetowej co pozwala na jego kontrolę i zmianę parametrów w łatwy i wygodny sposób.

2.Symulacje akustyczne

Przy projektowaniu systemu wykonano symulacje akustyczne w programie EASE 4.3. Dzięki temu dokonano wyboru odpowiednich urządzeń. Symulacje pozwoliły wskazać odpowiednie lokalizacje zestawów głośnikowych.

1. Założone wymagania akustyczne.

Ze względu na charakter i funkcjonalność obiektu oraz na podstawie wytycznych zawartych w normie PN-B 02151-4:2015-06 określającej parametry akustyczne sal gimnastycznych i sportowych zalecany czas pogłosu T powinien zawierać się w przedziale $\leq 1,5$ sekundy dla kubatury $\leq 5000 \text{ m}^3$ oraz $\leq 1,8$ sekundy dla kubatury $> 5000 \text{ m}^3$.

Przywołana norma nie definiuje wartości parametru STI czyli wskaźnika zrozumiałości mowy, ale na potrzeby tego opracowania oraz ze względu na funkcjonalność sali przyjęto, że wskaźnik STI powinien być na poziomie $\geq 0,6$.

Norma 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

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

Poniżej Tablica 2, dotycząca zalecanego maksymalnego czasu pogłosu w zależności od rodzaju i rozmiaru pomieszczenia.

Tablica 2 – Czas pogłosu, T_s , w pozostałych pomieszczeniach

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość lub wysokość maksymalna pomieszczenia	Czas pogłosu, T_s
1.1	Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	$\leq 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 1,5$
1.2		$> 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 1,8$
2.1	Hale basenowe pływalni, parków wodnych i innych obiektów o podobnym przeznaczeniu	$\leq 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 1,8$
2.2		$> 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 2,2$

Tabela 1. Wytyczne dot. czasu pogłosu dla projektowanej przestrzeni zgodnie z normą PN-B 02151-4.

Model pomieszczenia przedstawiają rysunki nr.: 1, 2.

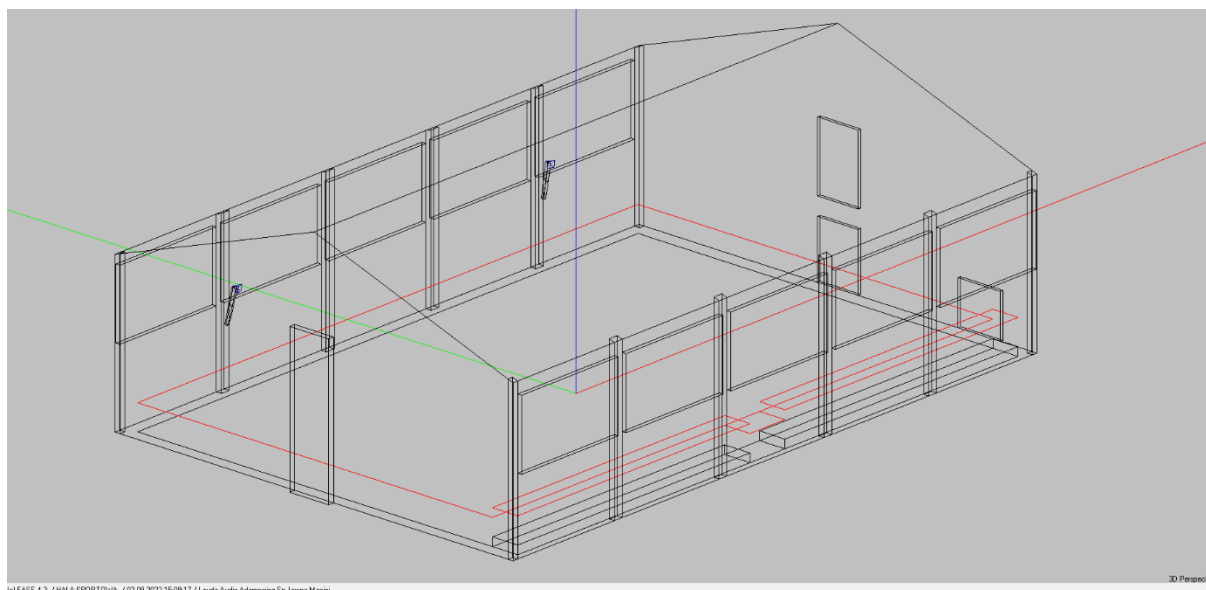
Dane do symulacji:

Kubatura pomieszczenia – 5595 m^3 .

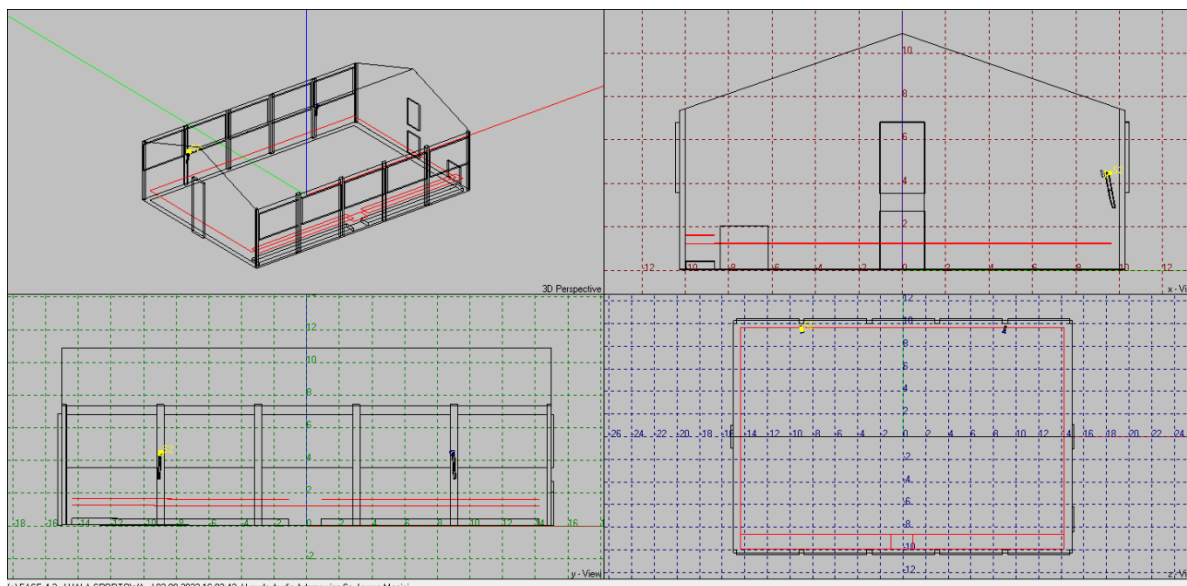
Łączna powierzchnia wszystkich płaszczyzn – 2971 m^2

2.2. Ustawienia programu EASE 4.3

- Zestawy głośnikowe wysterowane szumem różowym.
- Dla symulacji zestawów głośnikowych szumem różowym nie wprowadzano żadnych korekcji częstotliwościowych. Każde pasmo tercjowe wysterowana jednakową mocą.
- Obliczenia wykonano z uwzględnieniem interferencji fal dźwiękowych w pasmach tercjowych.
- Uwzględniono chłonności akustyczne użytych materiałów.



Rys.1. model pomieszczenia



Rys.2. model pomieszczenia

Norma PN-B 02151-4:2015-06 nie wymaga, aby projektowany obiekt spełniał wymogi określone wartością parametru chłonności akustycznej, jednak z uwagi na specyfikę obiektu i fakt, że parametr ten jest związany z pozostałymi, które określają akustykę pomieszczeń zastosowano na suficie materiały akustyczne o wysokim współczynniku pochłaniania α .

Jedynym parametrem jaki należy bezwzględnie spełnić zgodnie z przywołaną normą jest parametr czasu pogłosu T . Pogłos jest to zjawisko stopniowego zanikania energii dźwięku w pomieszczeniu po wyłączeniu źródła dźwięku. Jest związany z występowaniem dużej ilości odbić fal dźwiękowych od powierzchni ograniczających to pomieszczenie oraz znajdujących się w nim przedmiotów. Jeżeli odstęp

czasowy między kolejnymi odbiciami docierającymi do słuchacza jest mały (przyjmuje się zwykle, że mniejszy niż 50 ms), zlewają się one w jeden ciągły dźwięk.

Ponieważ każde kolejne odbicie fali dźwiękowej i każdy metr pokonywanej przez nią przestrzeni oznacza pewną utratę energii (wskutek pochłaniania dźwięku przez powietrze oraz odbicia od kolejnych powierzchni), kolejne odbite dźwięki docierające do słuchacza są coraz cichsze. Z tego powodu żaden impuls dźwiękowy w pomieszczeniu nie urywa się nagle jak w przestrzeni otwartej, tylko stopniowo zanika.

Tempo tego zaniku zależy od wielkości, ukształtowania i wykończenia pomieszczenia. Im mniejsza kubatura i im większa chłonność akustyczna pomieszczenia, tym pogłos jest słabszy. Słabszemu pogłosowi sprzyja także równomierne rozłożenie powierzchni dźwiękochłonnych w pomieszczeniu, a także obecność elementów rozpraszających dźwięk. Pogłos mierzony jest wielkością zwaną czasem pogłosu T [s] - jest to czas potrzebny na zmniejszenie, po wyłączeniu źródła dźwięku, poziomu ciśnienia akustycznego we wnętrzu o 60 dB.

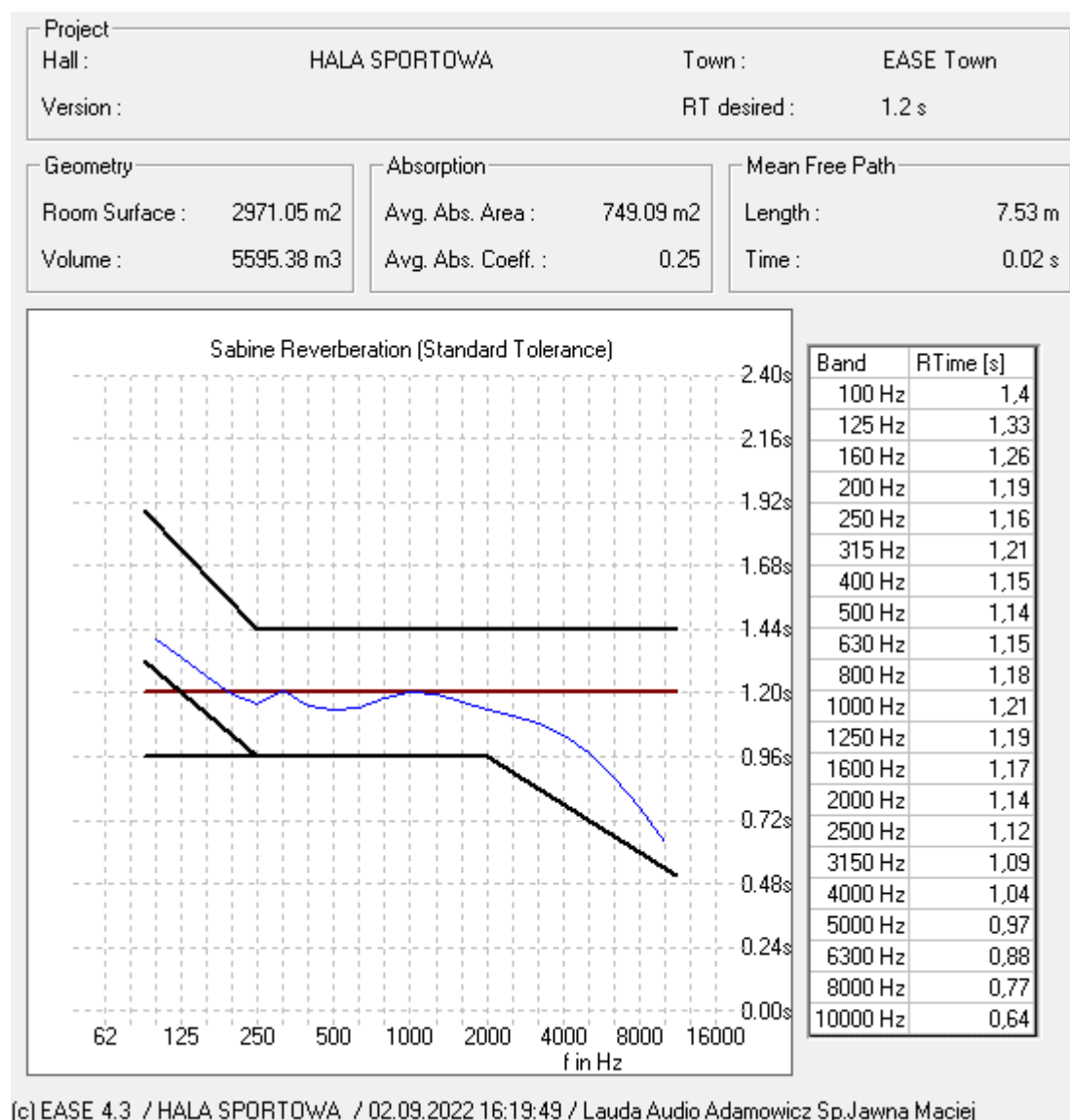
Wartości czasu pogłosu dla różnych pasm częstotliwości (dla tego samego pomieszczenia) mogą znacznie się od siebie różnić. Jeżeli w pomieszczeniu o odczuwalnym pogłosie (długim czasie pogłosu) zamiast dźwięków impulsowych (np. kłaśnięcia) wytwarzany jest ciągły sygnał dźwiękowy (np. przemowa), mamy do czynienia ze stale utrzymującym się pogłosem, który zwiększa poziom dźwięku i niekorzystnie wpływa na zrozumiałość mowy. W pobliżu źródła dźwięku dominuje dźwięk bezpośredni, a w dalszych partiach pomieszczenia przeważają dźwięki odbite (mówimy wtedy o polu pogłosowym).

O ile w pobliżu źródła zrozumiałość mowy i czytelność innych sygnałów dźwiękowych emitowanych przez źródło jest zwykle bardzo dobra, to w polu pogłosowym gwałtownie się pogarsza. Odległość od źródła, w której zaczyna się pole pogłosowe, zależy od kubatury pomieszczenia i czasu pogłosu. Im dłuższy jest czas pogłosu, tym pole pogłosowe zaczyna się bliżej źródła.

Czas pogłosu jest parametrem najczęściej stosowanym do opisu akustyki wnętrz. Jeśli wnętrze charakteryzuje się relatywnie krótkim czasem pogłosu, to znaczy, że jest cichsze, panują w nim lepsze warunki do komunikacji słownej (naturalnej czy z użyciem nagłośnienia), a w odbiorze subiektywnym wydaje się bardziej przytulne.

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto scenariusz pustej hali:

Na rysunku nr 3 przedstawiono uzyskany wykres czasu pogłosu dla pustej hali dla powyższych założeń oraz użytych materiałów z zaznaczoną standardową tolerancją odchyłek



Rys.3 Czas pogłosu.

Uzyskana charakterystyka czasu pogłosu wskazuje na dłuższe czasy pogłosu dla niskich częstotliwości w zakresie od 100 Hz do 200 Hz co jest charakterystyczne dla tych częstotliwości. Niskie dźwięki dłużej rozchodzą się w pomieszczeniu i ciężiej je wytłumić. Wartości od 1.4 s do 1.19 s. W średnio niskim paśmie oraz w paśmie średnim czas pogłosu jest już na poziomie poniżej zakładanego 1,5 s do jest bardzo dobrym wynikiem. Podobnie wygląda charakterystyka dla częstotliwości wysokich w zakresie od 2000 HZ do 10000 Hz, gdzie czas pogłosu wynosi w granicach od 1,14s do 0,64s. Uzyskany czas pogłosu spełnia założenia normowe Polskiej Normy PN-B 02151-4:2015-06. Podane wartości wskazują na ponad przeciętne warunki akustyczne w porównaniu do podobnych obiektów, co będzie

skutkowało zdecydowanie lepszym odbiorem dźwięków i komunikatów głosowych w projektowanej przestrzeni.

Dalsza analiza akustyczna hali wymaga użycia źródeł dźwięku w modelu komputerowym. Na potrzeby symulacji zaprojektowano system nagłośnieniowy oparty o zestawy głośnikowe niemieckiego producenta HK audio. Wykorzystano zestawy z serii SI P10i i P10j.

Dla wszystkich symulowanych parametrów założono analizę szerokiego pasma częstotliwościowego.

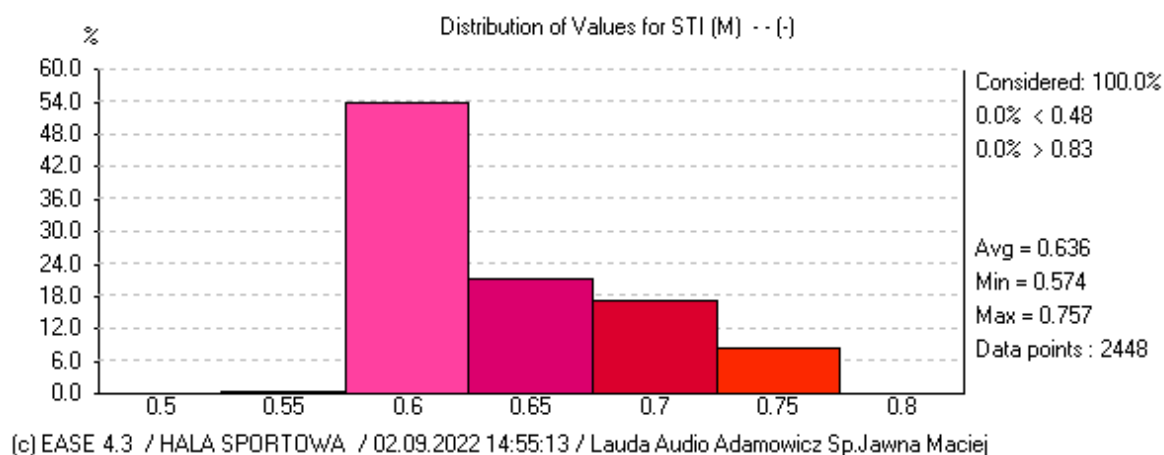
Istotną cechą akustyczną każdego wnętrza jest parametr określający zrozumiałość mowy STI (*ang. Speech Transmission Index*)

Jego wartość podaje się w wartościach od 0 do 1.

Przyjęto następującą klasyfikację współczynnika:

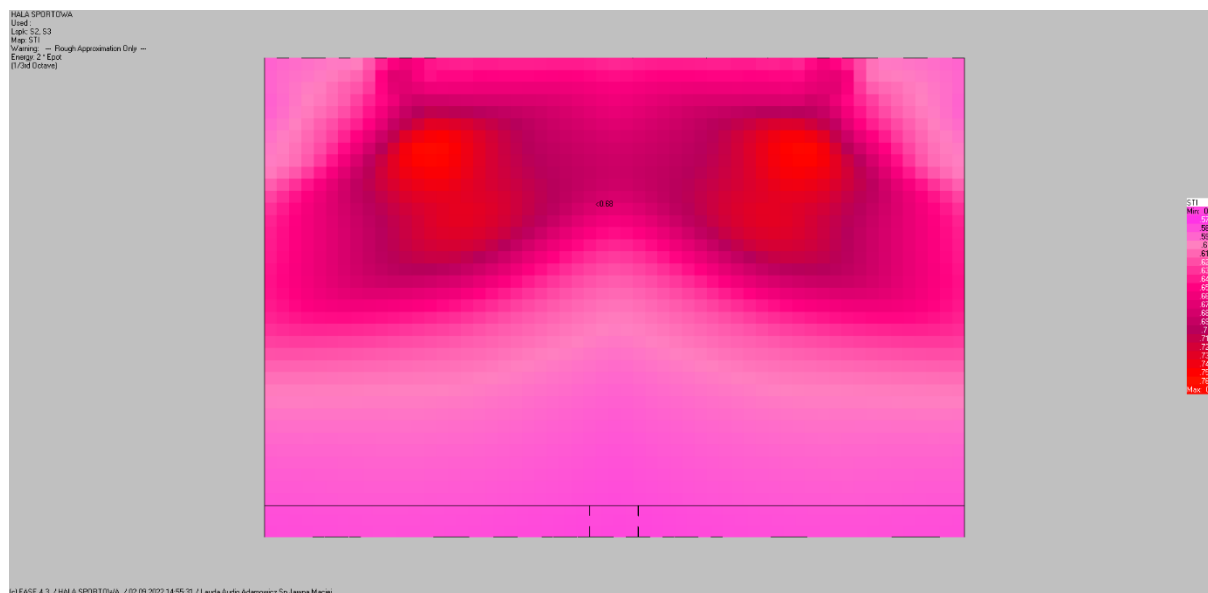
- znakomita: 0,75 – 1;
- dobra: 0,6 – 0,75;
- poprawna: 0,45 – 0,6;
- słaba: 0,3 – 0,45;
- niepoprawna: 0 – 0,3.

Przy wykorzystaniu zaprojektowanego systemu elektroakustycznego w modelu uzyskano dobrą zrozumiałość mowy STI 0,6 dla pustej sali. Rozkład współczynnika STI przedstawiono na rysunku nr 4 i 5.



Rys nr. 4 Wartości współczynnika STI – pusta sala

Wartości średnie STI wynoszą 0,636 a wartość minimalna spada poniżej 0,57 co przedstawia rysunek nr 4. Na rysunku nr 5 przedstawiono rozkład współczynnika STI w pustej hali.



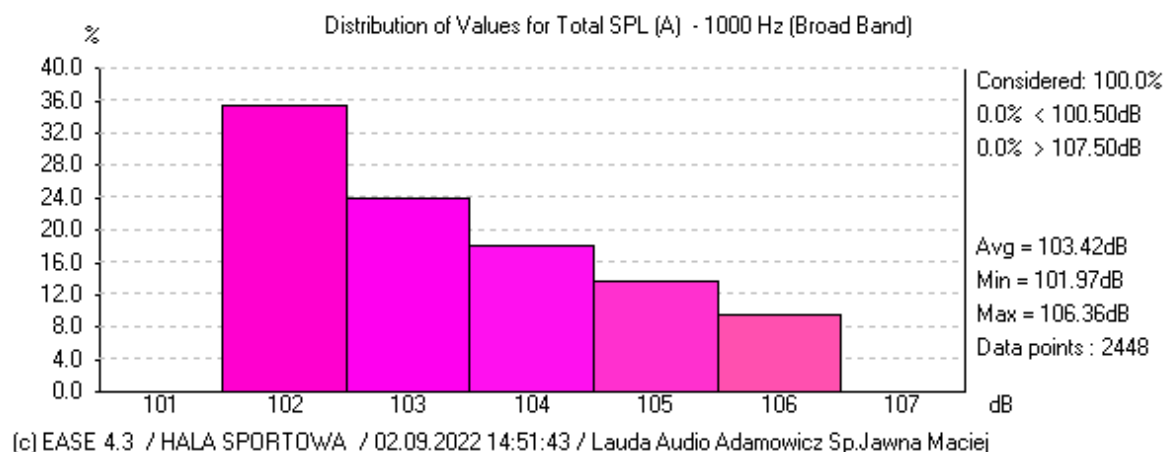
Rys nr. 5 Dystrybucja współczynnika STI – pusta sala

W przypadku wypełnienia hali widownią wartości parametru STI osiągnie jeszcze wyższe wartości. Pomimo faktu, że norma PN-B02151-4 nie definiuje parametru STI jako koniecznego do spełnienia w przypadku sal sportowych. Uzyskany wynik wskazuje, że wskaźnik STI wynosi 0,6 co uważane jest za dobrą zrozumiałość mowy.

Kolejnym parametrem uwzględnionym w symulacji jest wskaźnik ciśnienia dźwięku SPL dla pełnego pasma. Rozkład ciśnienia SPL dla pustej sali przedstawiono na rysunkach 6 i 7.



Rys nr. 6 mapa rozkładu współczynnika SPL



Rys.7. Rozkład współczynnika SPL

Otrzymane wyniki wskazują na równomierność ciśnienia dźwięku dla całej powierzchni obiektu.

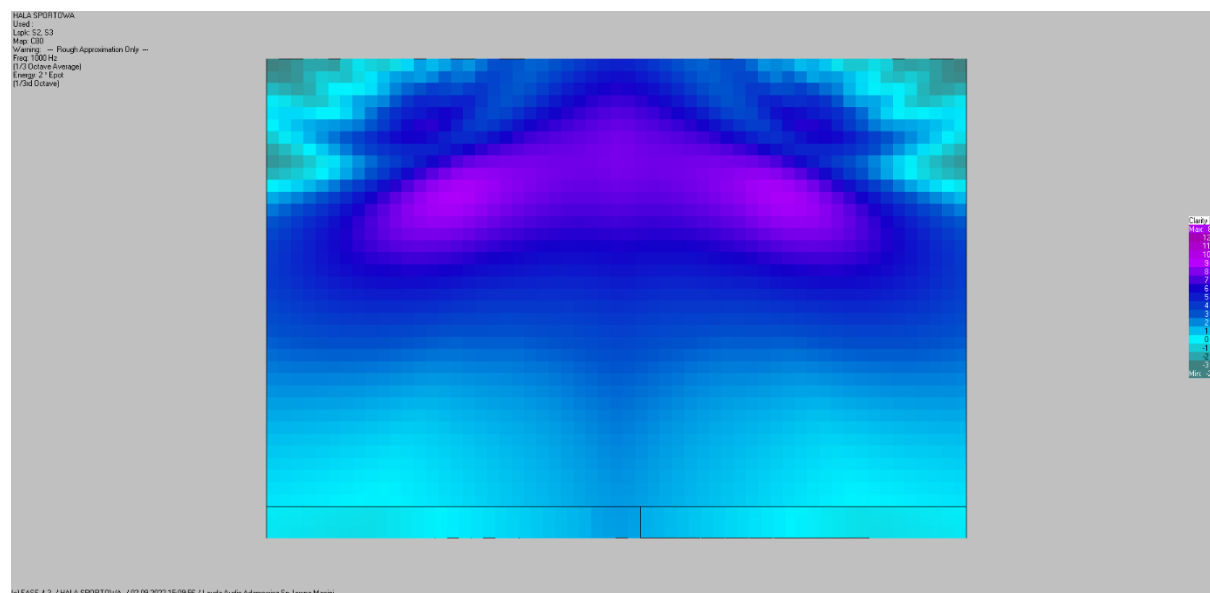
Dominująca wartość to 103 dBAz odchyłkami +/- 3 dB co jest wynikiem bardzo dobrym.

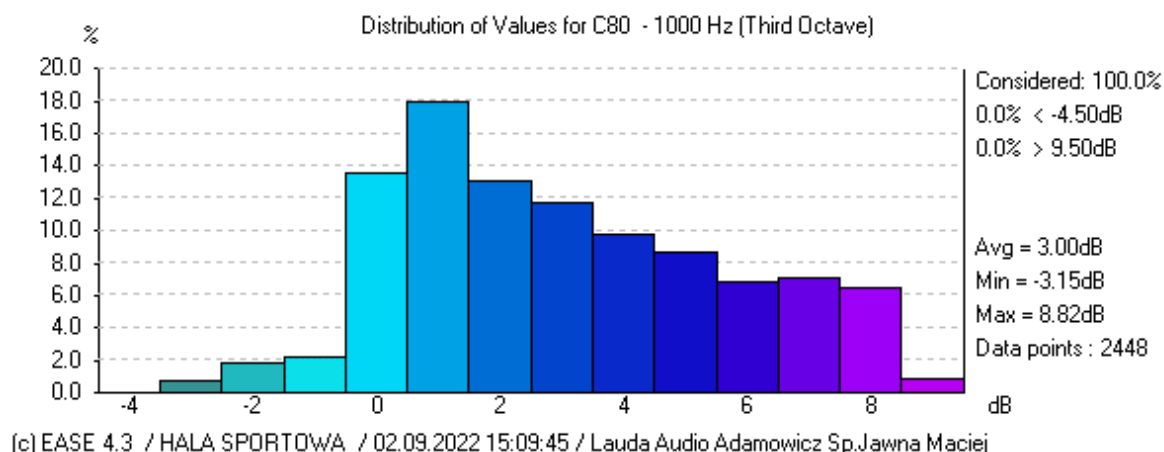
Pozwoli to na bezproblemowe dotarcie z komunikatami słownymi do każdego miejsca w hali podczas wydarzeń z głośnym dopingiem publiczności.

Kolejnym parametrem poddanym analizie jest C80 opisujący akustykę pomieszczenia wraz z jego systemem nagłośnieniowym zwanym potocznie przejrzystość brzmienia.

C80 to stosunek wczesnej energii dźwiękowej, docierającej do słuchacza w czasie 80ms do późniejszej, czyli po czasie 80ms. Wartości tego parametru są podawane w decybelach i przeważnie zawierają się w granicach od -10 do 20dB. W przypadku, gdy C80 = 0dB, dźwięk pogłosowy i wczesny są sobie równe. Parametr ten jest bezpośrednio związany z czasem pogłosu i określa zrozumiałość muzyki. W pomieszczeniach "suchych", a więc tam gdzie czas pogłosu jest niski, muzyka będzie odbierana bardzo czysto i przejrzysto a C80 będzie osiągał duże wartości.

Na rysunku 8 i 9 przedstawiono rozkład parametru C80 dla pustej Sali.





Rys nr 9. Dystrybucja współczynnika C80 dla pełnego pasma – pusta sala

Dla sali pustej C80 osiąga wartości dodatnie co wskazuje na dużą i bardzo dużą przejrzystość brzmienia w zaprojektowanej sali oraz zastosowanym w nim systemie nagłośnieniowym.

Z przeprowadzonych analiz i symulacji jasno wynika, że projektowany obiekt będzie spełniał założenia normy PN-B-02151-4 w wymaganym zakresie. Osiągając średni czas pogłosu na poziomie 1,35 s. Pozostałe badane parametry takie jak STI czyli zrozumiałość mowy czy C-80 czyli tak zwana klarowności przekazów dźwiękowych również mieszczą się w założonych wartościach. Pomimo faktu, że norma nie nakłada obowiązku spełnienia tych parametrów, określone w symulacjach wartości wskazują, że przy spełnieniu założeń projektowych obiekt będzie mógł się poszczycić ponadprzeciętną akustyką.

3.

L.P	Nazwa	Opis/ Specyfikacja	Ilość
1	Kolumny głośnikowe	<p>Profesjonalne kolumny głośnikowe do instalacji , wyposażone w pełnozakresowe obudowy 10 x 3" o mocy programowej 600 W. Przetworniki ułożone liniowo, wąski kąt rozwarcia w pionie.</p> <p>Głośniki winny posiadać certyfikat ochrony IP 66. oraz certyfikat zgodności z normą EN 54-24:2008 oraz certyfikat bezpieczeństwa uderzenia piłką zgodnie z normą DIN 18032-3.</p>	4
2	Uchwyty obrotowo-uchylne	<p>Uchwyty obrotowe i uchylne służą do ustawiania i pochylania głośników w kierunku zamierzonych obszarów pokrycia. Dzięki regulowanemu kątowi nachylenia głośniki mogą zapewnić dobry dźwięk nawet w trudnych przestrzeniach (np. z silnie odbijającymi się ścianami).</p> <p>W tym celu dostępne są dwa różne uchwyty obrotowo-uchylne</p>	2
3	Zasilacz	<p>Wysokowydajny zasilacz impulsowy i konstrukcja kanałów wzmacniacza.</p> <p>Kanały mogą być niezależnie zmostkowane dwa po dwa. Cztery wejścia na złączach XLR i cztery wyjścia na złączach SP-4. Rozbudowane zabezpieczenia (nad/ pod napięcie sieciowe, temperatura, wyjścia DC, ograniczniki szczytowe prądu i napięcia, system chłodzenia o zmiennej prędkości.)</p> <p>Liczba kanałów: 4 x wzmacniacze kanałowe, 2 na 2 mostkowane</p> <p>Maks. napięcie wyjściowe: (bez obciążenia) 4 x 85 V</p> <p>Maks. moc wyjściowa: (4 x 8 Ohm) 4 x 360 Wat</p> <p>Maks. moc wyjściowa: (4 x 4 Ohm) 4 x 700 W</p> <p>Maks. moc wyjściowa: (2 mostki x 8 Ohm) 2 x 1400 W</p> <p>Pasma przenoszenia +/- 0,5 dB od 20 Hz do 20 kHz</p> <p>Impedancja wejściowa: 10 kOhm</p> <p>Czułość wejściowa: +5 dBU</p>	1

		<p>Wzmocnienie nominalne: 32 dB</p> <p>Zakres dynamiczny (ważony A) 110 dB</p>	
4	Procesor	4-strefowy procesor audio.	1
5	Kontroler	<p>Sterownik ścienny umożliwiający całkowitą kontrolę nad systemem, umożliwiający kontrolę wielu stref i grup dla wyboru źródła i regulacji głośności, jak również bardziej zaawansowanych możliwości, takich jak przywoływanie scen, przywoływanie wiadomości, przywoływanie rutyn, kontrola GPO i harmonogramy dzwonków.</p> <p>urządzenie plug-and-play</p>	1

6		12 zbalansowanych wejść liniowych, 4 przedwzmacniacze mikrofonowe, 2 wysyłki na każdym kanale [pre/post] oraz dwa powroty [stereo]. 4 zakresowe EQ na każdym z kanałów stereo, filtry niskich częstotliwości na każdym z kanałów mono oraz 24-bitowy procesor efektów	1
7	System mikrofonów	Bezprzewodowy system mikrofonowy Audix AP41 OM5 – odbiornik diversity r41 z nadajnikiem ręcznym H60/OM5 Ręczny system bezprzewodowy, odporny na sprzężenia i zdolny do obsługi SPL przekraczających 144 dB bez zniekształceń.	1
8	szafa Rack 19" 12U	szafa Rack 19" 12U	1

KOSZT NAGŁOŚNIENIA

l.p.	opis	producent/model	ilość	cena netto pln	wartość netto pln
1	głośnik instalacyjny szerokopasmowy	HK Audio SI P10i	2	3 599,00	7 198,00
2	głośnik instalacyjny szerokopasmowy	HK Audio SI P10j	2	3 599,00	7 198,00
5	uchwyt instalacyjny	HK Audio P10 Swivel and tilt bracket	2	1 387,00	2 774,00
6	wzmacniacz mocy	NEXO DTDAMP4x0.7	1	5 997,00	5 997,00
7	procesor DSP	AtlasIED AZM4	1	5 937,00	5 937,00
8	sterownik ścienny	AtlasIED CZSV	1	1 425,00	1 425,00
9	Mikser analogowy	BEHRINGER X1622 USB	1	1 200,00	1 200,00
10	mikrofon bezprzewodowy	Audix AP41 OM5	2	7 463,00	14 926,00
11	szafa Rack 19" 12U		1	400,00	400,00
12	akcesoria montażowe		kpl.	1 000,00	1 000,00
13	okablowanie		kpl.	1 200,00	1 200,00
14	instalacja/uruchomienie		kpl.	4 900,00	4 900,00
					54 155,00