



PRACOWNIA AKUSTYCZNA

Główny projektant	dr inż. Piotr Z. Kozłowski
Zespół projektowy	mgr inż. Marcin Łabędzki
Sprawdzenie	dr inż. Paweł Dziechciński
Zadanie	Nagłośnienie sali sportowej budynku hali widowiskowo-sportowej przy ul. Brzozowej w Kątach Wrocławskich
Temat	Projekt wykonawczy systemu nagłośnienia sali sportowej
Nazwa obiektu	Hala widowiskowo-sportowa w Kątach Wrocławskich
Adres obiektu	ul. Brzozowa 4, 55-080 Kąty Wrocławskie
Inwestor	Gmina Kąty Wrocławskie
Adres inwestora	Rynek – Ratusz 1 55-080 Kąty Wrocławskie
Stadium	Projekt wykonawczy
Tom	Opis techniczny
Edycja	Ostateczna v.01
Branża	Elektroakustyka

Niniejsze opracowanie stanowi własność intelektualną Pracowni Akustycznej Kozłowski sp. j. i objęte jest prawem autorskim zgodnie z ustawą z dnia 04.02.1994 "O prawie autorskim i prawach pokrewnych". Żadna z jego części nie może być kopiowana, powielana, udostępniana w żadnej formie, również elektronicznej, bez wyraźnej pisemnej zgody autorów. Opracowanie to może być wykorzystane jedynie zgodnie z przeznaczeniem, dla którego zostało wykonane, chyba że właściciele praw autorskich podpisali na to zgodę wydaną w następstwie odpowiedniej umowy handlowej. Do czasu uregulowania pełnego wynagrodzenia Pracowni Akustycznej Kozłowski sp.j. jest ona jedynym właścicielem wszelkich praw autorskich oraz praw do wykorzystania niniejszej dokumentacji.

© Copyright by Pracownia Akustyczna, Wrocław, 2016

Adres jednostki projektowania:

PRACOWNIA AKUSTYCZNA Kozłowski sp. j.
ul. Opolska 140
52-014 Wrocław

NIP: 899-261-33-93

REGON: 020574694

KRS: 0000286159

tel. +48 71 794 93 31

fax. +48 71 722 08 19

web: www.akustyczna.pl

email: pracownia@akustyczna.pl

Spis zawartości projektu:

1. Część opisowa (Zawartość wedle spisu treści na str. 5)
2. Część rysunkowa:
 1. EP01 — Rozmieszczenie urządzeń systemu elektroakustycznego hali sportowej
 2. ES01 — Schemat połączeń systemu elektroakustycznego hali sportowej
 3. EW01 — Widoki szaf sprzętowych oraz przyłączy sygnałowych

Spis treści

Adres jednostki projektowania:	3
Spis zawartości projektu:	3
Spis treści	5
Spis rysunków w części opisowej	7
1. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu	9
1.1. Opis obiektu	9
1.1.1. Sala sportowa	9
1.2. Sposób użytkowania	9
2. Podstawa opracowania	11
2.1. Podstawa formalna	11
2.2. Podstawa merytoryczna	11
3. System elektroakustyczny sali sportowej	13
3.1. Opis techniczny	13
3.1.1. Przyłącza sygnałowe	13
3.1.2. Wyposażenie stanowiska moderatora/komentatora	14
3.1.3. Systemy bezprzewodowe	14
3.1.3.1. Bezprzewodowe zestawy mikrofonowe	14
3.1.4. Nagłośnienie sali sportowej	15
3.1.4.1. System przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi	15
3.1.5. Urządzenia sterujące systemem nagłośnienia sali sportowej	15
3.1.6. Struktura systemu	16
4. Symulacje komputerowe	17
4.1. Sala sportowa	19
4.1.1. Rozmieszczenia i konfiguracja urządzeń głośnikowych	21
4.1.2. Wyniki symulacji	22
4.1.3. Zalecenia dotyczące poprawy zrozumiałości mowy w sali sportowej	29
5. Lokalizacja urządzeń, trasy kablowe	31
5.1. Lokalizacja urządzeń systemu elektroakustycznego w sali sportowej	31
5.2. Trasy kablowe	31
5.3. Opis złączy i linii kablowych	31
5.3.1. Zestawienie linii kablowych systemu elektroakustycznego sali sportowej	32
6. Zasilanie elektryczne dla wszystkich elementów technologicznych	35
6.1. Zasady ogólne	35

6.2. Wytyczne elektryczne w zakresie zasilania.....	36
7. Podsumowanie	37

Spis rysunków w części opisowej

Rys. 4.1 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok 3D).	19
Rys. 4.2 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok wzdłuż osi y).	19
Rys. 4.3 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok wzdłuż osi x).	20
Rys. 4.4 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok wzdłuż osi z).	20
Rys. 4.5 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasmo oktawowo 250 Hz.	23
Rys. 4.6 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasmo oktawowo 1 kHz.	24
Rys. 4.7 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasmo oktawowo 8 kHz.	25
Rys. 4.8 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasmo 100 Hz – 10 kHz.	26
Rys. 4.9 Rozkład poziomu sumy dźwięku bezpośredniego i rozproszonego dla sali sportowej. Pasmo 100 Hz – 10 kHz.	27
Rys. 4.10 Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STIPA (głos męski) dla sali sportowej.	28
Rys. 4.11 Sugerowany przebieg charakterystyki czasu pogłosu.	29
Rys. 4.12 Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STIPA (głos męski) dla sali sportowej przy zredukowanej wartości czasu pogłosu.	30

1. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu

1.1. Opis obiektu

Przez pojęcie obiekt w opracowaniu tym rozumiane jest przede wszystkim jako pomieszczenie sali sportowej.

1.1.1. Sala sportowa

Plan sali oparto na kształcie prostokąta. Kubatura wynosi $9\,710\text{ m}^3$. W sali jest 520 stałych miejsc siedzących.

Sala sportowa nie została zaadaptowana akustycznie zgodnie ze standardami dla tego typu pomieszczeń. Wynikiem powyższego są bardzo niekorzystne warunki akustyczne w tej sali. Szczegóły na ten temat przedstawiono w raporcie pomiarowym [5], który stanowi załącznik do przedłożonej w poprzednim etapie koncepcji.

1.2. Sposób użytkowania

Sala sportowa przeznaczona jest w pierwszej kolejności do organizacji imprez sportowych tak szkolnych jak i zewnętrznych. Dotychczasowa praktyka wskazuje, że sala jest wykorzystywana okazjonalnie do organizacji imprez artystycznych.

W przypadku sali sportowej zdecydowanie nie przewiduje się obsługi systemu przez wykształconego realizatora dźwięku. System powinna obsługiwać osoba posiadające minimum średnie wykształcenie oraz praktyczne przygotowanie do obsługi systemu elektroakustycznego.

W sali sportowej zakłada się codzienne stosowanie systemu nagłaśniania.

2. Podstawa opracowania

2.1. Podstawa formalna

- [1] Oferta Pracowni Akustycznej 11630 z 2011-01-27 na projekt systemu nagłaśniania hali sportowej oraz auli budynku sali widowiskowo-sportowej przy ul. Brzozowej w Kątach Wrocławskich.
- [2] Umowa nr PRil.674.24.2016-1 z 2016-06-07 podpisana przez Pracownię Akustyczną z Gminą Kąty Wrocławskie na opracowanie kompleksowej dokumentacji projektowo-kosztorysowej zadania pn. „Nagłośnienie sali sportowej budynku hali widowiskowo-sportowej przy ul. Brzozowej w Kątach Wrocławskich”.
- [3] Pismo nr PRil.2227-0078/001/2011 z 2011-04-22 w sprawie akceptacji koncepcji systemów nagłaśniania sali sportowej i auli w budynku hali widowiskowo-sportowej przy ul. Brzozowej w Kątach Wrocławskich – L.Dz. P11818.

2.2. Podstawa merytoryczna

- [4] Podkłady architektoniczne przekazane przez Zamawiającego.
- [5] Kozłowski P.Z., Marcin Czapiewski M., Karolina Chorąży K., Raport z badań parametrów akustycznych auli szkolnej oraz sali widowiskowo-sportowej Szkoły Podstawowej i Gimnazjum w Kątach Wrocławskich przy ul. Brzozowej. Pracownia Akustyczna, Wrocław, 2011.
- [6] Kozłowski P.Z., Grządziel W., Mićka M., Koncepcja systemów nagłaśniania sali sportowej oraz auli. Pracownia Akustyczna, Wrocław, 2011.
- [7] Ahnert W., Steffen F., Sound Reinforcement Engineering, E & FN Spon, London, 1999.
- [8] Davis D. & C., Sound Systems Engineering, Focal Press, 1997.
- [9] Giddings P., Audio System Design and Installation, Howard W. Sams & Co, 1990.
- [10] Davis G., Jones R., The Sound Reinforcement Handbook, Yamaha Corporation of America, 1990.
- [11] PN-92/T-04499.01:1992. Urządzenia i systemy elektroakustyczne. Postanowienia ogólne.
- [12] PN/CEI/IEC 574-2:1994. Urządzenia i systemy audiowizualne, wizyjne i telewizyjne – Pojęcia ogólne.
- [13] PN-EN 60268-16:2011. Urządzenia systemów elektroakustycznych. Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.

W niniejszym opracowaniu kierunki określone są dla sytuacji, w której obserwator patrzy w kierunku parkietu sportowego.

Wykonawca prac opisanych w niniejszym dokumencie ma obowiązek zapoznać się z całą dokumentacją projektową wraz z jej wszystkimi załącznikami oraz dokonać wizji lokalnej w Obiekcie. Na podstawie tak zdobytej wiedzy Wykonawca ma obowiązek uwzględnić i skosztorysować wszystkie prace i elementy konieczne do poprawnego zainstalowania, połączenia i uruchomienia elementów i systemów będących przedmiotem tego opracowania.

Realizacja zaprojektowanych elementów musi się odbywać pod ścisłym nadzorem autorskim projektantów. Inwestor i/lub Wykonawca są odpowiedzialni za zapewnienie takiego nadzoru. Wszelkie

ewentualne modyfikacje rozwiązań zamieszczonych w niniejszej dokumentacji mogą być wprowadzone jedynie po uzyskaniu pisemnej akceptacji autorów projektu.

Ostateczne decyzje dotyczące strojenia akustyki wnętrza, strojenia systemów elektroakustycznych, programowania systemów należą do projektanta. Inwestor i/lub Wykonawca są odpowiedzialni za zapewnienie udziału projektanta w pracach związanych z akustycznymi pomiarami kontrolnymi, strojeniem i odbiorem projektowanych rozwiązań.

3. System elektroakustyczny sali sportowej

W przypadku systemu elektroakustycznego obsługującego salę sportową przewiduje się rozwiązania opisane poniżej w tym rozdziale.

Zakłada się pełną niezależność systemu nagłaśniania sali sportowej od innych systemów nagłaśniania w obiekcie.

3.1. Opis techniczny

Schematy połączeń obejmujących system elektroakustyczny dla sali sportowej przedstawiono na rysunku ES01.

Lokalizację przyłączy oraz rozmieszczenie urządzeń systemu elektroakustycznego przedstawiono na rysunku EP01.

Widoki szaf sprzętowych oraz przyłączy sygnałowych przedstawiono na rysunku EW01.

Niniejsze opracowanie dotyczy następujących bloków systemu elektroakustycznego sali sportowej:

1. Przyłącza sygnałowe i okablowanie.
2. Mikrofony i akcesoria.
3. Systemy bezprzewodowe:
4. Odtwarzacze.
5. Systemu przetwarzania i zarządzania.
6. Wzmacniacze mocy.
7. Urządzenia głośnikowe.

3.1.1. Przyłącza sygnałowe

Zaprojektowano następujące przyłącza:

1. Przyłączy sygnałowe PH01 w kabinie komentatorskiej, przedstawione na rysunku EW01. Przyłączy umożliwia podłączenie:
 - przenośnej szafy STPL01 poprzez złącze wielostykowe (sygnały foniczne oraz zasilanie),
 - 1 mikrofonu przewodowego (analogowe, symetryczne wejście foniczne),
 - dwóch monitorów odsłuchowych MON01, MON02.

Przyłączy dodatkowo umożliwia zasilanie dodatkowych urządzeń napięciem 230V.

2. Przyłączy sygnałowe PH02 zamontowane w przejściu widowni na osi sali sportowej. Przyłączy zostało zamontowane na stanowisku moderatora imprezy sportowej. Przyłączy umożliwia podłączenie:
 - przenośnej szafy STPL01 poprzez złącze wielostykowe (sygnały foniczne oraz zasilanie),
 - 2 mikrofonów przewodowych (analogowe, symetryczne wejścia foniczne),
 - fonicznego źródła stereofonicznego, o niesymetrycznych wyjściach fonicznych, (wejście 2 x RCA lub TRS 3,5 mm).
 - urządzenia Ethernet.

Przyłącze dodatkowo umożliwia zasilenie dodatkowych urządzeń napięciem 230V. W przyłączy znajduje się również panel sterujący umożliwiający kontrolę sygnałów wej/wy.

3. Przyłącze sygnałowe PH03 zamontowane na wysokości nad przejściem na widownię na osi sali sportowej. Przyłącze umożliwia podłączenie:

- mikrofonu nasłuchu MNW01 poprzez złącze symetryczne.

Przyłącze PH02 wyposażone jest w pasywny symetryzator sygnału PHA01 posiadający złącza typu RCA oraz TRS 3,5mm dla przenośnych odtwarzaczy np. typu MP3. Poziom głośności podłączanych odtwarzaczy regulowany jest za pomocą bezprzewodowego przenośnego tabletu oraz sterownika ściennego CP01 zainstalowanego w przyłączy PH02.

Przewidziano dwie lokalizacje podłączania szafy sprzętowej STPL01. Jedną z nich to przyłącze PH01 w kabinie komentatora. Drugą lokalizacją to przyłącze PH02 na widowni.

3.1.2. Wyposażenie stanowiska moderatora/komentatora.

Widok szafy STPL01 przedstawiono na rysunku EW01.

Na stanowisku moderatora/komentatora imprezy będzie podłączana przenośna szafa sprzętowa STPL01 typu *flight case* zawierająca:

1. Przyłącze dla czterech mikrofonów kablowych.
2. Dwa odtwarzacze CD01, CD02.
3. Przewód zakończony złączem wielostykowym ZW03 wyprowadzony z wnętrza szafy za pomocą dławika kablowego.

Na tylnym panelu szafy STPL01 umieszczono przyłącze w postaci czterech złączy XLR przeznaczonych do podłączania mikrofonów kablowych.

3.1.3. Systemy bezprzewodowe

Foniczne systemy bezprzewodowe (schemat na rys. ES01) obejmują bezprzewodowe zestawy mikrofonowe wraz z systemem anten ANT01, ANT02.

3.1.3.1. Bezprzewodowe zestawy mikrofonowe

Bezprzewodowe zestawy mikrofonowe obejmują komplet 2 kanałów transmisji bezprzewodowej pracujących w paśmie UHF, okablowanie dla sygnałów radiowych oraz rozdzielacze sygnałów radiowych. Przewidziano 2 nadajniki z mikrofonami do ręki. Zastosowano urządzenia o następujących cechach:

- praca w paśmie UHF,
- zasilanie nadajników bateriami klasy AA lub AAA,
- możliwość synchronizacji ustawień nadajnika z odbiornikiem poprzez np. port podczerwieni.

Dodatkowo przewidziano komplet anten ANT01, ANT02 zamontowanych na widowni. Splitter antenowy RRF01 oraz odbiorniki systemu bezprzewodowego ZB01, ZB02 zostały umieszczone w stacjonarnej szafie sprzętowej ST01 umieszczonej w pomieszczeniu technicznym.

3.1.4. Nagłośnienie sali sportowej

Zaprojektowano pasywny system nagłaśniania widowni, płyty boiska działający w trybie monofonicznym. Zastosowano technologię 100V przesyłu sygnałów głośnikowych. Urządzenia głośnikowe zostały podzielone na 5 stref głośnikowych wymienionych poniżej:

1. Nagłośnienie widowni:
 - a) pierwsza strefa – siedzenia w pierwszej części widowni od parkietu do osi B (pierwszych 5 rzędów siedzeń),
 - b) druga strefa – siedzenia w drugiej części widowni od osi B do końca widowni (ostatnie 6 rzędów siedzeń).
2. Nagłośnienie płyty boiska z podziałem na trzy strefy zgodnie z podziałem wynikającym z zainstalowanych siatek oddzielających (piłkochwyty).

3.1.4.1. System przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi

W przypadku projektowanego systemu elektroakustycznego system przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi zostanie zlokalizowany w szafie technicznej ST01. W skład systemu przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi wchodzi:

- PM – przedwzmacniacz mikrofonowy z konwerterem sygnałów A/C,
- KCA – konwerter sygnałów C/A,
- CMF – cyfrowy mikser foniczny,
- CPF – cyfrowy procesor foniczny.

System zostanie wyposażony w dwa zewnętrzne interfejsy (EX01, EX02). Każdy z nich to przetwornik analogowo cyfrowy wyposażony w 4 wejścia mikrofonowo liniowe, umieszczone w przenośnej szafie STPL01. Kolejnym urządzeniem podłączonym bezpośrednio do systemu przetwarzania i zarządzania jest punkt dostępowy, za pomocą którego mamy możliwość zdalnego kontrolowania poziomów sygnałów wej/wyj systemu przetwarzania. Kontrola odbywa się przy pomocy bezprzewodowego urządzenia sterującego. Całość obróbki sygnału oraz jego odpowiednie przygotowanie, między innymi poprzez zastosowanie odpowiednich ustawień dla urządzeń głośnikowych, zostanie wykonana w cyfrowym procesorze fonicznym CPF. Wyjścia cyfrowe z konwertera sygnałów KCA zostaną połączone z wejściami wzmacniaczy mocy.

System przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi umożliwia zapisanie różnych ustawień w postaci scen, których ustawienia zostaną zoptymalizowane pod różne konfiguracje i zadania systemu wyznaczonych przez użytkownika.

3.1.5. Urządzenia sterujące systemem nagłośnienia sali sportowej

Głównym zadaniem systemu sterowania będzie regulacja poziomów głośności źródeł dźwięku przewidzianych w systemie. Przewidziano dwa sposoby sterowania:

1. Dla „użytkownika codziennego” został zamontowany sterownik CP w przyłączy PH02. Za jego pomocą będzie można sterować głośnością:
 - a. Przenośnego odtwarzacza MP3 podłączanego do przyłączy PHA02.
 - b. Mikrofonów bezprzewodowych.

- c. Przełączać zapamiętane sceny systemu przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi.
2. Dla moderatora/komentatora – bezprzewodowy przenośny sterownik typu *tablet*. Sterownik ten będzie umożliwiał regulację poziomów za pomocą odpowiedniej aplikacji następujących źródeł:
- a. Dwóch kanałów odtwarzaczy CD01, CD02.
 - b. Dwóch mikrofonów bezprzewodowych.
 - c. Mikrofonów przewodowych podłączanych do przyłącza w skrzyni STPL01.

3.1.6. Struktura systemu

System zarządzany będzie przez główny system zarządzania i przetwarzania sygnału fonicznego przetwarzający wszystkie sygnały foniczne. Źródła sygnałów będą wpięte na wejścia tego systemu. Urządzenia zostaną zainstalowane w jednej przenośnej skrzyni transportowej STPL01 typu rack 19" oraz w stacjonarnej szafie sprzętowej ST01.

W projekcie został zastosowany przełącznik sieciowy SW01. Za jego pomocą będzie można skonfigurować połączenie sieciowe z systemem przetwarzania i zarządzania sygnałami fonicznymi. Dodatkowo SW01 tworzy lokalną sieć Ethernet na potrzeby systemu elektroakustycznego sali sportowej oraz dostarcza zasilanie dla przetworników EX01, EX02 oraz AP01.

Użytkownicy będą mieli możliwość zarządzania podstawowymi funkcjami systemu przetwarzania i zarządzania (sumaryczna głośność, głośność poszczególnych źródeł sygnału) przy pomocy mobilnego sterownika CP02, oraz za pomocą sterownika naściennego CP01 zainstalowanego w przyłączy PH02.

Wyjścia sygnałów z systemu przetwarzania i zarządzania są podpięte do wejść wzmacniaczy mocy odpowiedzialnych za poszczególne strefy nagłaśniania (w sumie 5 stref). Wyjścia wzmacniaczy zostały podłączone do dwunastu 100V linii stref głośnikowych.

4. Symulacje komputerowe

Optymalizację rozmieszczenia urządzeń głośnikowych dla sali sportowej przeprowadzano za pomocą symulacji komputerowych wykonanych programem EASE w wersji 4.4.11.4. Komputerowe modele akustyczne uwzględniają wyniki pomiarów akustycznych opisanych szczegółowo w raporcie pomiarowym [5]. Wyniki końcowych symulacji zamieszczono w projekcie w celu zobrazowania parametrów systemu i pokazania, że spełnione są założenia projektowe. Analizowano następujące parametry akustyczne systemu nagłaśniania:

- poziom ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego,
- poziom ciśnienia akustycznego sumy dźwięku bezpośredniego i rozproszonego,
- wskaźnik transmisji mowy STIPA dla głosu męskiego.

Wyniki symulacji przedstawione zostały w postaci rozkładów przestrzennych oraz wartości średnich i nierównomierności rozkładów.

Wszystkie symulacje przeprowadzono przy następujących ustawieniach:

- symulacje rozkładu wskaźnika zrozumiałości mowy STIPA oraz rozkładu poziomu ciśnienia akustycznego przeprowadzono przy zasilaniu urządzeń głośnikowych sygnałem o widmie mowy męskiej [13] ograniczonym filtrem górnoprzepustowym Butterwortha 2 rzędu o częstotliwości granicznej 315 Hz,
- uwzględniono cieniowanie i sumowanie interferencyjne,
- uwzględniono tło akustyczne (patrz Tab. 4.1) oraz zjawisko maskowania (dotyczy symulacji STIPA),
- izolinie wyznaczane co 3 dB (nie dotyczy symulacji STIPA).

Tab. 4.1 Wartości poziomu tła akustycznego dla sali uwzględniony w symulacjach

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	UWAGI
Poziom tła akustycznego dla sali sportowej	80,0	75,0	72,9	70,8	68,7	69,8	71,0	72,1	74,8	77,4	80,1	Wartości wynikające z pomiaru w trakcie zajęć wychowania fizycznego
f [Hz]	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000	-	UWAGI
Poziom tła akustycznego dla sali sportowej	78,1	76,2	74,2	70,9	67,7	64,4	59,6	54,8	50,0	50,0	-	Wartości wynikające z pomiaru w trakcie zajęć wychowania fizycznego

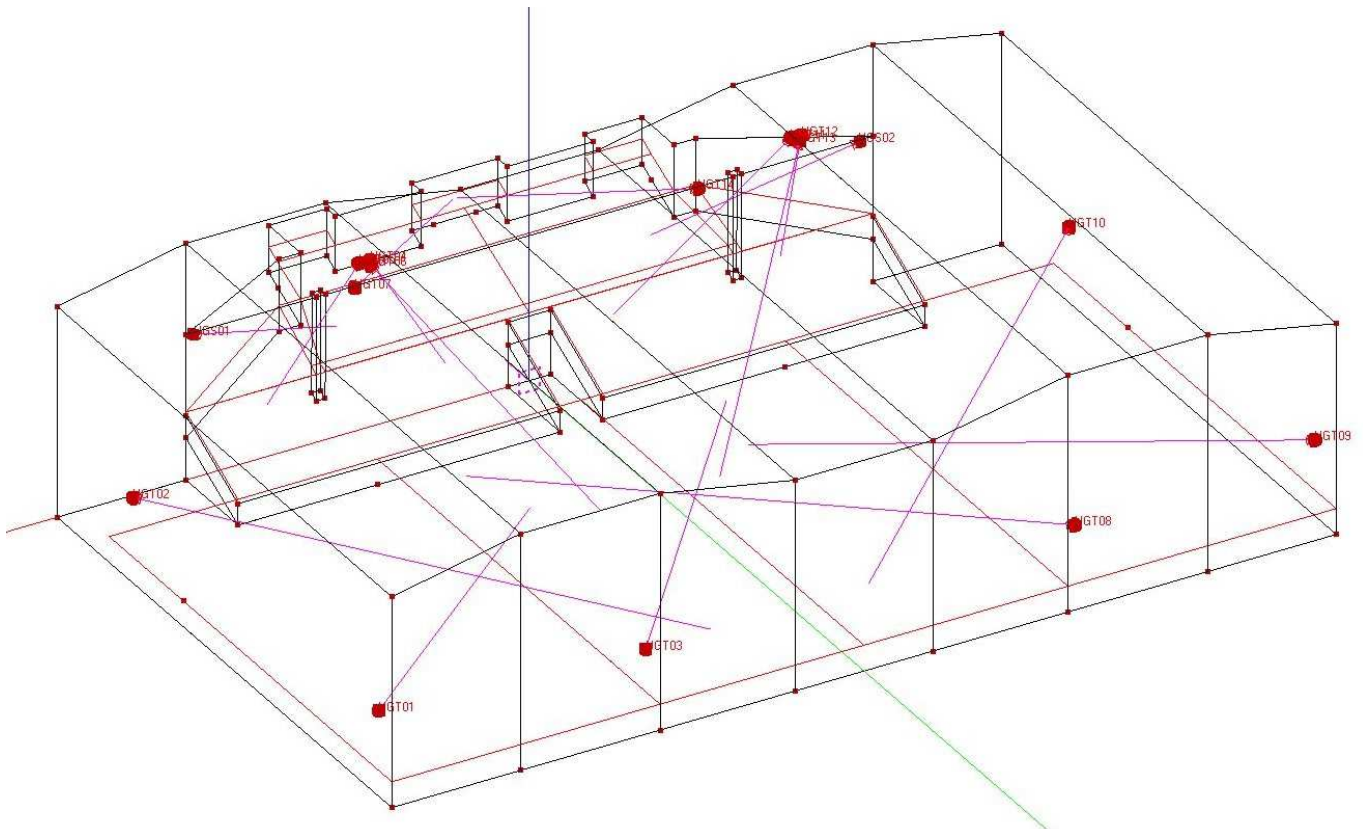
Suma poziomu ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego i rozproszonego określona była dla statystycznie wyznaczonych wartości dźwięku rozproszonego. Jako miarę nierównomierności wszystkich parametrów przyjęto pierwiastek z odchylenia kwadratowego przeciętnego. Analiz dokonywano w płaszczyznach umieszczonych na wysokości 1,2 m (przeciętna wysokość uszu osoby siedzącej) nad powierzchnią widowni.

Jako miarę zrozumiałości mowy przyjęto wskaźnik transmisji mowy STIPA.

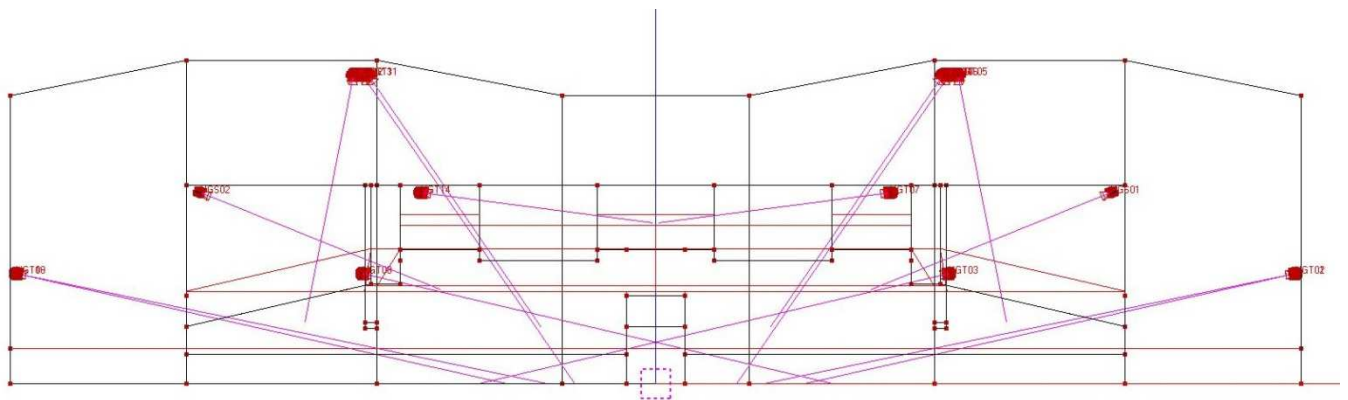
W zależności od wartości tego parametru rozróżnia się kilka klas zrozumiałości mowy:

- 0,75 – 1,0 doskonała,
- 0,6 – 0,75 dobra,
- 0,45 – 0,6 zadowalająca,
- 0,3 – 0,45 słaba,
- 0 – 0,3 zła.

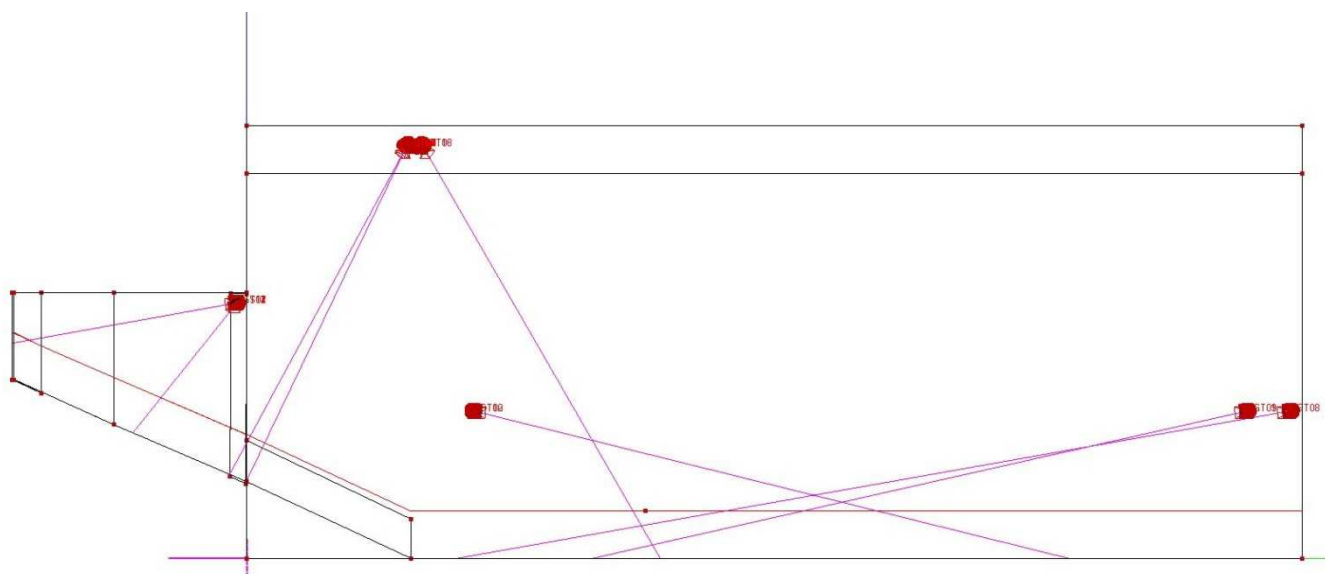
4.1. Sala sportowa



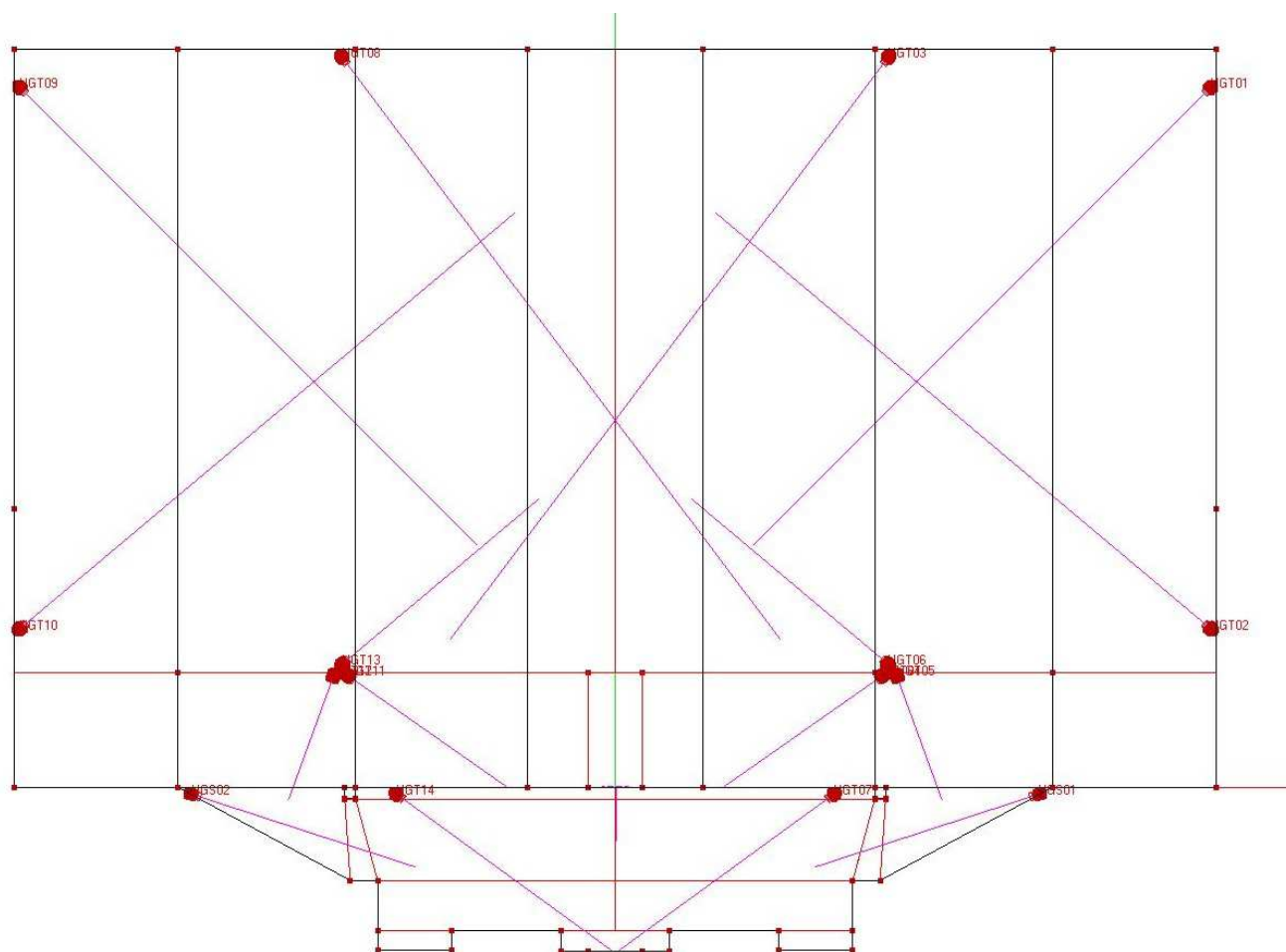
Rys. 4.1 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok 3D).



Rys. 4.2 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok wzdłuż osi y).



Rys. 4.3 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok wzdłuż osi x).



Rys. 4.4 Model sali sportowej z rozmieszczeniem urządzeń głośnikowych (widok wzdłuż osi z).

4.1.1. Rozmieszczenia i konfiguracja urządzeń głośnikowych

Poniżej przedstawiono tabelę zawierającą zestawienie urządzeń głośnikowych oraz ich konfigurację i lokalizację.

Tab. 4.2 Rozmieszczenia i konfiguracja urządzeń głośnikowych dla sali sportowej

Lp.	Oznaczenie	x [m]	y [m]	z [m]	Hor [°]	Ver [°]	Poziom w stosunku do mocy znamionowej urządzenia [dB]	Strefa	Sposób montażu
1.	UGT01	21,8	25,6	3,75	-45	-9	0	Płyta 3	Montaż naścienny przy użyciu ramy systemowej
2.	UGT02	21,8	5,8	3,75	-130	-9	0		Montaż naścienny przy użyciu ramy systemowej
3.	UGT03	10	26,7	3,75	-37	-8	0	Płyta 2	Montaż naścienny przy użyciu ramy systemowej
4.	UGT06	10	4,5	10,5	-130	-48	0		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
5.	UGT08	-10	26,7	3,75	37	-8	0		Montaż naścienny przy użyciu ramy systemowej
6.	UGT13	-10	4,5	10,5	130	-48	0		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
7.	UGT09	-21,8	25,6	3,75	45	-9	0	Płyta 1	Montaż naścienny przy użyciu ramy systemowej
8.	UGT10	-21,8	5,8	3,75	130	-9	0		Montaż naścienny przy użyciu ramy systemowej
9.	UGT04	9,8	4,1	10,5	-55	-50	-3	Widownia 1	Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
10.	UGT05	10,3	4,1	10,5	20	-60	-3		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
11.	UGT11	-9,8	4,1	10,5	55	-50	-3		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
12.	UGT12	-10,3	4,1	10,5	-20	-60	-3		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
13.	UGT07	8	-0,25	6,5	-54	-6	-3	Widownia 2	Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
14.	UGT14	-8	-0,25	6,5	54	-6	-3		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
15.	UGS01	15,5	-0,25	6,5	-72	-21	-3		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej
16.	UGS02	-15,5	-0,25	6,5	72	-21	-3		Montaż sufitowy przy użyciu ramy systemowej

4.1.2. Wyniki symulacji

Tab. 4.3 przedstawia zestawienie wyników symulacji komputerowych dla nagłośnienia płyty boiska oraz widowni sali sportowej. Na Rys. 4.5 – Rys. 4.11 przedstawiono rozkłady poszczególnych parametrów z uwzględnieniem zjawiska interferencji.

Tab. 4.3 Zestawienie wyników symulacji komputerowych dla sali sportowej

Parametr	f [Hz]	Wartość średnia z interferencjami i cieniowaniem	
		Średnia	Odchylenie
Maksymalny ciągły poziom ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego [dB]	250	100,9	1,98
	1 k	92,1	1,90
	8k	70,1	2,56
	100–10 k	104,0	1,49
Maksymalny ciągły poziom ciśnienia akustycznego sumy dźwięku bezpośredniego i rozproszonego [dB]	100–10 k	115,4	0,09
STIPA (głos męski)	–	0,3	0,02

4. Symulacje komputerowe

ZL_118_Katy_sala

Used:

Lspk: UG12, UG05, UG11, UG04, UG14, UG07, UG09, UG01, UG08, UG03, UG13, UG06, UG10, UG02, UGS01, UGS02

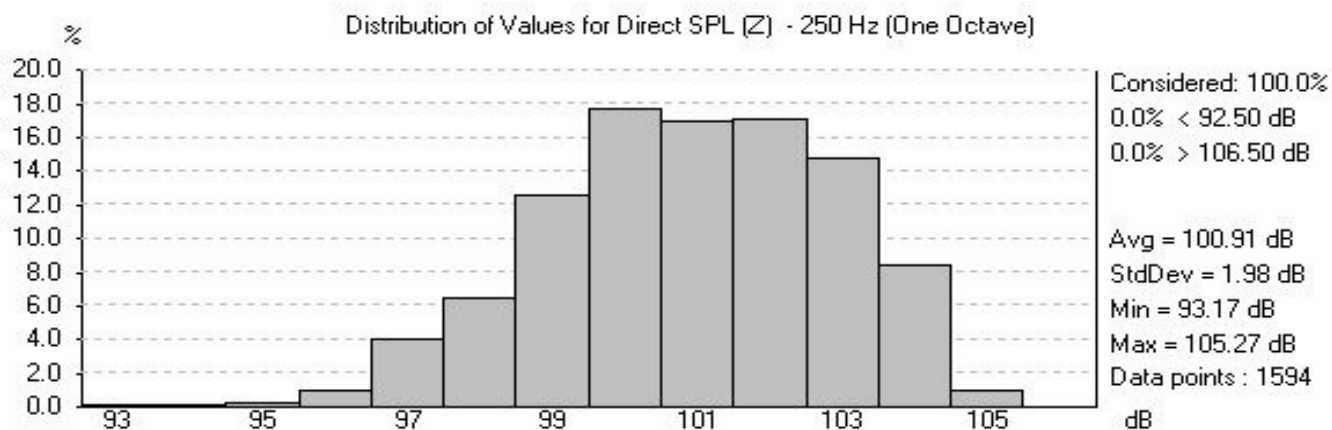
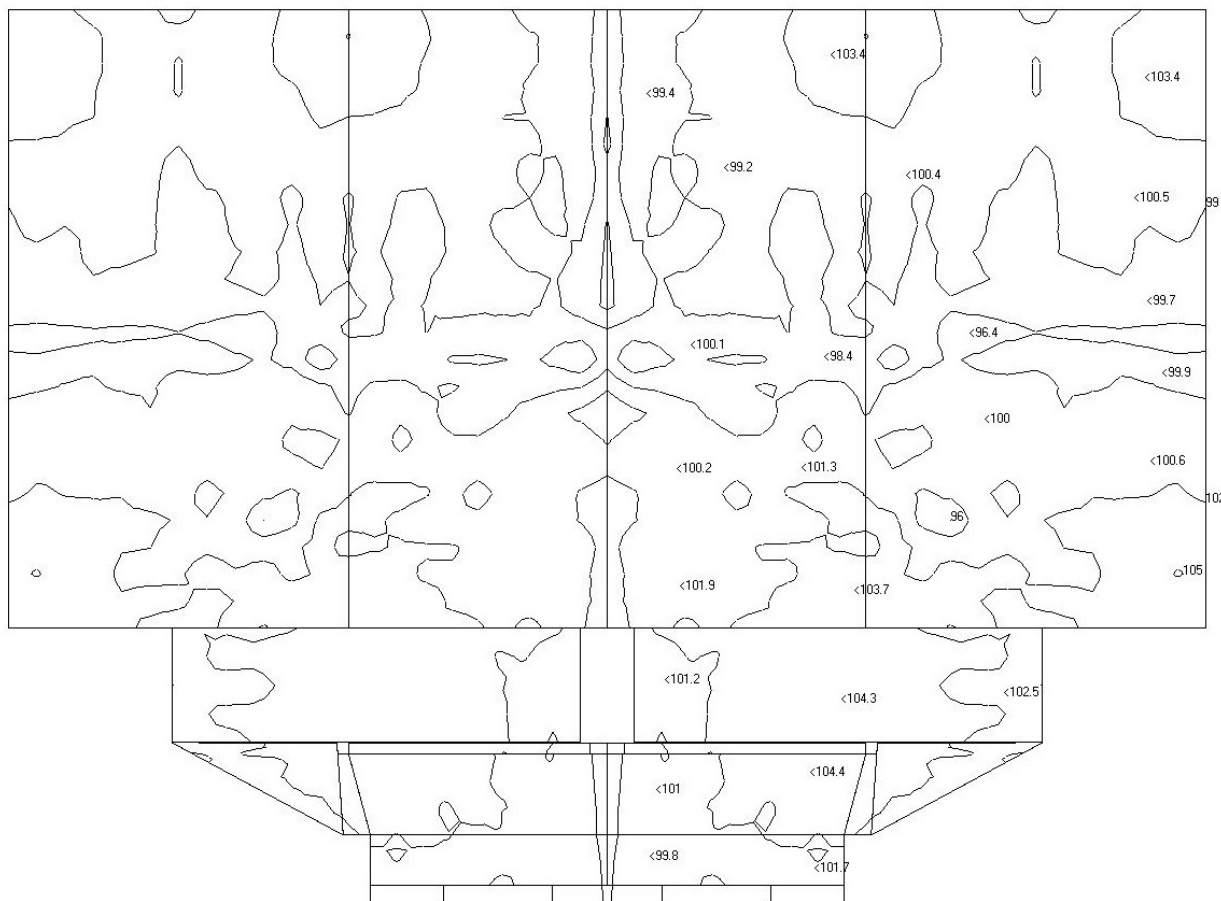
Map: Direct SPL [Z]

Freq: 250 Hz

[1/1 Octave Sum]

Energy: 2 * Epot

(1/3rd Octave)



Rys. 4.5 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasma oktauwowe 250 Hz.

4. Symulacje komputerowe

ZL_118_Katy_sala

Used :

Lspk: UG12, UG05, UG11, UG04, UG14, UG07, UG09, UG01, UG08, UG03, UG13, UG06, UG10, UG02, UGS01, UGS02

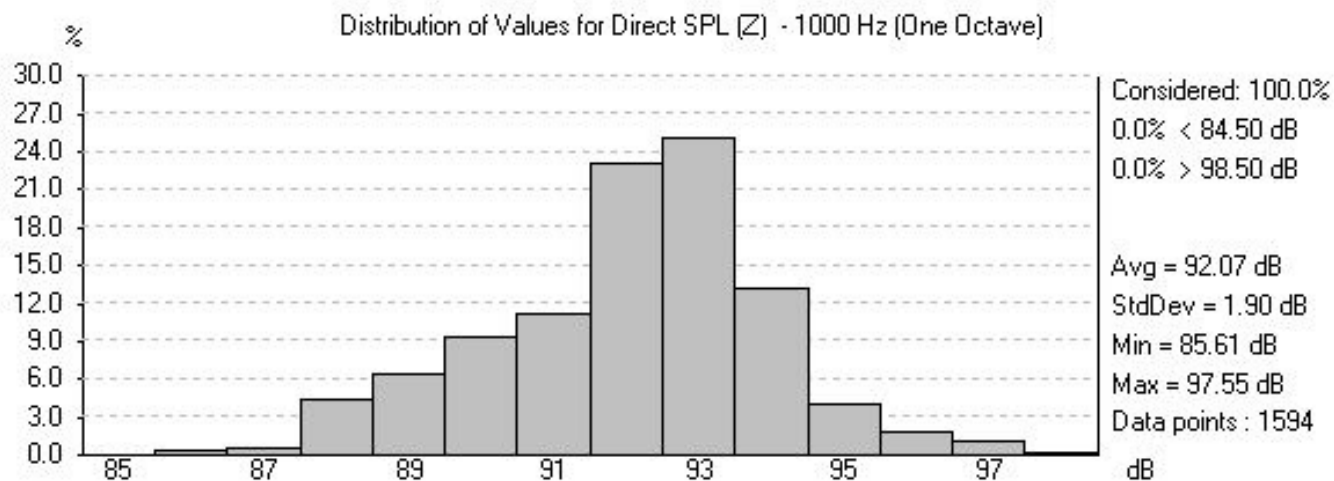
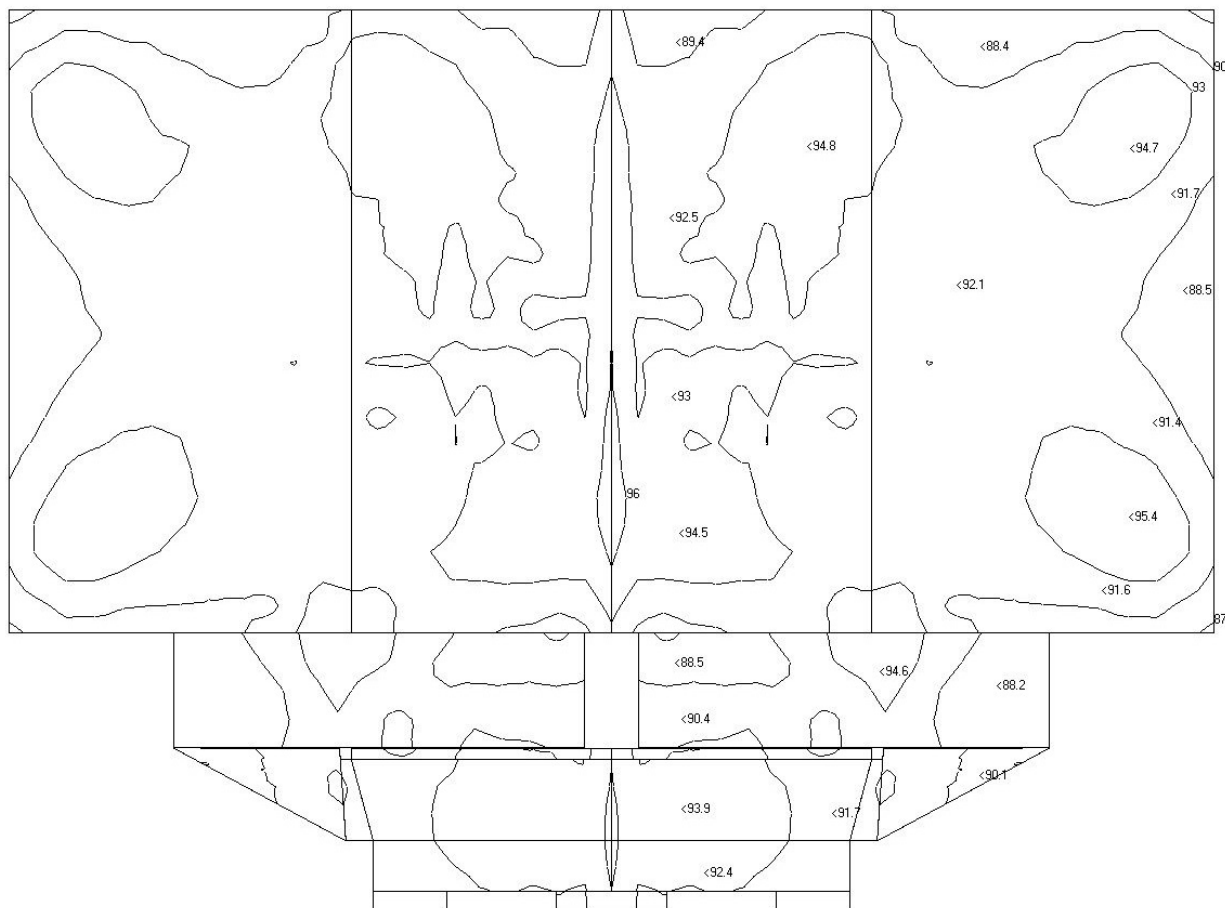
Map: Direct SPL (Z)

Freq: 1000 Hz

(1/1 Octave Sum)

Energy: 2 * Epot

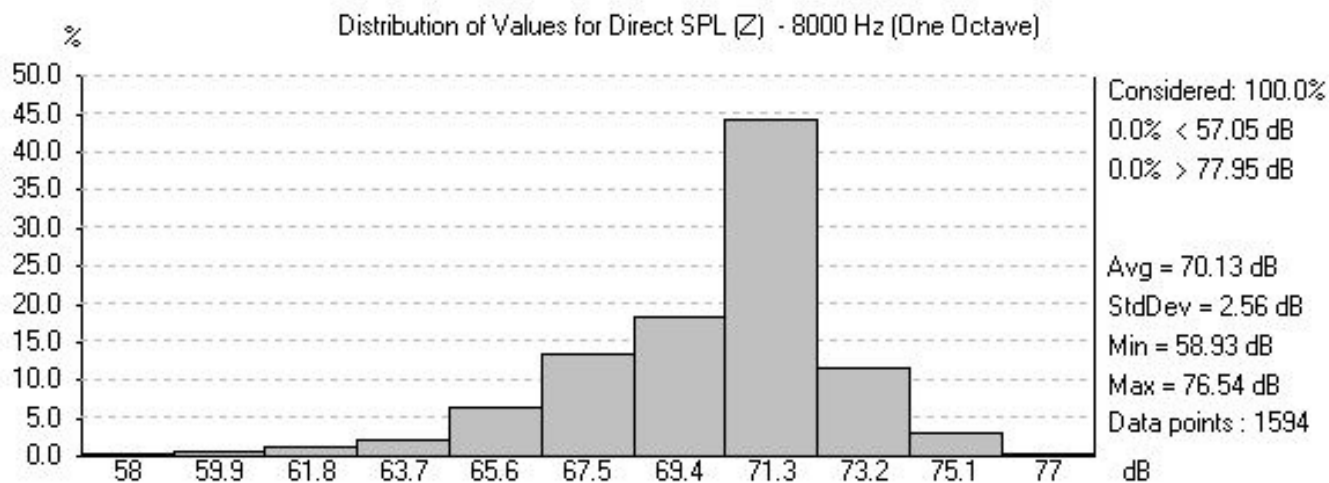
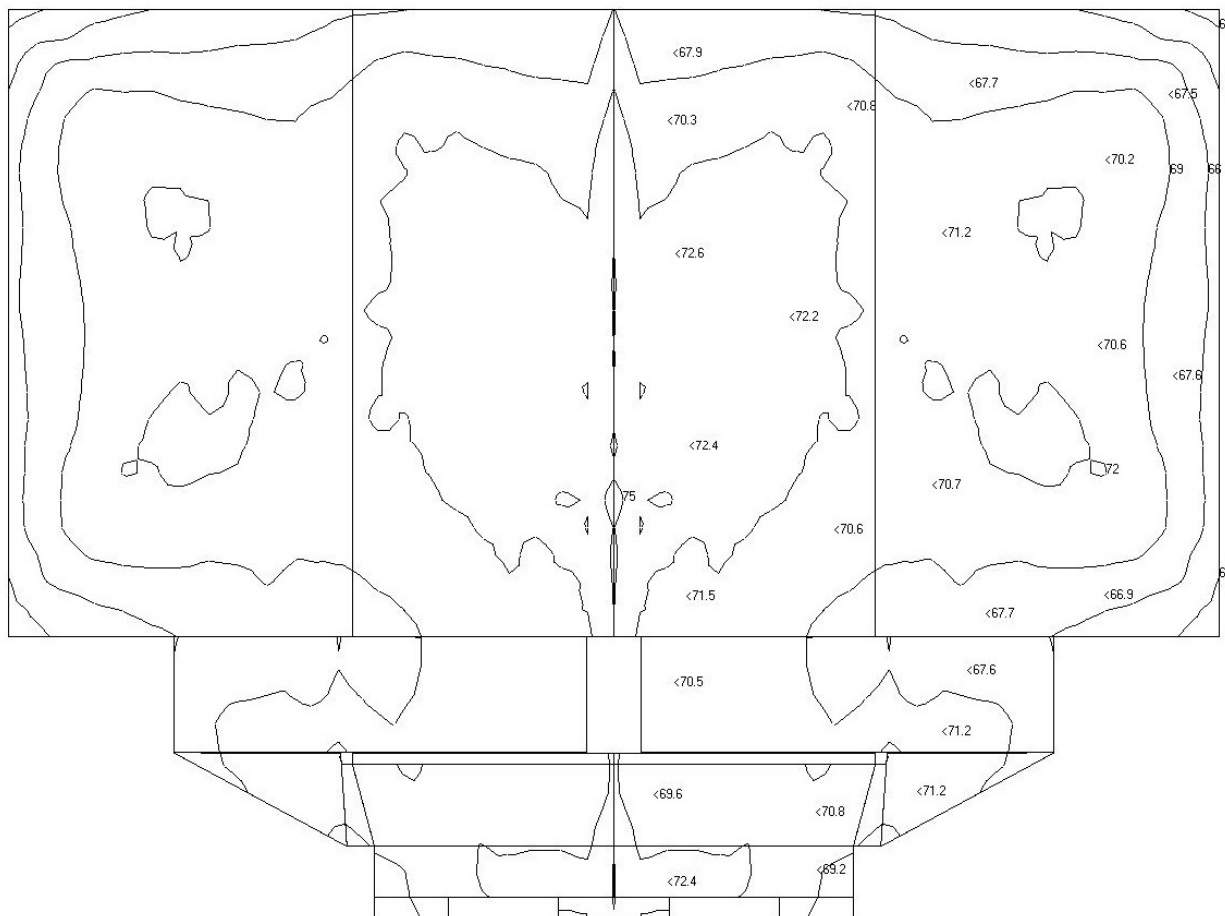
(1/3rd Octave)



Rys. 4.6 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasma oktauwowe 1 kHz.

4. Symulacje komputerowe

ZL_118_Katy_sala
Used:
Lspk: UG12, UG05, UG11, UG04, UG14, UG07, UG09, UG01, UG08, UG03, UG13, UG06, UG10, UG02, UGS01, UGS02
Map: Direct SPL [Z]
Freq: 8000 Hz
[1/1 Octave Sum]
Energy: 2 * Epot
[1/3d Octave]



Rys. 4.7 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasma oktauwowe 8 kHz.

4. Symulacje komputerowe

ZL_118_Katy_sala

Used :

Lspk: UG12, UG05, UG11, UG04, UG14, UG07, UG09, UG01, UG08, UG03, UG13, UG06, UG10, UG02, UGS01, UGS02

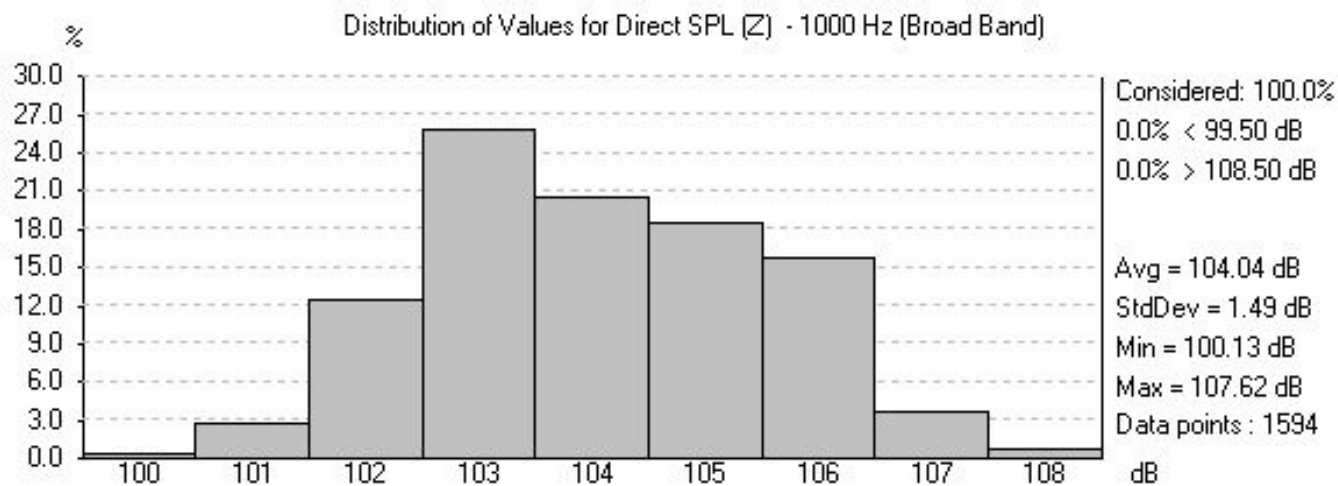
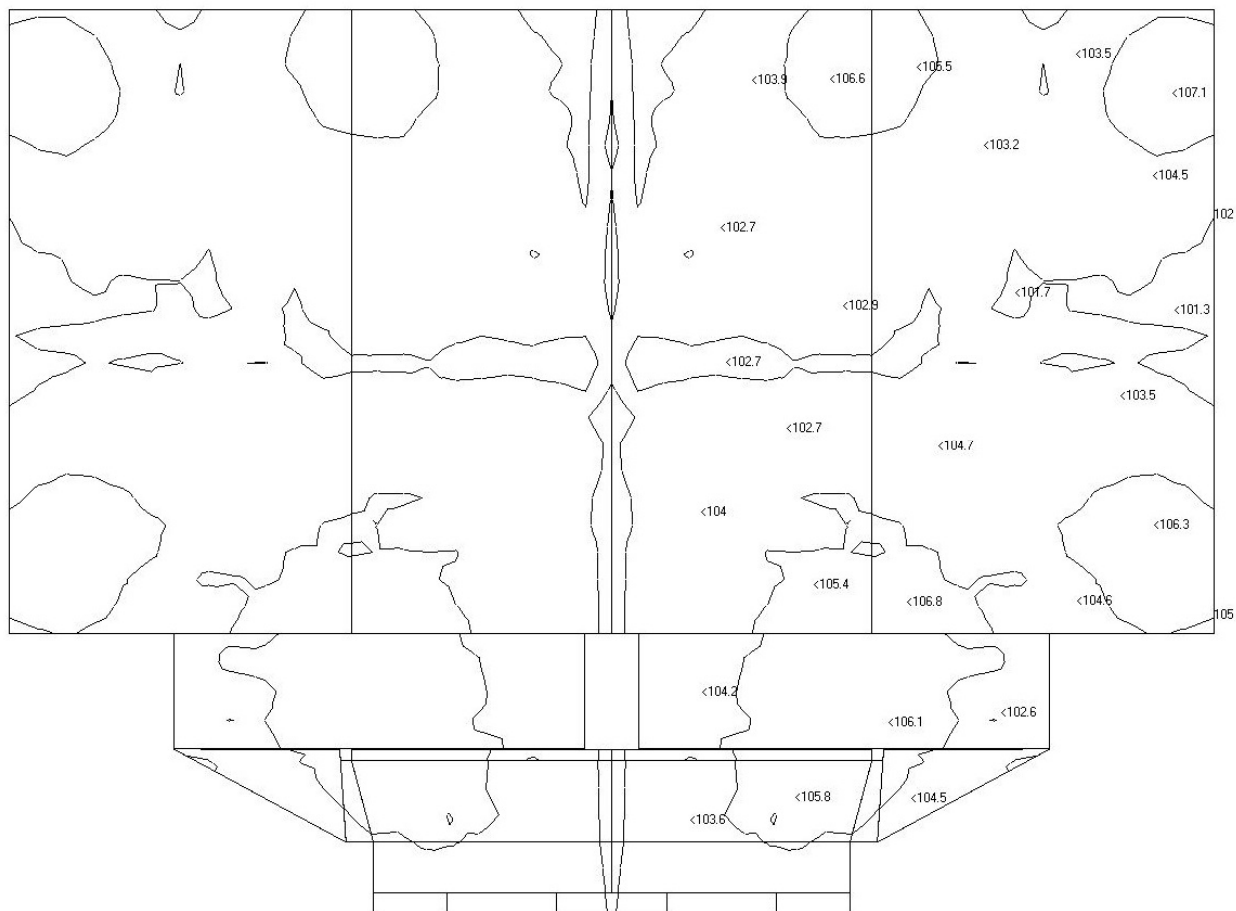
Map: Direct SPL (Z)

Freq: 1000 Hz

(Broad Band Sum)

Energy: 2 * Epot

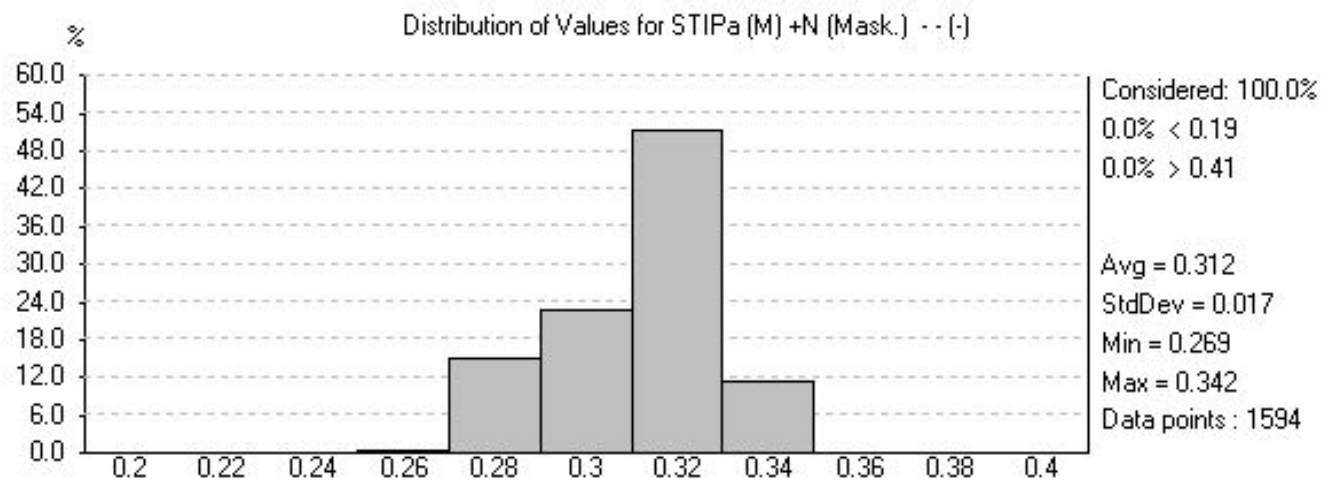
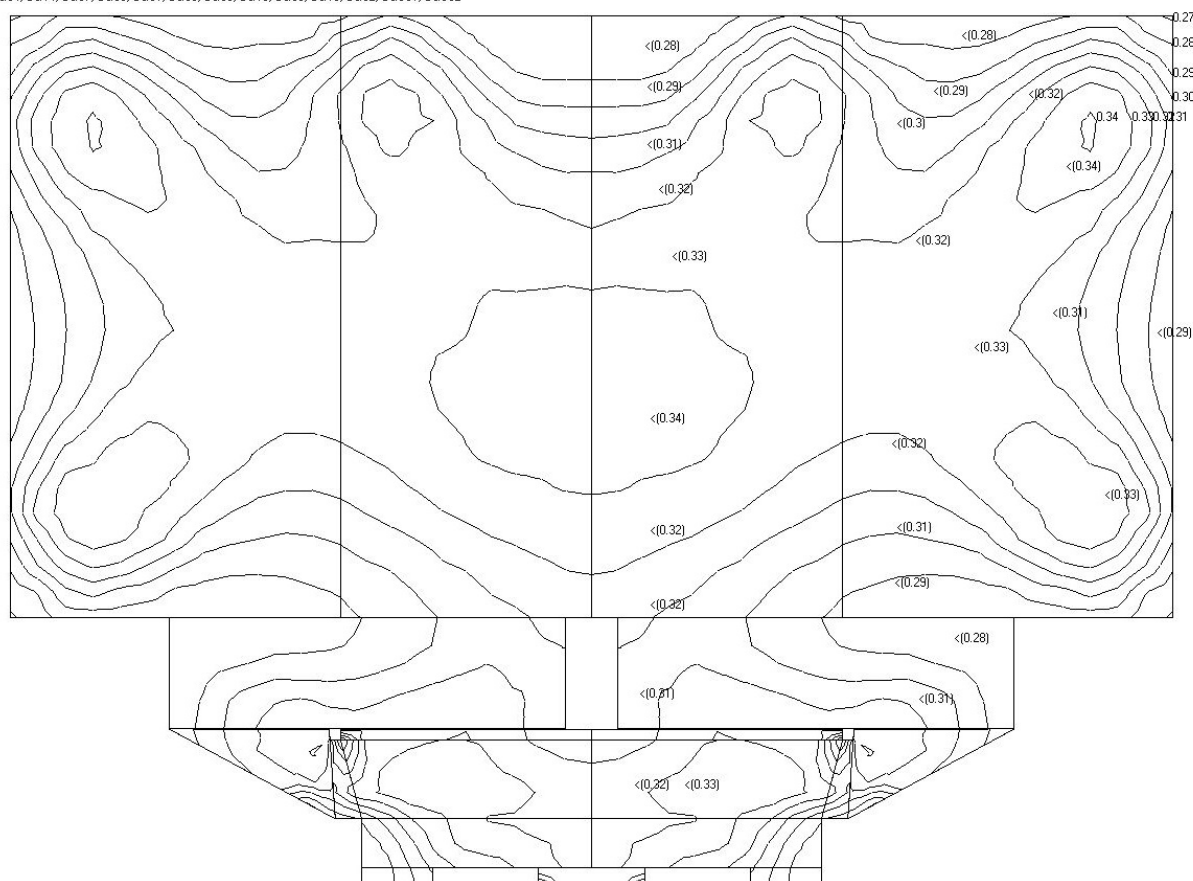
(1/3rd Octave)



Rys. 4.8 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego dla sali sportowej. Pasmo 100 Hz – 10 kHz.



ZL_T18_Katy_sala
Used:
Lspk: UG12, UG05, UG11, UG04, UG14, UG07, UG09, UG01, UG08, UG03, UG13, UG06, UG10, UG02, UGS01, UGS02
Map: STIPa (M) + N (Mask.)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



Rys. 4.10 Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STIPA (głos męski) dla sali sportowej.

4.1.3. Zalecenia dotyczące poprawy zrozumiałości mowy w sali sportowej

Symulacje zrozumiałości mowy dla sali sportowej przeprowadzono z uwzględnieniem:

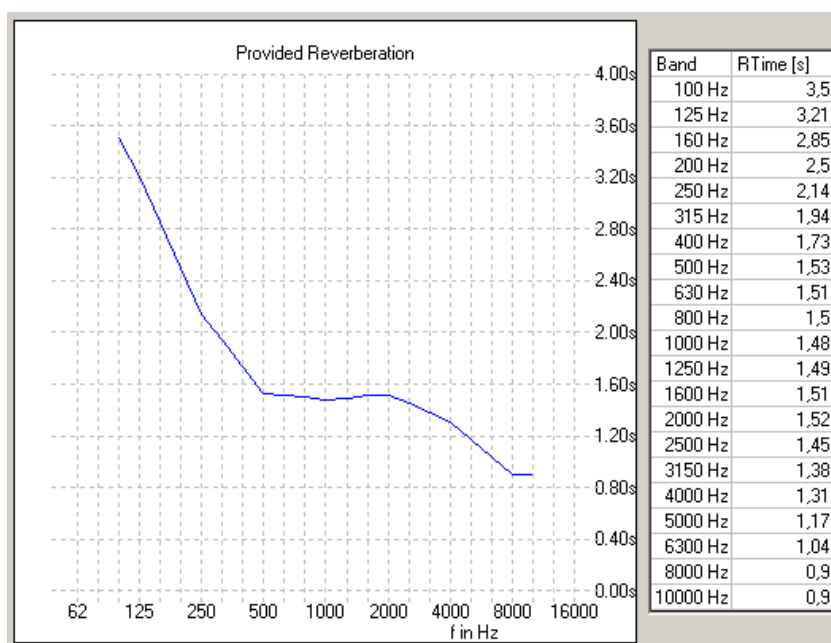
- rzeczywistego czasu pogłosu zmierzonego w pustej sali sportowej,
- rzeczywistego tła akustycznego zmierzonego w trakcie zajęć wychowania fizycznego (patrz Tab. 4.1).

Pomiaru tła akustycznego w sali sportowej dokonano w trakcie zajęć wychowania fizycznego w obecności 25 – 30 osób rozproszonych po całej sali. Stwierdzono, że wpływ obecności osób w sali z punktu widzenia pomiaru czasu pogłosu jest pomijalnie mały.

Przeprowadzono analizę wpływu w/w czynników na wyniki symulacji zrozumiałości mowy, na podstawie której stwierdzono, że kluczowy wpływ na zrozumiałość mowy w sali sportowej ma czas pogłosu. Pośrednio wpływa on również na zwiększenie poziomu tła akustycznego w sali, co dodatkowo pogarsza zrozumiałość mowy.

W związku z powyższym zdecydowanie zaleca się obniżenie czasu pogłosu w celu poprawienia wskaźnika zrozumiałości mowy w sali.

Sugerowany przebieg charakterystyki czasu pogłosu przedstawiono poniżej:



Rys. 4.11 Sugerowany przebieg charakterystyki czasu pogłosu.

Na podstawie przeprowadzonych symulacji stwierdzono, że redukcja czasu pogłosu do wartości przedstawionej na Rys. 4.11 jest warunkiem koniecznym do poprawienia zrozumiałości mowy ze słabej do zadawalającej. Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STIPA dla głosu męskiego przedstawiono na Rys. 4.12.

Redukcja czasu pogłosu do wartości przedstawionej na Rys. 4.11 wiąże się z adaptacją akustyczną powierzchni $\sim 1\,000\text{ m}^2$ sali sportowej i jest absolutnym minimum. Zaleca się adaptację większej powierzchni sali sportowej na podstawie szczegółowego projektu adaptacji akustycznej.

ZL_118_Katy_sala

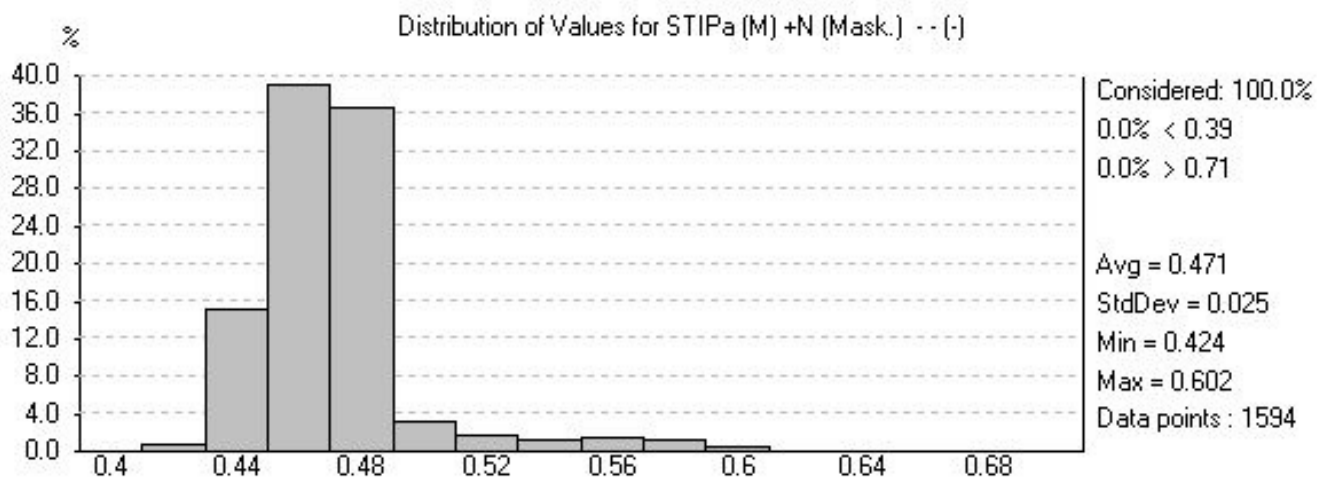
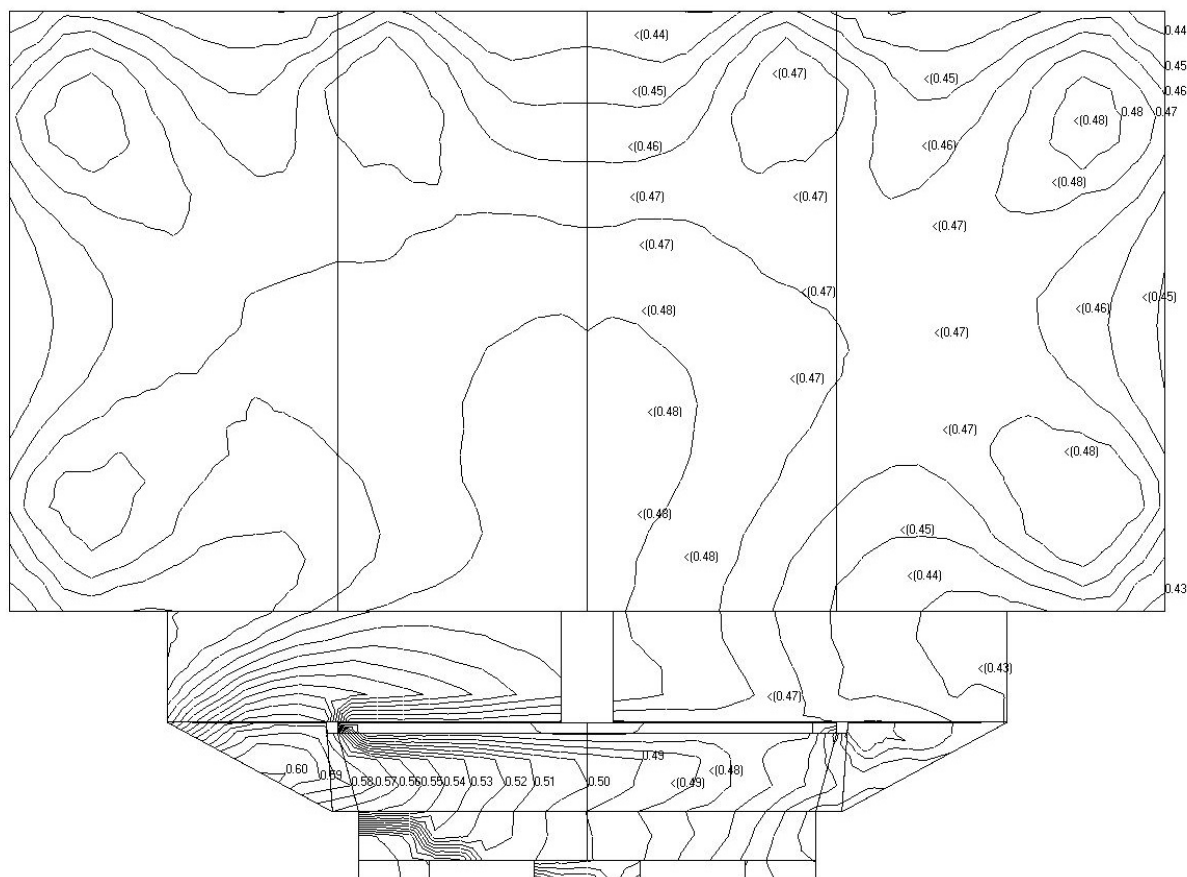
Used:

Lpik: UGT12, UGT05, UGT11, UGT04, UGT14, UGT07, UGT09, UGT01, UGT08, UGT03, UGT13, UGT06, UGT10, UGT02, UGS01, UGS02

Map: STIPa (M) +N (Mask.)

Energy: 2 * E_{pot}

(1/3rd Octave)



Rys. 4.12 Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STIPa (głos męski) dla sali sportowej przy zredukowanej wartości czasu pogłosu.

5. Lokalizacja urządzeń, trasy kablowe

5.1. Lokalizacja urządzeń systemu elektroakustycznego w sali sportowej

Urządzenia wykonawcze systemu elektroakustycznego sali sportowej będą rozmieszczone w następujących lokalizacjach:

1. Pomieszczenie techniczne 2.13 zlokalizowane na poziomie 1 – miejsce gdzie została umieszczona szafa techniczna ST01 zawierająca wzmacniacze mocy oraz urządzenia wykonawcze systemu elektroakustycznego.
2. Pomieszczenie komentatorów 2.12 – miejsce gdzie zostało przewidziane przyłącze sygnałowe dla komentatora oraz dwa monitory odsłuchowe MON1, MON02.
3. Widownia – w lokalizacji przyłącza PH02 użytkowane będą czasowo urządzenia zamieszczone i/lub podpinane do przenośnej szafy sprzętowej STPL01.

5.2. Trasy kablowe

Lokalizacja głównych tras kablowych projektowanych systemów jest bardzo istotna z uwagi na poprawną i niezakłóconą transmisję analogowych sygnałów fonicznych. Wyjątek stanowią linie głośnikowe sali sportowej, które ze względu na zastosowanie technologii 100 V, są bardziej odporne na ewentualne zakłócenia.

Pokazane w projekcie trasy kablowe należy traktować jako propozycję, którą można było przedstawić na etapie projektowania. Wykonawca jest zobowiązany do ostatecznego ustalenia tras prowadzenia okablowania oraz technologii wykonania tych tras na podstawie informacji otrzymanych na obiekcie w trakcie prac instalacyjnych. Modyfikacje zaproponowane przez Wykonawcę muszą uzyskać ostateczną akceptację autorów projektu.

5.3. Opis złączy i linii kablowych

Przyłącza sygnałowe należy wykonać przy użyciu złączy renomowanego producenta klasy AMPHENOL, HARTING, NEUTRIK, SWITCHCRAFT.

Legenda:

1. Oznaczenia typu linii:
 - LA – linia foniczna, analogowa,
 - LC – linia cyfrowa,
 - LG – linia głośnikowa,
 - LRF – linia w.cz.,
 - LS – linia sterująca,
2. Rodzaj kabla:
 - *xp* – kabel sygnałowy do sygnałów analogowych x parowy, np.: a2p przewód sygnałowy 2 parowy, każda para symetryczna,
 - *cxp* – kabel sygnałowy do sygnałów cyfrowych x parowy, np.: c2p przewód sygnałowy 2 parowy, każda para symetryczna,
 - RG-58 – kabel koncentryczny wysokiej częstotliwości,

- $X \times Y \times Z \text{ mm}^2$ – X przewodów głośnikowych o Y żyłach i przekroju $Z \text{ mm}^2$,
- FTP CAT 6 – ekranowany kabel, 4 pary skręcone, cat 6.

3. Typy linii:

- S — linie stałe,
- R — linie ruchome.

4. Złącza:

- BNC,
- RCA,
- RJ-45,
- XLR3 – XLR 3 pinowy,
- SPEAKON – rozwiązanie firmowe NEUTRIK,
- ZWxx – złącze wielopinowe złącze typu Harting.

5. Zakończenie złącza:

- /M – męskie,
- /F – żeńskie,
- /K – kablowe,
- /T – tablicowe.

5.3.1. Zestawienie linii kablowych systemu elektroakustycznego sali sportowej

Tab. 5.1 Zestawienie linii fonicznych analogowych.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LA01	PH01	2 × XLR/F/T	1 × a1p	1 × zacisk	ST01	S	20
2.	LA02	PHA01	2 × RCA	1 × a2p	2 × zacisk	ST01	S	40
3.	LA03	PH02	2 × XLR/F/T	1 × a2p	2 × zacisk	ST01	S	40
4.	LA04	PH03	1 × XLR/F/T	1 × a1p	1 × zacisk	ST01	S	60
5.	LA05	PH01	2 × XLR/F/T	1 × a2p	2 × zacisk	ST01	S	20

Tab. 5.2 Zestawienie linii cyfrowych.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LC01	PH01	ZW01	1 × FTP cat 6	1 x zacisk	ST01	S	20
2.	LC02	PH01	ZW01	1 × FTP cat 6	1 x zacisk	ST01	S	20
3.	LC03	PH02	ZW02	1 × FTP cat 6	1 x zacisk	ST01	S	40

5. Lokalizacja urządzeń, trasy kablowe

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
4.	LC04	PH02	ZW02	1 × FTP cat 6	1 x zacisk	ST01	S	40
5.	LC05	PH02	1 × RJ –45/F/T	1 × FTP cat 6	1 x zacisk	ST01	S	40
6.	LC06	STPL01	1 × RJ –45/F/T	1 × FTP cat 6	1 × RJ –45/F/K	ZW03	R	5
7.	LC07	STPL01	1 × RJ –45/F/T	1 × FTP cat 6	1 × RJ –45/F/K	ZW03	R	5

Tab. 5.3 Zestawienie linii głośnikowych.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LG01	UGT01/1/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	80
2.	LG02	UGT02/2/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	60
3.	LG03	UGT09/3/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	80
4.	LG04	UGT10/4/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	60
5.	LG05	UGT03/5/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	60
6.	LG06	UGT08/6/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	60
7.	LG07	UGT06/7/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	60
8.	LG08	UGT13/8/200	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	110
9.	LG09	UGT04/9/100, UGT05/9/100	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	130
10.	LG10	UGT11/10/100, UGT12/10/100	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	110
11.	LG11	UGT07/11/100, UGT14/11/100	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	85
12.	LG12	UGTS01/12/120, UGTS02/12/120	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	85
13.	LG13	RG01	1 x zacisk	OWY 2 × 2×2,5	1 x zacisk	STA01	S	20

Tab. 5.4 Zestawienie linii w.cz.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LRF01	WRF01	1 × BNC/M/K	1 × RG213	1 × BNC/M/K	ST01	S	59
2.	LRF02	WRF02	1 × BNC/M/K	1 × RG213	1 × BNC/M/K	ST01	S	59
3.	LRF03	ANT01	1 × BNC/M/K	1 × RG213	1 × BNC/M/K	WRF01	S	1
4.	LRF04	ANT02	1 × BNC/M/K	1 × RG213	1 × BNC/M/K	WRF02	S	1

Tab. 5.5 Zestawienie linii sterujących.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LS01	AP01	1 × RJ-45F/K	1 × FTP cat 6	Zacisk	ST01	S	60
2.	LS02	CP	1 × RJ-45F/K	1 × FTP cat 6	Zacisk	ST01	S	40

Tab. 5.6 Zestawienie linii zasilających

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LZ01	STPL01	ZW01	1 x OWY 3x2,5mm ²	Zacisk	ZW03	R	5

6. Zasilanie elektryczne dla wszystkich elementów technologicznych

6.1. Zasady ogólne

Dla ograniczenia zakłóceń wynikających z funkcjonowania w układzie tyrystorowych regulatorów oświetlenia technologicznego (obecność wyższych harmoniczných) instalacje zasilające i elektroakustyczne należy wykonywać z zachowaniem następujących warunków:

1. Centralną Szynę PEN budynku należy uziemić zgodnie z zasadami określonymi w przepisach.
2. Rezystancja uziemienia nie może być większa niż 1Ω .
3. W złączu należy wykonać podział przewodu PEN na PE i N.
4. Dojście każdego rodzaju uziomu oraz odejście odpowiednich przewodów WLZ-tów do tablic zasilających urządzenia oświetlenia i elektroakustyki należy przykręcać do szyny za pomocą osobnego złącza.
5. Przekrój szyny uziemiającej musi być jak największy, a złącza chronione przed możliwością uszkodzeń mechanicznych.
6. Przekrój żył w poszczególnych WLZ-tach winien być powiększony o jeden stopień w stosunku do wyliczonego metodami podanymi w normach i przepisach. Przekrój ten nie może być mniejszy niż 16 mm^2 , zalecany przekrój to 25 mm^2 lub większy.
7. Obok pięciu przewodów stanowiących trójfazowy WLZ należy położyć osobny przewód o przekroju minimum 16 mm^2 – dodatkowy przewód uziemiający/wyrównujący.
8. Wszystkie przewody należy doprowadzić do poszczególnych tablic rozdzielnic funkcyjnych i gniazd końcowych bez przecięć, odgałęzień i w nieuszkodzonej izolacji.
9. W tablicach i rozdzielnicach funkcyjnych przewód PE i dodatkowy przewód uziemiający winien być przykręcony do listwy uziemiającej, miedzianej o przekroju minimum 80 mm^2 izolowanej od podłoża. Wszystkie przewody odbiorcze winny być przykręcane do listwy osobnymi złączami.
10. Wszystkie linie odbiorcze i urządzenia winny być prowadzone w taki sposób, aby ich przewody PE nie zostały połączone ze sobą.
11. Konstrukcje stalowe widowni i estrady winny być uziemione osobnym przewodem z centralnym punktem uziemiającym budynku (strop techniczny nad estradą) analogicznie do przewodu wyrównawczego.
12. Instalacje oświetlenia technologicznego i elektroakustycznego należy rozprowadzić w osobnych korytkach instalacyjnych w odległości nie mniejszej niż 50 cm.
13. Skrzyżowania tych instalacji winny odbywać się pod kątem prostym z zachowaniem odległości minimum 30 cm.
14. W przypadku mniejszych odległości wynikających z warunków faktycznych równoległego prowadzenia instalacji, długość takiej instalacji należy ograniczyć do maksimum 50 cm.
15. Okablowania linii głośnikowych dla instalacji elektroakustycznych nie wolno badać na okoliczność rezystancji izolacji metodą indukcyjną.

Powyższe zasady nie są określone w żadnym obowiązującym w Polsce przepisie.

6.2. Wytyczne elektryczne w zakresie zasilania

W poniższej tabeli Tab. 6.1 został przedstawiony funkcjonalny podział na obwody zasilające. Obwody te należy zabezpieczyć zgodnie z obowiązującymi przepisami dla instalacji elektrycznych. Każdy z obwodów należy zabezpieczyć niezależnym zabezpieczeniem różnicowo-prądowym. Numeracja obwodów jest symboliczna i może zostać nadana w inny sposób przez instalatora. Szczegółowe wytyczne oraz rozwiązania należy zawrzeć w projekcie instalacji elektrycznej, który nie jest przedmiotem umowy [2].

Tab. 6.1 Zestawienie obwodów zasilających dla urządzeń systemu elektroakustycznego.

Lp.	Rodzaj systemu	Nr obwodu	Obciążenie odbioru [W]	Współczynnik jednoczesności	Lokalizacja odbiorów	Rodzaj urządzeń	UWAGI
1.00	SYSTEM ELEKTROAKUSTYCZNY - Sala Sportowa						
1.01	Przyłącze - złącze wielostykowe	1	150	1	PH01		B
1.02	Przyłącze - gniazdo 230V	2	500	0,1	PH01		B
1.03	Przyłącze - złącze wielostykowe	1	150	1	PH02		B
1.04	Przyłącze - gniazdo 230V	2	500	0,1	PH02		B
1.05	System przetwarzania i zarządzania, mikrofony bezprzewodowe, przełącznik Ethernet	3	400	1	ST02		B
1.06	Rezerwa	4	1500	0,01	ST02		B
1.07	Wzmacniacze mocy	5	2200	0,8	ST02		C
1.08	Wzmacniacze mocy	6	2200	0,8	ST02		C
1.09	SUMA MOCY z uwzględnieniem wsp. jednoczesności		4335				

Dla sali sportowej należy przewidzieć sterowanie załączania zasilania w zamykanym przyłączy PH02, jak również z kabiny komentatorów.

7. Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono projekt wykonawczy dla zadania „Nagłośnienie sali sportowej budynku hali widowiskowo-sportowej przy ul. Brzozowej w Kątach Wrocławskich” w zakresie systemów elektroakustycznych. Dokumentacja zamieszczona w teczce składa się z:

- niniejszego opisu technicznego,
- rysunku wielkoformatowego,
- schematu połączeń systemu elektroakustycznego,
- specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót,
- przedmiaru robót,
- kosztorysu inwestorskiego.

Wszystkie rozwiązania przyjęte w projekcie są zgodne z uzgodnieniami poczynionymi z przedstawicielami Inwestora. Autorzy projektu kierowali się ponadto obowiązującymi obecnie standardami w zakresie budowy i wykorzystania systemów elektroakustycznych w salach koncertowych, halach sportowych i szkołach.

Opracowanie jest zgodne z postanowieniami umowy oraz dokumentów związanych. W opracowaniu wykorzystano uzgodnienia z przedstawicielami Zamawiającego poczynione w trakcie procesu projektowego.

Opracowanie jest kompletne z uwagi na cel, jakiemu służy.