

Projekt Technologiczny  
Systemu Elektroakustycznego;  
etap I, II i III  
Dom Kultury "SOKOLNIA"  
Imielin

Inwestor: Miejskie Centrum Kultury  
41-407  
ul. Imielińska 92

projektant      mgr inż. Wojciech Zieliński

podpis:

---

Gliwice, luty 2016

**Gliwice, 29-02-2016**

### **Oświadczenie**

Zgodnie z Art.20 ust 4 ustawy Prawo Budowlane (Dz. U. 156 poz. 1118 z 2006 r. tekst jednolity )  
oświadczam że:

#### **PROJEKT TECHNOLOGICZNY SYSTEMU ELEKTROAKUSTYCZNEGO**

został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa oraz zasadami wiedzy  
technicznej:

mgr inż. Wojciech Zieliński

.....

## Spis treści

### Spis treści

Spis rysunków.....	5
1.Wstęp.....	6
1.1. Podstawa opracowania.....	6
1.2. Wykaz norm.....	6
1.3. Literatura.....	6
1.4.Uwagi ogólne.....	7
2.Zakres projektu etapów I, II i III.....	7
3.Koncepcja systemu.....	8
4.Architektura systemu.....	8
5.Ograniczenia instalacyjne.....	9
6.Dobór urządzeń .....	9
7.Zespoły głośnikowe widowni, kanały główne.....	10
8.Zespoły głośnikowe dogłaśniające pierwsze rzędy.....	10
9.System monitorowy sceny .....	10
10.Wzmacniacze mocy.....	10
11.Stanowisko realizatora dźwięku FOH (Front of House) z cyfrową konsolą mikserską i lokalnymi obwodami wejść i wyjść.....	11
12.Systemy bezprzewodowe: mikrofonowe i monitorowe.....	12
12.1.Mikrofony bezprzewodowe.....	12
12.2.Monitory osobiste, bezprzewodowe.....	12
13.Mikrofony przewodowe.....	12
14.Aksesoria stanowiska realizatora dźwięku.....	13

15. Anteny nadawczo-odbiorcze.....	13
16. Łączność wewnętrzna (interkom).....	14
17. Sposób zasilania systemu.....	14
18. Etapy wykonania systemu oraz zestawienia sprzętowe.....	15
18.1. Etap I; roboty instalacyjne, urządzenia transmisji danych, system głośnikowy widowni.....	15
18.2. Etap II; monitory sceniczne.....	16
18.3. Etap III; systemy bezprzewodowe, mikrofony przewodowe; stanowisko realizatora dźwięku wraz z cyfrowym systemem miksującym.....	17
19. Opis instalacji.....	18
19.1. Instalacja przewodowa stała.....	18
19.2. Instalacja przewodowa ruchoma.....	18
19.3. Przyłącza systemu.....	19
19.4. Przyłącza sygnałów szaf teletechnicznych .....	19
19.5. Złącza systemu.....	19
19.6. Instalacja zespołów głośnikowych.....	19
19.7. Zabudowa urządzeń w szafach i kasetach teletechnicznych.....	19
19.8. Uwagi ogólne.....	20
20. Uwagi końcowe.....	20
21. Symulacja komputerowa .....	20
22. Uwagi końcowe.....	30
22.1. Ustawienia parametrów obliczeniowych.....	30
22.2. Wyniki obliczeń.....	30

## Spis rysunków

EA/01/IML	Lokalizacja urządzeń; rzut i przekrój A-A, widok sceny
EA/02/IML	Lokalizacja urządzeń; przekrój B-B
EA/03/IML	Schemat blokowy systemu
EA/04/IML	Schemat połączeń systemu
EA/05/IML	Szafy teletechniczne systemu; widok z przodu
EA/06/IML	Panele przyłączeniowe systemu

**UWAGA!** Ze względu na brak dokumentacji architektonicznej obiektu, zarówno papierowej jak i elektronicznej, rysunki ze wskazaniem lokalizacji urządzeń należy traktować jako szkice; zostały opracowane na podstawie pomiarów własnych obiektu. Wyliczone dystanse dla tras kablowych, systemów nośnych oraz przewodów podane w przedmiarach są rzeczywiste.

## **1. Wstęp**

### **1.1. Podstawa opracowania**

- Zamówienie z dnia 4 stycznia 2016 roku
- Wytyczne do projektowania
- wizja lokalna w obiekcie
- uzgodnienia branżowe z Inwestorem oraz pracownikami działu technicznego

### **1.2. Wykaz norm**

- PN-EN 60064:2001, Elektroniczne urządzenia foniczne, wizyjne i podobne. Wymagania bezpieczeństwa użytkownika
- PN-87/E – 05110/04, PN-76/E – 05125, Przepusty kablowe, linie kablowe
- BN-76/8984-10, Zakładowe sieci telekomunikacyjne przewodowe. Ogólne wymagania i badania
- BN-76/8984-19, Telekomunikacyjne sieci kablowe miejscowe. Ogólne wymagania
- BN-73/9371-03, Uziemienie urządzeń telekomunikacji przewodowej. Ogólne wymagania i badania
- Przepisy budowy urządzeń elektrycznych z dnia 31-05-1997 (z późniejszymi zmianami)
- AES/EBU, Zbiór norm i zaleceń Audio Engineering Society i European Broadcasting Union dotyczących transmisji i wymiany cyfrowych sygnałów fonicznych

### **1.3. Literatura**

- Beschallungstechnik, Grundlagen und Praxis; Wolfgang Ahnert, Frank Steffen
- Sound reinforcement handbook; Gary Davis, Ralph Jones
- Acoustical Engineering; Harry F. Olson
- Acoustics; Leo Beranek
- User manual, EASE 4.4

#### **1.4. Uwagi ogólne**

Dom Kultury "SOKOLNIA" w Imielinie stanowi unikalny obiekt kulturalny. Został wybudowany ze składek mieszkańców, przed drugą wojną światową. W latach powojennych podupadł a od 1995 roku społeczność Imielina znów mogła decydować o swoim obiekcie. Dziś "SOKOLNIA" to nie tylko siedziba licznych sekcji zainteresowań ale również sala widowiskowa, będąca przedmiotem niniejszego projektu. W sali tej odbywają się zarówno zawody w tańcu towarzyskim jak i spektakle teatralne, występy kabaretowe, koncerty muzyki jazzowej i klasycznej. Stałymi gośćmi "SOKOLNI" są Teatr Amatorski Komanderów oraz Imielińska Orkiestra Dęta. Zatem, uwzględniając bardzo szeroki wachlarz organizowanych imprez, projektant położył nacisk na jakość rozwiązań technicznych, przy zachowaniu skali kosztów, uzgodnionej w trakcie uzgodnień z Inwestorem. Cechą zastosowanych rozwiązań jest dostosowanie urządzeń, ich instalacji oraz przepływu sygnałów nie tylko do standardów technicznych, właściwych dla obiektów kultury ale również uwzględnienie warunków zewnętrznych systemu, w rozumieniu stanu obiektu, wypełnienia innymi instalacjami, ograniczeniami architektonicznymi i budowlanymi. W trakcie prowadzenia prac projektowych projektant systemu przeprowadził staranną wizję lokalną obiektu, której celem było szczegółowe zapoznanie się ze wszystkimi warunkami zabudowy urządzeń i tras kablowych. W trakcie tej wizji lokalnej projektant przeprowadził szczegółowe uzgodnienia z pracownikami działu technicznego, celem wyeliminowania możliwych konfliktów instalacyjnych i budowlanych. Przedstawiona zatem dokumentacja projektowa jest kompromisem, wynikającym z wielu uwarunkowań, a złożenie przyjętych rozwiązań stanowi spójne i wyważone urządzenie techniczne.

## **2. Zakres projektu etapów I, II i III**

Projekt etapów wszystkich trzech etapów inwestycji obejmuje dobór urządzeń głośnikowych widowni i sceny, symulacje komputerowe systemu głośnikowego, system łączności wewnętrznej (interkom), dobór mikrofonów przewodowych oraz systemów bezprzewodowych, cyfrowego systemu miksującego wraz z akcesoriami stanowiska frontowego realizatora dźwięku (FOH). Dla wymienionych urządzeń projekt wyznacza miejsca montażu urządzeń, połączenia poszczególnych urządzeń i bloków systemu oraz sposób ich zasilania (na zasadzie wytycznych).

Prezentowany projekt opisuje całość systemu.

**UWAGA!!! Wszelkie odniesienia w dokumentacji projektowej do stron: lewej i prawej opisują sytuację określaną przez osobę stojącą przodem do sceny.**

### **3. Koncepcja systemu**

Jako podstawę projektową, zgodnie z wytycznymi Inwestora przyjęto nowoczesne, sprawdzone rozwiązania technologiczne, dopasowane do warunków w obiekcie. Do nagłośnienia widowni zastosowano systemy głośnikowe, precyzyjnie dobrane do warunków pracy w obiekcie. Cały system głośnikowy, według projektu jest zdalnie sterowany oraz i programowalny, dający szybki dostęp do zaprogramowanych ustawień i trybów pracy systemu głośnikowego. Do kontroli i obróbki dźwięku przyjęto nowoczesny cyfrowy system miksujący o rozproszonej architekturze i możliwości zdalnego sterowania. W ramach opracowania dobrano systemy bezprzewodowe, zarządzalne z poziomu komputera: tory mikrofonów bezprzewodowych oraz odsłuchów osobistych. Uzupełnieniem zaprojektowanego systemu są mikrofony przewodowe o klasie właściwej dla aplikacji o podwyższonych wymaganiach jakościowych, np.: teatralnych oraz mikrofony, przeznaczone dla produkcji o charakterze estradowym. Do stanowiska frontowego realizatora dźwięku dobrano urządzenia źródłowe jak odtwarzacze materiałów CD, DVD, MP3, wave itp. Ze względów praktycznych zapewniono możliwość pracy z nośnikami:

- płyty CD, DVD
- płyty MP3
- karty pamięci
- pamięci masowe USB
- bezpieczne, w pełni cyfrowe połączenie z komputerem poprzez konwerter USB – AES/EBU, galwanicznie izolowane.

Dzięki połączeniom sieciowym i bezpiecznej sieci intranetowej z bezprzewodowym dostępem, Użytkownik będzie miał zagwarantowany dostęp do wszystkich podsystemów z poziomu komputera przenośnego w dowolnym miejscu sali i reżyserki

### **4. Architektura systemu**

Zaprojektowany system składa się następujących bloków funkcjonalnych:

- frontowy system głośnikowy widowni
- zespoły głośnikowe dogłośnienia przednich rzędów widowni
- zespoły superniskotonowe
- system monitorowy sceny



- stanowisko realizatora dźwięku FOH (Front of House) z cyfrową konsoletą mikserską i lokalnymi obwodami wejść i wyjść oraz zdalne, cyfrowe przyłącza (stage box) sygnałów wejściowych i wyjściowych wraz z właściwymi akcesoriami (odtwarzacze, komputer przenośny)
- systemy bezprzewodowe: mikrofonowe oraz monitorowe
- mikrofony przewodowe

Konstrukcja systemu głośnikowego jak i wymogi akustyczne systemu nakładają konieczność zasilania każdego kanału systemu głośnikowego indywidualnie. Wyjątkiem są zewnętrzne, symetrycznie instalowane zespoły głośnikowe dogłośnienia przednich rzędów ZFF2.

## **5. Ograniczenia instalacyjne**

Miejsca montażu poszczególnych urządzeń głośnikowych systemu są ograniczone przez funkcjonalność urządzeń, oraz przez fizyczne możliwości zabudowy. Zespoły głośnikowe nie mogą zasłaniać, w żadnym wypadku okna sceny oraz stać na scenie. Ponadto, urządzenia głośnikowe nie mogą zakłócić komunikacji, czyli wejść na scenę. Stąd wynika ograniczenie dla możliwych rozmiarów zespołów głośnikowych głównych kanałów: lewego i prawego. Przyjęte rozwiązania mają zapewnić maksymalne ograniczenie transmisji zwrotnej na scenę – dźwięku odbitego od tylnych ścian widowni. Te uwarunkowania mają bezpośredni wpływ na dobór urządzeń głośnikowych, sposobu ich zasilania oraz sterowania.

## **6. Dobór urządzeń**

Dobierając urządzenia głośnikowe, projektant zwrócił szczególną uwagę na prawidłowe odzwierciedlenie auralne układu sceny. Wyselekcjonowane rodzaje urządzeń głośnikowych muszą w warunkach zabudowy obiektu podobać wysokim oczekiwaniom jakościowym właściwym aplikacjom np.: teatralnym jak również umożliwić akceptowalny, estetyczny montaż i kolorystykę urządzeń. Położono również nacisk na aspekty konstrukcyjne, takie jak: fabryczne punkty montażowe, metalowy szkielet nośny zespołu głośnikowego, fabryczne systemy montażowe. Szczególną uwagę zwrócono na nowoczesne, aktywne systemy zabezpieczeń głośników, w rozumieniu stosowania wielopasmowych kompresorów / limiterów z aktywnie kontrolowanymi parametrami obróbki dynamicznej oraz ultraszybkie, aktywne lub, co najmniej dynamiczne systemy zabezpieczeń dla głośników wysokotonowych. Obok tych parametrów duże znaczenie mają fizyczne rozmiary urządzeń, co jest związane z możliwymi miejscami instalacji oraz wymiarami obiektu. Ze względu na złożony charakter systemu głośnikowego oraz różnorodność możliwych zastosowań, przyjęto za konieczność możliwość zdalnego sterowania i kontroli urządzeń, możliwość programowania ustawień i trybów pracy systemu i łatwy dostęp do takich programów pracy.

## **7. Zespoły głośnikowe widowni, kanały główne**

Obok podstawowego celu systemu głośnikowego, jakim jest zapewnienie spójnego z obrazem sceny odwzorowania przestrzeni dźwiękowej, celem prac projektowych było skonstruowanie systemu o minimalnym wpływie wizualnym na wnętrze obiektu. Zaprojektowane rozwiązanie stanowi kompromis, dzięki któremu ingerencja wizualna pozostaje na akceptowalnym poziomie a rozkład pola dźwiękowego jest na bardzo wysokim poziomie jakościowym. Zastosowano, celem spełnienia opisanych wytycznych źródła liniowe, dla nagłośnienia głównych obszarów widowni oraz źródła punktowe do dogłośnienia przednich rzędów. Ze względu na charakter wnętrza sali widowiskowej i silne tendencje do zwrotu dźwięku odbitego na scenę, główne zespoły głośnikowe mają bardzo wąską dyspersję pionową. Uzupełnieniem są superniskotonowe zespoły głośnikowe. Ich lokalizacja wynika z kompromisu pomiędzy możliwościami zabudowy i wolnym miejscem.

## **8. Zespoły głośnikowe dogłaśniające pierwsze rzędy**

Zespoły głośnikowe dogłośnienia przednich rzędów widowni parteru są zaprojektowane do instalacji bezpośrednio pod stopniem progu sceny. Jest to związane z wysokością sceny i koniecznością "usuwania" każdego możliwego elementu zasłaniającego. W związku z tym, ważnymi elementami, wpływającymi na dobór tych urządzeń są, oprócz parametrów elektroakustycznych: wielkość i możliwość (fabryczna) montażu poziomego

## **9. System monitorowy sceny**

Dla aplikacji typowo koncertowych dobrano klasyczne monitory typu "wedge" o wysokich parametrach jakościowych i dużej wydajności akustycznej. Jednocześnie, dobierając urządzenia dołożono starań o możliwie niewielkie rozmiary i masę; pierwsze ze względu na widoczność sceny, a drugie ze względu na przenośny charakter tej części wyposażenia.

## **10. Wzmacniacze mocy**

Zespoły wzmacniaczy mocy zostały umiejscowione w zapleczu sceny, w szafach teletechnicznych ST01 i ST02, po obu stronach. Taka lokalizacja zapewnia wystarczające skrócenie linii głośnikowych oraz brak wpływu hałasu z wentylatorów chłodzących na scenie. Urządzenia zostaną zabudowane w stalowych szafach teletechnicznych. Sposób zabudowy urządzeń w szafach musi odpowiadać współczesnym standardom jakościowym i technologicznym, poprzez stosowanie właściwych akcesoriów montażowych i technik montażu. Ilość wzmacniaczy mocy (kanałów) musi odpowiadać ilości zespołów głośnikowych.

Wzmacniacze muszą być kontrolowane cyfrowymi procesorami sygnałowymi, w relacji jeden-do-jeden. Procesory muszą zapewnić możliwość obróbki sygnału w następującym zakresie:

- przestrajalne filtry górno- i dolnoprzepustowe
- korektor parametryczny min 10 zakresów
- linia opóźniająca
- przestrajalny generator sinus i generator szumu różowego jako minimalne narzędzia diagnostyczne.

Procesory muszą również zapewnić ochronę dołączonym zespołom głośnikowym, poprzez zabezpieczenia na poziomie programowym. Urządzenia muszą być zdalnie sterowane i programowalne.

## **11. Stanowisko realizatora dźwięku FOH (Front of House) z cyfrową konsolą mikserską i lokalnymi obwodami wejść i wyjść**

Stanowisko realizatora dźwięku zostało zaprojektowane jako mobilne, z możliwością pracy w dwóch punktach: na widowni oraz w pomieszczeniu reżyserki. Ze względu na możliwość pracy w obszarze widowni, celem zmniejszenia redukcji ilości miejsc – dobrano urządzenie o koniecznej funkcjonalności i niewielkich rozmiarach oraz masie (urządzenie musi być przenoszone na wysokie piętro). Celem zapewnienia bezpieczeństwa w trakcie przenoszenia miksera, wraz z urządzeniem należy dostarczyć skrzynię transportową. Ponieważ urządzenia będą eksploatowane tylko w Domu Kultury, zatem skrzynia transportowa nie musi spełniać ostrych wymogów, jak dla tras koncertowych. Priorytetem jest masa skrzyni oraz ergonomia ręcznego przenoszenia. Skrzynia musi również mieć koła transportowe z hamulcami. Mikser dla projektowanej instalacji ma posiadać zdolność obsługi urządzenie ma możliwość obsługi do 96 kanałów przetwarzania cyfrowego, ma posiadać nie mniej niż 8 wejść liniowo-mikrofonowych, 8 wyjść liniowych, jedno wejścia AES/EBU i pozwalać na przesył danych do co najmniej dwóch zdalnych przyłączy z zachowaniem nadmiarowości portów. Do fizycznej obsługi urządzenie musi być nie mniej niż 21 zmotoryzowanych tłumików, czułych na dotyk oraz za pomocą nie mniej niż dwóch ekranów multidotykowych. Częstotliwość pracy całego systemu miksującego musi mieć 96 kHz. Fizyczna obsługa odbywa się za pomocą 26 zmotoryzowanych tłumików. Pole robocze o wymiarach w rzucie, nie więcej niż: 780 x 600 [mm] ułatwi znacząco organizację pracy na stanowisku, pozostawiając wciąż przestrzeń na niezbędne urządzenia dodatkowe: źródła dźwięku playback, rejestratory, komputer. Masa nie może przekraczać 20 kg. Uzupełnieniem systemu mają być dwa zdalne przyłącza sceniczne, łączone przewodami

sieci kategorii 5, z ilościami wejść: lewy 32/16 i prawy 32/8. Oba przyłącza winny mieć podwójne zasilacze oraz fabryczna możliwość zabudowy w szafach teletechnicznych standardu 19".

## **12. Systemy bezprzewodowe: mikrofonowe i monitorowe**

### **12.1. Mikrofony bezprzewodowe**

Przewidziano instalację 4 torów mikrofonów bezprzewodowych, pracujących w paśmie UHF. Zaprojektowany system jest wyposażony w zewnętrzną instalacją antenową, z aktywnym rozdzielaczem sygnału antenowego. Tory transmisyjne są zbudowane w oparciu o podwójne obwody rezonansowe z bezstukowym przełączaniem obwodu o lepszym stosunku S/N – czyli "true diversity". Ponadto urządzenia posiadają funkcje przeszukiwania pasma w kierunku kanałów wolnych od zakłóceń, przekazywanie parametrów zestrojonego do odbioru kanału do nadajnika poprzez łącze IR oraz zdalne monitorowanie podstawowych funkcji z poziomu komputera PC, w tym kontrolę stanu baterii nadajnika. Urządzenia posiadają funkcję automatycznego wyciszania wyjścia odbiornika z chwilą wyłączenia nadajnika, co chroni tor elektroakustyczny przed emisją zbędnego szumu, który może wystąpić w nieobciążonym torze odbiorczym. W ramach dostawy przewidziano nadajniki do ręki z kapsułami superkardioidalnymi. Uzupełnieniem są 4 nadajniki typu "body pack" z mikrofonami nagłównymi o konstrukcji modułowej i wysokiej klasy rozwiązaniach mechanicznych, dzięki którym kapsuła mikrofonu pozostaje praktycznie w stałej pozycji przez cały czas występu.

### **12.2. Monitory osobiste, bezprzewodowe**

Dla aplikacji specjalnych, gdzie monitorowanie jest niezbędne a trudno jest stosować odsłuch auralny (ze względu na SPL, produkowany przez głośne monitory lub ze względów scenograficznych) przewidziano w systemie dwa, stereofoniczne tory odsłuchu osobistego, wyposażone w cztery, jednokanałowe odbiorniki osobiste. Przewidziano również zewnętrzny system antenowy z sumatorem sygnałów nadawczych. Tory monitorowe są również objęte zdalną kontrolą, poprzez komputer PC.

## **13. Mikrofony przewodowe**

Dla potrzeb produkcji teatralnych przewidziano 8 wysokiej klasy mikrofonów pojemnościowych, zintegrowanych. Wszystkie te mikrofony są małomembranowe, o zróżnicowanej charakterystyce przestrzennej. Przewidzieliśmy:

- dwa mikrofony dookólne: do realizacji ambientu dla osobistych torów monitorowych lub fortepianu;

- cztery uniwersalne, instrumentalne o charakterystyce kardioidalnej, ze zintegrowanymi: filtrem górnoprzepustowym i padem -10 dB;
- rozszerzony komplet mikrofonów dla perkusji: 2 x stopa, 6 x tomy lub instrumenty dęte;
- dwa wysokiej klasy mikrofony dynamiczne, superkardioidalne;
- 10 typowych mikrofonów estradowych: wokalnych i instrumentalnych;
- 6 symetryzatorów/izolatorów di-box, aktywne, jednokanałowe.

## **14. Akcesoria stanowiska realizatora dźwięku**

Dla umożliwienia pracy realizatorowi dźwięku, na stanowisku FOH zostaną zainstalowane urządzenia źródłowe:

- dwa odtwarzacze/rejestratory/czytniki: płyt CD, kart pamięci i USB
- izolator/konwerter USB → AES/EBU

Urządzenia te zostaną zabudowane w jednej szafie teletechnicznej standardu "flight case" oraz połączone z mikserem jednym przewodem wieloparowym.

Obok urządzeń źródłowych, do akcesoriów stanowiska FOH należy również para wysokiej klasy słuchawek zamkniętych o wzorcowej liniowości, do odsłuchu kontrolnego. Dobrano słuchawki o niekwestionowanej jakości oraz modułowej konstrukcji z odłączalnym przewodem oraz łatwe do utrzymania w czystości, dzięki demontowalnym i zmywalnym: osłonom kapsuł oraz pałąka nagłownego.

## **15. Anteny nadawczo-odbiorcze**

Anteny odbiorcze oraz nadawcze dla systemów bezprzewodowych (mikrofony, monitory, LAN) należy instalować w ścisłym porozumieniu z Działem Techniki Teatru. Dopuszczalne metody montażu to:

- montaż na ścianie, bezpośrednio nad przyłączem PS01;
- montaż bezpośrednio na szafie teletechnicznej – w przygotowanych, stabilnie umocowanych gniazdach antenowych z zachowanym dystansów między antenami odbiorczymi; taki montaż wymaga wcześniejszych uzgodnień z Działem Techniki i z Projektantem systemów oraz właściwego przygotowania zabudowy na szafie ST01.

## 16. Łączność wewnętrzna (interkom)

Przedmiotem dostawy jest jednokanałowy system interkomowy typu "party line" – ogólnego dostępu. Stacje interkomowe mają być wyposażone w wyraźną sygnalizację świetlną przywołania, w postaci sygnalizatorów LED lub dużego źródła światła zabudowanego w pobliżu stacji interkomu o regulowanej jasności. Komunikacja przewodowa pomiędzy stacjami musi być realizowana za pośrednictwem typowego przewodu mikrofonowego. Zasilanie stacji interkomowych ma być realizowane za pośrednictwem stacji głównej lub dedykowanych zasilaczy lokalnych. W przypadku stosowania lokalnych zasilaczy należy przewidzieć system ich montażu w szafach teletechnicznych – nie dopuszcza się, w żadnym przypadku urządzeń układanych "luzem", przyklejanych taśmą lub opaskami do obudowy czy innych, wcześniej zabudowanych urządzeń. Stacja główna interkomu oraz stacje lokalne nie mogą zajmować więcej miejsca niż jedna jednostka rackowa (1 HU, 44 mm) na wysokość oraz mieć nie więcej niż połówkową szerokość 19" panelu.

## 17. Sposób zasilania systemu

Z istniejącej instalacji zasilającej urządzenia nagłośnienia należy doprowadzić zasilanie z puszek na szczycie ściany portalowej do:

- przyłącza PS01 i zakończyć trzema gniazdami 230VAC, 16A; zasilanie w tym miejscu: 2 x 230 VAC/16A;
- przyłącza PS02 i zakończyć dwoma gniazdami 230VAC, 16A; zasilanie w tym miejscu: 230VAC/25A.

Z rozdzielnic w pomieszczeniu reżyserki należy doprowadzić zasilanie do przyłącza PS-FOHWD i zakończyć złączem specjalistycznym w panelu przyłącza (patrz rysunek EA/06/IML).

## 18. Etapy wykonania systemu oraz zestawienia sprzętowe

### 18.1. Etap I; roboty instalacyjne, urządzenia transmisji danych, system głośnikowy widowni

<i>L.p.</i>	<i>Opis</i>	<i>Ilość</i>
1	zespoły główne, L,R; system liniowy; RAL 1014, ZPP1, ZPP2	2
2	dogłośnienie przodów RAL 1014, ZFF1, ZFF2	3
3	zespół superniskotonowy, RAL 1014, ZSB1, ZSB2	4
4	wzmacniacz mocy, dwa kanały, DSP, zdalne sterowanie	1
5	wzmacniacz mocy, cztery kanały, DSP, zdalne sterowanie	2
6	konwerter sieciowy	1
7	uchwyt montażowy zespołów głównych; RAL 1014; ZPP	2
8	uchwyt montażowy zespołów superniskotonowych ZSB; RAL 1014	4
9	uchwyt montażowy, poziomy dla dogłośnienia przodów ZFF; RAL 1014	3
10	bezprowadowy punkt dostępowy LAN, switch 5 portów; demontowalne anteny	1
11	switch sieci LAN 1GB; fabryczny montaż 19"/1 HU, minimum 12 portów	1

**18.2. Etap II; monitory sceniczne**

<i>L.p.</i>	<i>Opis</i>	<i>Ilość</i>
1	wzmacniacz mocy, cztery kanały, DSP, zdalne sterowanie	2
2	monitor podłogowy	6
3	monitor przestrzający	2
4	uchwyt obrotowo-uchylny do statywów dla zespołów hybrydowych	2
5	słuchawki zamknięte, monitorowe perkusisty	1
6	wzmacniacz słuchawkowy	1
7	komputer przenośny; WIN 7 Pro 64 bit, pakiet Office; procesor 4core AMD ProA8 (2GHz, 4MB); RAM 4 GB, 1600 MHz, HDD 500 GB SATA 7200 rpm, ekran 12,5", HDSVA, sieć Broadcom 802.11 a/b/g/n; bluetooth 4.0 combo; Accu: 3 ogniwa 46 Wh	1



**18.3. Etap III; systemy bezprzewodowe, mikrofony przewodowe; stanowisko realizatora dźwięku wraz z cyfrowym systemem miksującym**

<i>L.p.</i>	<i>Opis</i>	<i>Ilość</i>
1	zawiesie elastyczne mikrofonów	2
2	mikrofon fortepianowy, ambientowy	2
3	mikrofon pojemnościowy, instrumentalny, kardioida, filtr, pad	6
4	mikrofon do stopy, puzonu, kontrabas	2
5	Mikrofon do tomów, do instr. dętych	6
6	mikrofon instrumentalny	4
7	Mikrofon wokalny, dynamiczny, superkardioida	2
8	Mikrofon wokalny, dynamiczny, kardioida	6
9	di box, jeden kanał	6
10	nadajnik systemu bezprzewodowego; główka superkardioidalna	4
11	nadajnik systemu bezprzewodowego do paska	4
12	mikrofon nagłowny, kardioida; konstrukcja modułowa	4
13	antena odbiorcza	2
14	aktywny splitter antenowy	1
15	zestaw identyfikatorów do nadajników dorecznych	1
16	zasilacz splittera antenowego	1
17	osobisty tor monitorowy, douszny, stereo	2
18	sumator sygnałów antenowych	1
19	zasilacz sumatora	1
20	antena nadawcza, kierunkowa	1
21	stacja interkomu, wbudowany głośnik, 1 kanał	3
22	zestaw nagłowny interkomu, jednostronny	3
23	rama montażowa 19" dla stacji interkomu	3
24	lampa przywoławcza LED, zielona; regulacja jasności	3
25	pole robocze miksera cyfrowego	1
26	interfejs MADI 56/64	1
27	cyfrowy stage box 32 IN/8 OUT; montaż 19"	2
28	Karta 8 wyjść LINE	1
29	rejestrator/odtwarzacz płyt CD-RW, CD Audio, MP 3, karty CF, SD/SDHC, USB	2
30	izolator/konwerter USB/2 x linia symetryczna	1
31	słuchawki zamknięte realizatora; konstrukcja modułowa	1
32	parawan akustyczny, 7-mio- elementowy, h = 1,68 m	1
33	sztynny futerał na parawan typu S, z kótkami	1
34	przekładka piankowa, oddzielająca elementy parawanu	7
35	lekki parawan ze statywem dla pojedynczych instrumentów	2

## 19. Opis instalacji

### 19.1. Instalacja przewodowa stała

Instalacja przewodowa została zaprojektowana z zastosowaniem przewodów głośnikowych, symetrycznych, sterowniczych, oraz Kat 5. W trakcie prowadzenia linii kablowych należy zwrócić uwagę na odstęp między trasami kablowymi systemów audio a pozostałymi instalacjami, w szczególności zasilającymi. Należy pamiętać, że przecięcia tras kablowych mają być dokładnie pod kątem prostym a w przypadku prowadzenia tras równoległe powinien być zapewniony odstęp minimum 1 m między nimi. Kable prowadzone w korytach metalowych lub siatkowych powinny być starannie mocowane co 1 m.

Przekroje kabli głośnikowych zapewniają straty mniejsze niż 4% amplitudy, przy dystansach między wzmacniaczami a głównymi zespołami głośnikowymi dla mocy do 1 kW.

### 19.2. Instalacja przewodowa ruchoma

Oprócz oczywistych przewodów połączeniowych dla przyłączy szaf teletechnicznych ST01 i ST02 z przyłączami PS01 i PS02 oraz przewodu wieloparowego do połączenia szafy ST-FOH z mikserem, Wykonawca, w ramach prac jest zobowiązany wykonać i dostarczyć przewody połączeniowe dla monitorów odsłuchowych oraz mikrofonów, w szczególności:

- nie mniej niż 8 przewodów głośnikowych, przewodem 2 x 2,5 mm<sup>2</sup>, zakończonych obustronnie złączami typu SPEAKON, 4-polowe o długości: 2 x 15 m i 6 x 10 m
- nie mniej niż 16 przewodów mikrofonowych, przewodem typu estradowego 2 x 0,22 mm<sup>2</sup>, zakończonych złączami 3-pinowymi typu XLR o długości 5 metrów;
- nie mniej niż 12 przewodów mikrofonowych, przewodem typu estradowego 2 x 0,22 mm<sup>2</sup>, zakończonych złączami 3-pinowymi typu XLR o długości 10 metrów;
- nie mniej niż 4 przewody mikrofonowe, przewodem typu estradowego 2 x 0,22 mm<sup>2</sup>, zakończone złączami 3-pinowymi typu XLR o długości 15 metrów;
- przewód 8 parowy, 8 x (2 x 0,14 mm<sup>2</sup>) zakończony zintegrowanym przyłączem 8 wejść ze złączami 3-pinowymi typu XLR-F oraz, z drugiej strony 8 złączami 3-pinowymi typu XLR-M o długości 10 metrów;
- przewód 12 parowy, 12 x (2 x 0,14 mm<sup>2</sup>) zakończony zintegrowanym przyłączem 12 wejść ze złączami 3-pinowymi typu XLR-F oraz, z drugiej strony 12 złączami 3-pinowymi typu XLR-M o długości 10 metrów;

Wszystkie te przewody muszą być wyraźnie i trwale oznaczone. Szczegóły należy precyzyjnie omówić i uzgodnić z Działem Techniki Teatru.

Przewody do połączenia szaf ST01 i 02 z PS01 i 02 oraz szafy ST-FOH z mikserem mają mieć długość 2,5m.

### **19.3. Przyłącza systemu**

Wszystkie panele, puszki i skrzynki przyłączeniowe muszą zapewniać właściwe parametry mechaniczne. Zaleca się stosowanie akcesoriów wykonanych jako odlewy z metali lekkich. Wymiary tych elementów są podane na rysunkach, należy je traktować jako minimalne.

### **19.4. Przyłącza sygnałów szaf teletechnicznych**

Przewody z instalacji obiektowej należy wprowadzać do przyłączy pośrednich, zgodnie z rysunkiem EA/06/IML.

### **19.5. Złącza systemu**

Wszystkie złącza muszą pochodzić od renomowanych, sprawdzonych dostawców. Złącza muszą się charakteryzować szczelnością, odpornością mechaniczną i zapewniać wysoką trwałość przy wielokrotnym łączeniu.

### **19.6. Instalacja zespołów głośnikowych**

Główne zespoły głośnikowe muszą być zamontowane zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP, tzn.: z zastosowaniem fabrycznych elementów montażowych i, w przypadku zespołów głównych ZPP1 i ZPP2 Wykonawca musi przedstawić przed przystąpieniem do montażu projekt montażu tych zespołów głośnikowych, wykonany przez osobę z właściwymi uprawnieniami i ubezpieczeniem. Uchwyty muszą być dobrane starannie, tzn.: umożliwiać skuteczną blokadę pozycji urządzenia głośnikowego, posiadać właściwą nośność a montaż musi być zgodny z instrukcją fabryczną i uwzględniać podłoże (drewno dla zespołów ZFF1,2 oraz pełna cegła dla pozostałych).

### **19.7. Zabudowa urządzeń w szafach i kasetach teletechnicznych**

Zabudowa urządzeń musi odpowiadać współczesnym standardom technicznym. Przez to zalecenie rozumie się stosowanie kanałów kablowych, listew zasilających, dławnic kablowych itp. akcesoriów montażowych. Wszelkie przewody, pojedyncze czy grupy przewodów mają być prowadzone starannie, bez splotów, uniemożliwiających prostą obsługę oraz oznaczone w sposób trwały. Sposób montażu ma zapewniać

bezpieczną eksploatację, przejrzystość zabudowanych urządzeń i łatwy dostęp serwisowy.

### **19.8. Uwagi ogólne**

W trakcie prac montażowych należy stosować się ściśle do zaleceń producentów urządzeń. Wszystkie prace należy wykonywać z należytą starannością. Wszystkie przewody należy starannie i trwale znakować. Po wykonaniu instalacji przewodowej należy dokonać pomiarów elektrycznych i sporządzić z tej czynności protokół. Przejścia tras kablowych lub elementów mechanicznych mocowań urządzeń przez strefy pożarowe należy uszczelniać masą ognioodporną z certyfikatem CNBOP. W trakcie prac wykończeniowych należy starannie i trwale oznakować wszystkie gniazda przyłączeniowe systemu, uzgadniając sposób znakowania z Użytkownikiem systemu. Wykonane oznakowanie musi być naniesione w dokumentacji powykonawczej systemu.

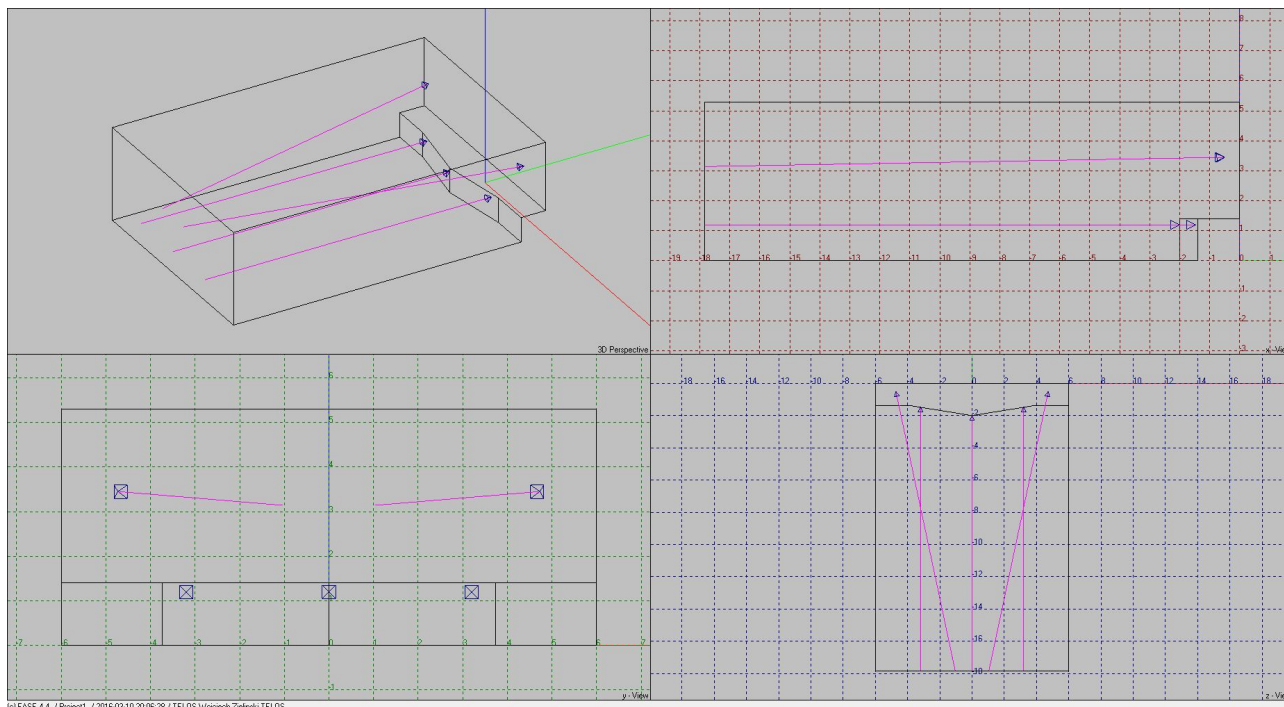
## **20. Uwagi końcowe**

Zaprojektowany system wraz z jego instalacją jest wyzwaniem technicznym i organizacyjnym dla Wykonawcy. Stąd należy zwrócić szczególną uwagę, aby powierzyć wykonawstwo firmie o potwierdzonym doświadczeniu, posiadającej poświadczoną przez Użytkowników referencje z realizacji systemów wysokiej jakości. Nie wolno, w dobrze pojętym interesie Inwestora zawężać kryteriów doboru Wykonawców tylko do ceny oferty.

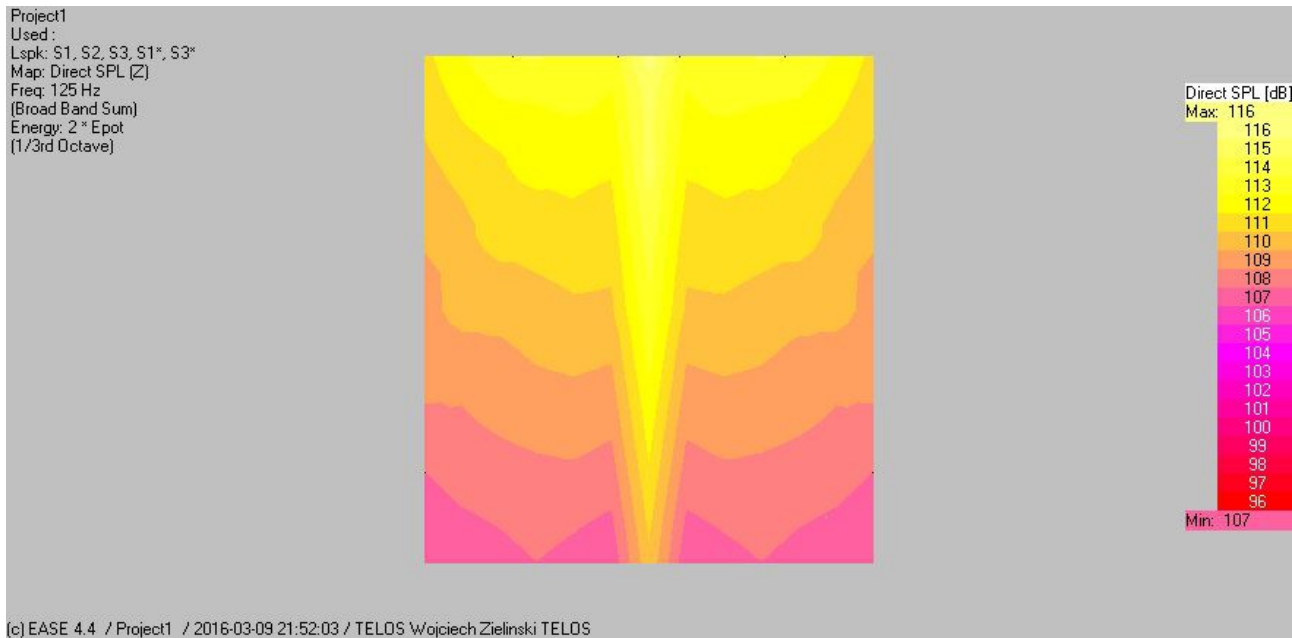
## **21. Symulacja komputerowa**

Symulacja odbyła się w oparciu o program EASE 4.4 . W wyniku prac otrzymano model 3D sali widowiskowej. Obraz sali uzyskano na podstawie pomiarów własnych pomieszczenia. Widok modelu wraz z układem zespołów głośnikowych prezentują rysunki umieszczone na następujących stronach.

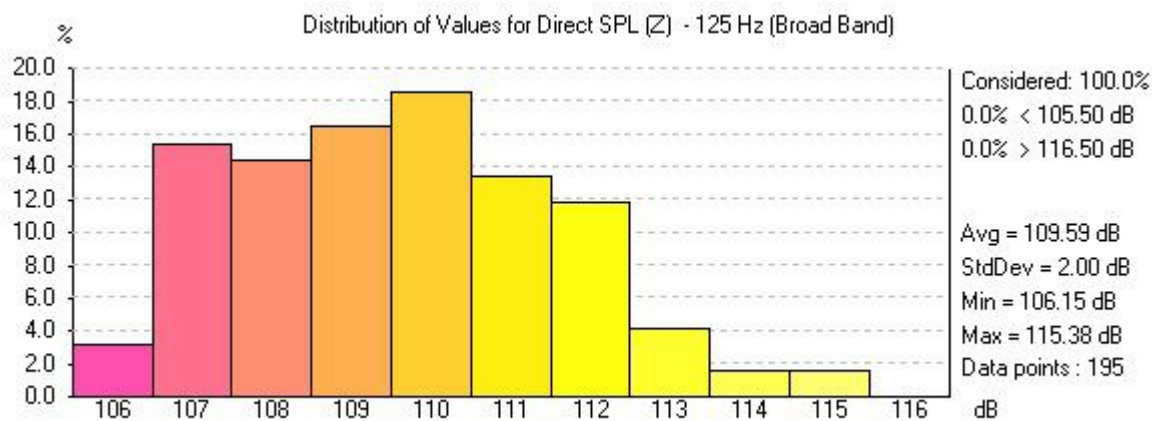
Ze względu na cel opracowania: projekt systemu elektroakustycznego, w symulacji akustyka wnętrza nie jest brana pod uwagę. Obiekt przeszedł niedawno adaptację akustyczną; przyjęty w projekcie czas pogłosu, odpowiada, według naszych szacunków sytuacji sali widowiskowej, wypełnionej publicznością. Wszystkie więc wyniki rozkładu SPL prezentowane są jako wprost (direct). Do dokumentacji przetargowej zostanie dołączony spakowany projekt, w którym znajdują się wskazane, uzgodnione, zaakceptowane miejsca montażu zespołów głośnikowych. Rolą Oferentów będzie zaprezentować swoje rozwiązania, w których podane poniżej wyniki będą równe lub lepsze.



*Ilustracja 1: Model 3D sali widowiskowej DK "SOKOLNIA"*

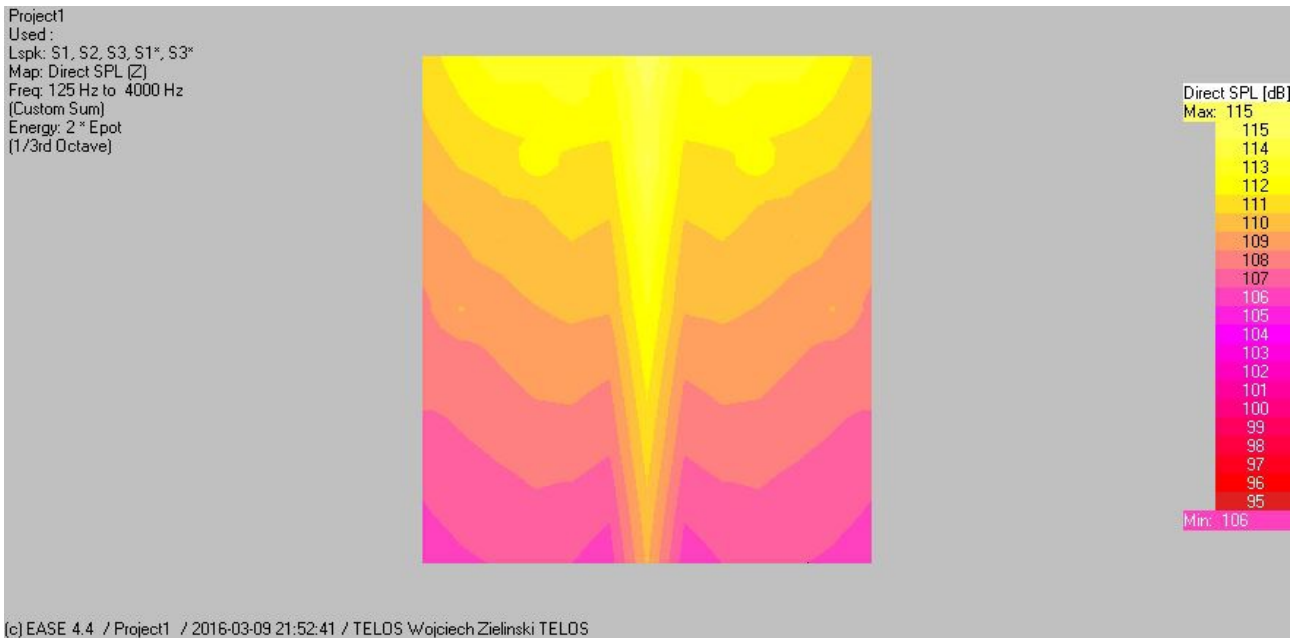


*Ilustracja 2: Rozkład SPL direct w zakresie 100Hz - 10kHz; mapa*

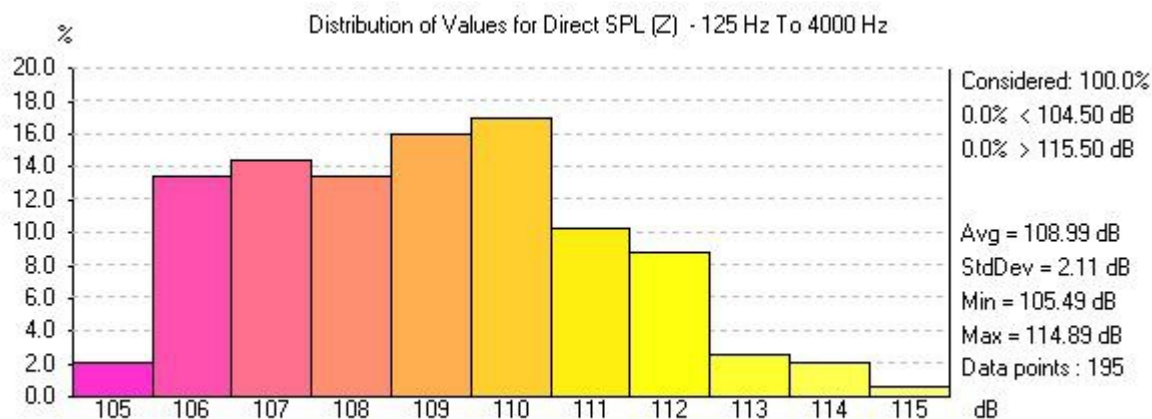


(c) EASE 4.4 / Project1 / 2016-03-09 21:51:48 / TELOS Wojciech Zielinski TELOS

*Ilustracja 3: Rozkład SPL direct w zakresie 100 Hz - 10 kHz; dystrybuanta*



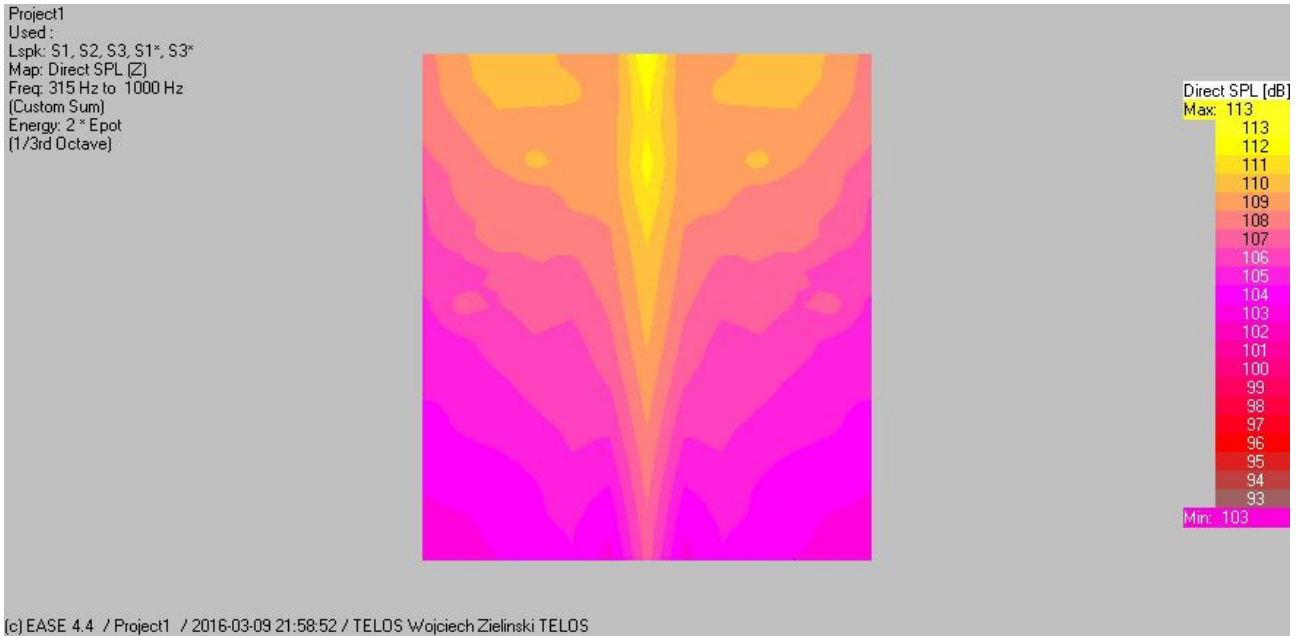
*Ilustracja 4: Rozkład SPL direct w zakresie 125 Hz - 4 kHz; mapa*



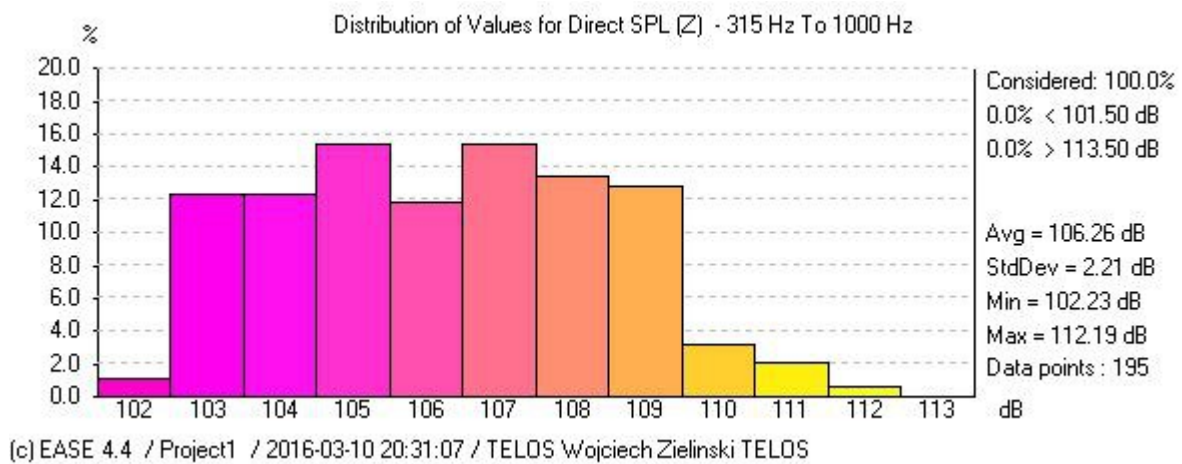
(c) EASE 4.4 / Project1 / 2016-03-10 20:31:37 / TELOS Wojciech Zielinski TELOS

*Ilustracja 5: Rozkład SPL direct w zakresie 125 Hz - 4 kHz; dystrybuanta*



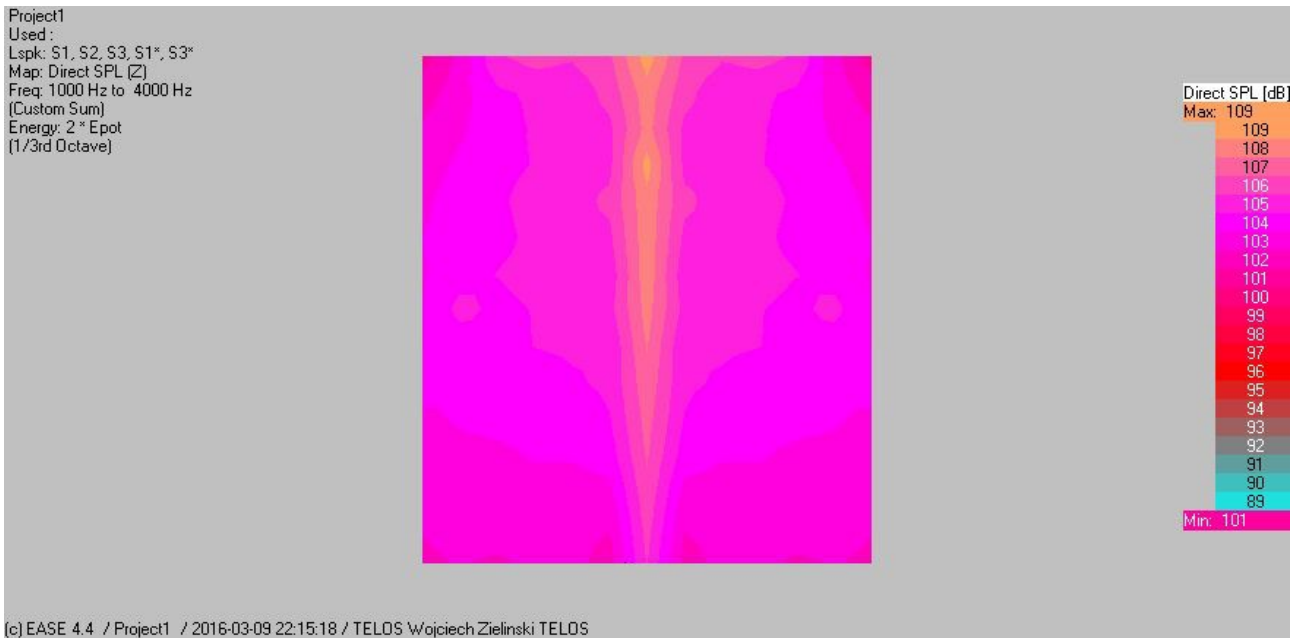


*Ilustracja 6: Rozkład SPL direct w zakresie 315 Hz - 1 kHz*

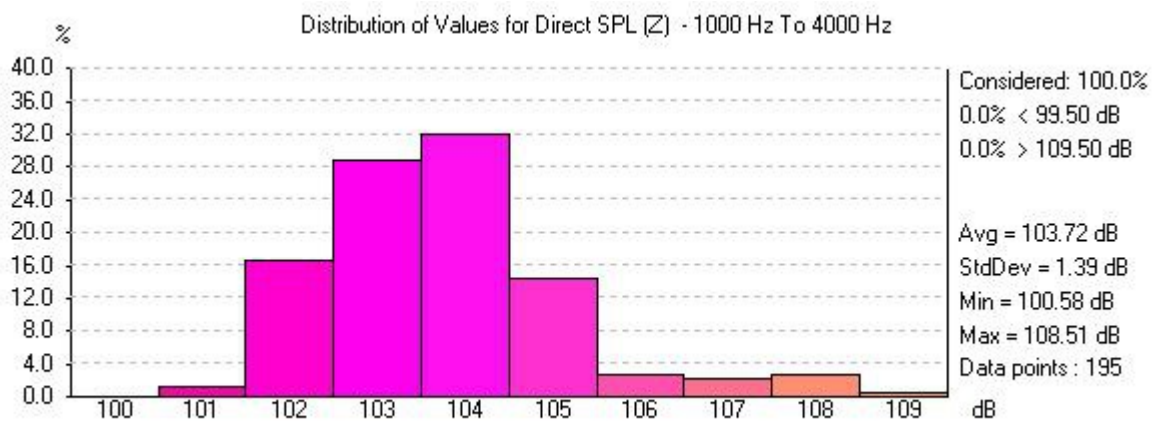


*Ilustracja 7: Rozkład SPL direct w zakresie 315 Hz - 1 kHz; dystrybuanta*

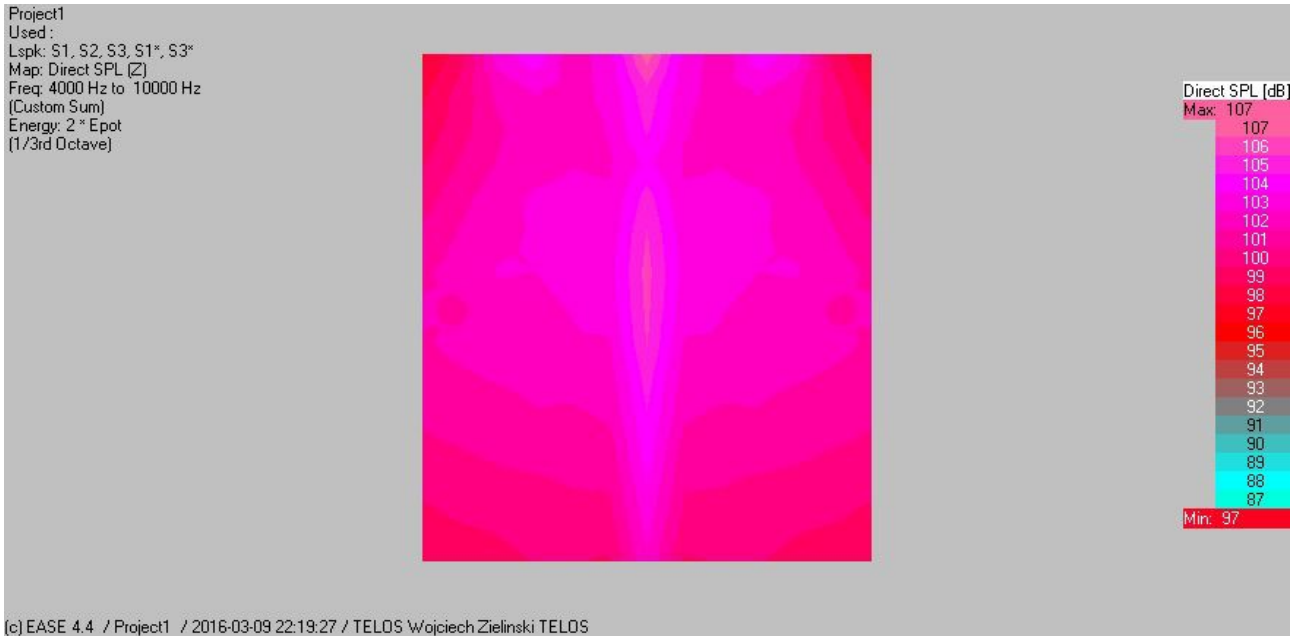




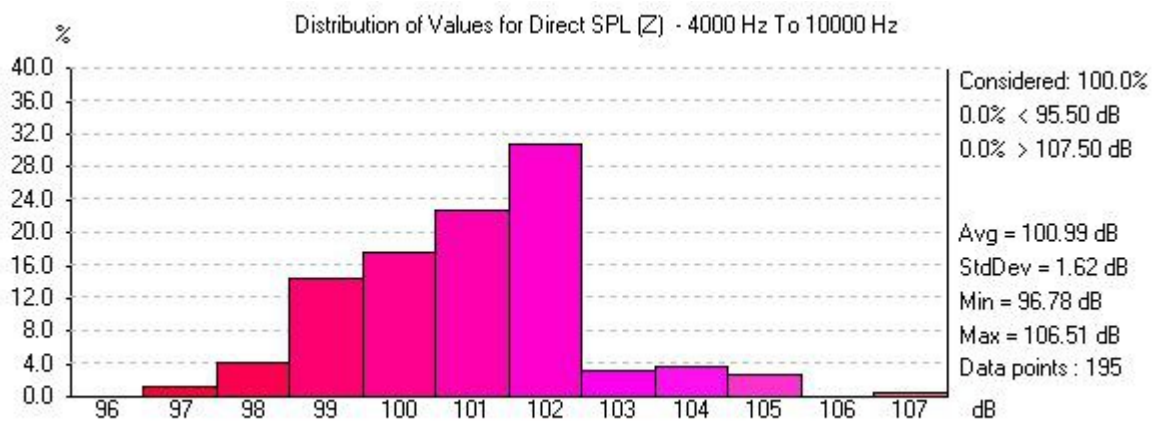
*Ilustracja 8: Rozkład SPL direct w zakresie 1 kHz - 4 kHz; mapa*



*Ilustracja 9: Rozkład SPL direct w zakresie 1 kHz - 4 kHz; dystrybuanta*

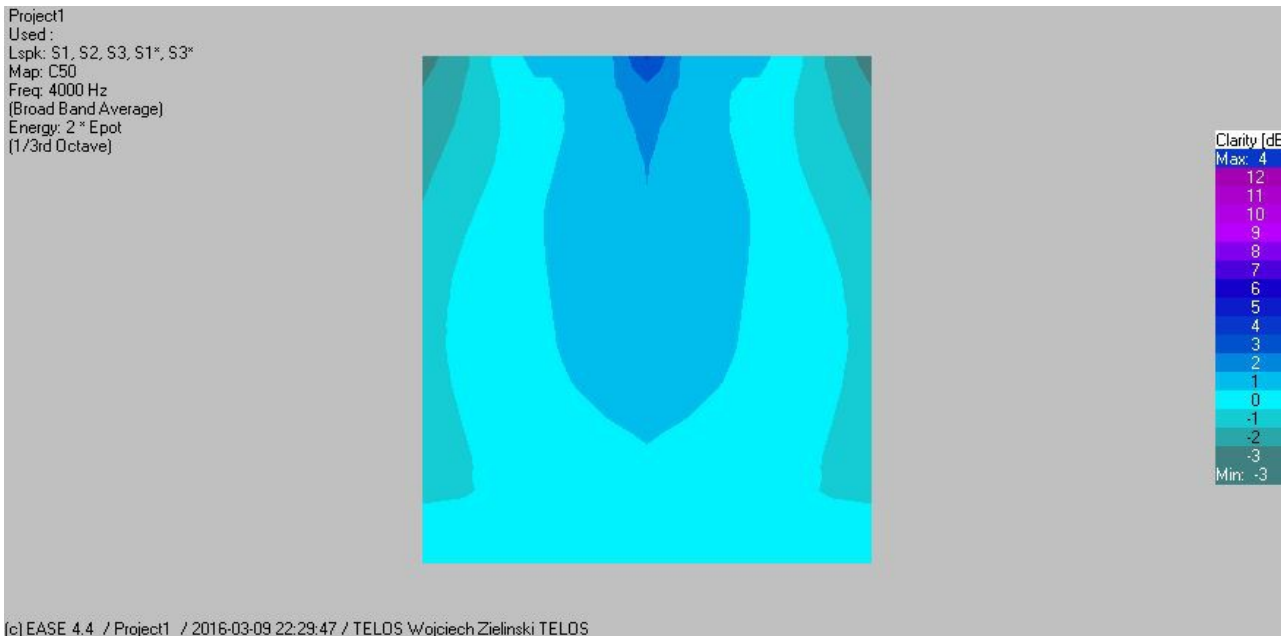


*Ilustracja 10: Rozkład SPL direct w zakresie 4 kHz - 10 kHz; mapa*

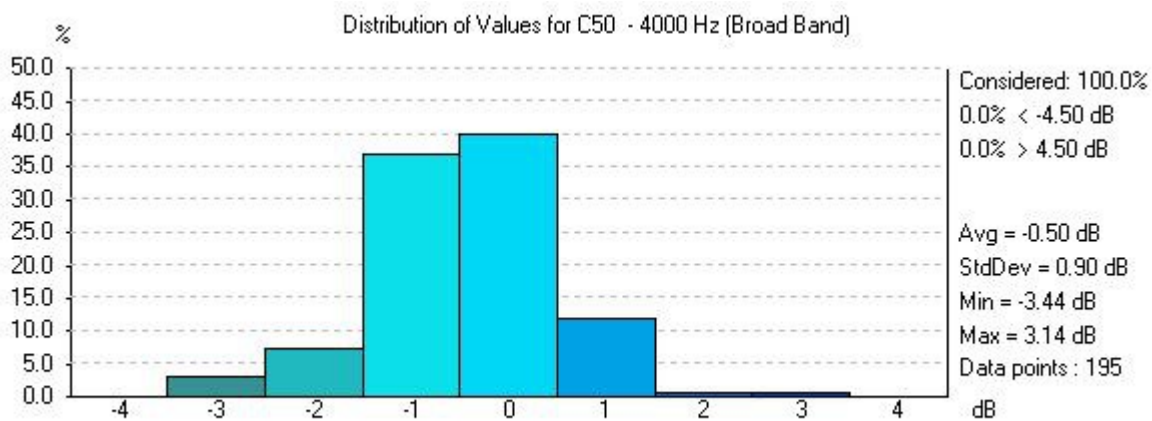


(c) EASE 4.4 / Project1 / 2016-03-09 22:19:14 / TELOS Wojciech Zielinski TELOS

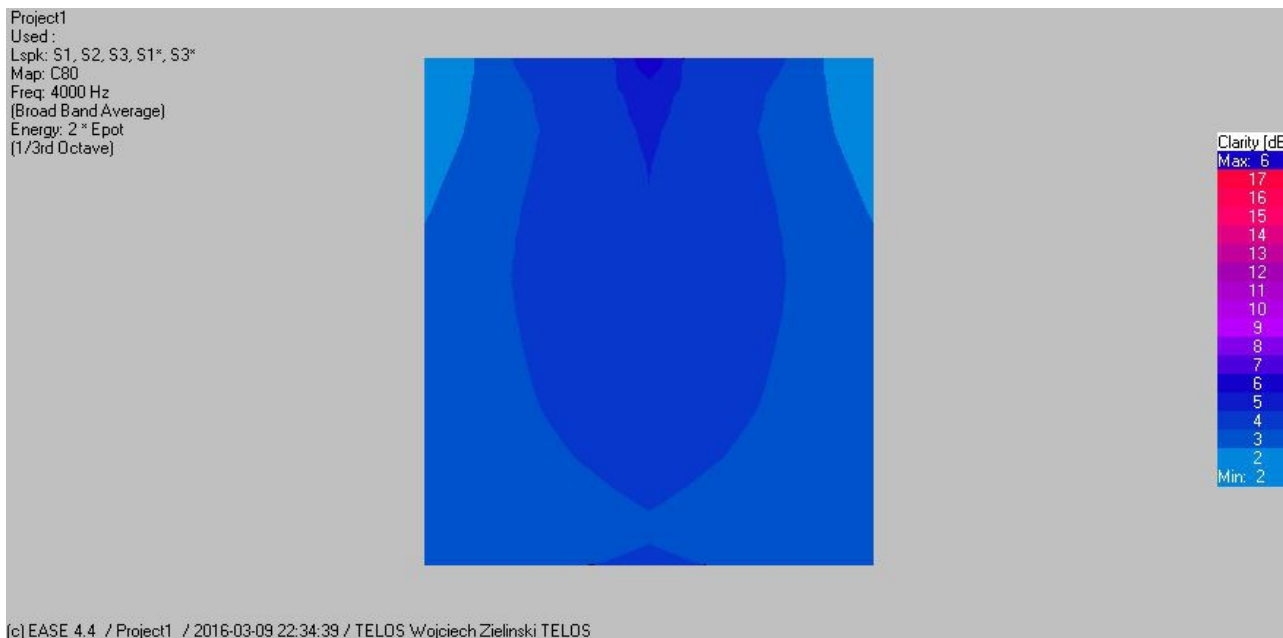
*Ilustracja 11: Rozkład SPL direct w zakresie 4 kHz - 10 kHz; dystrybuanta*



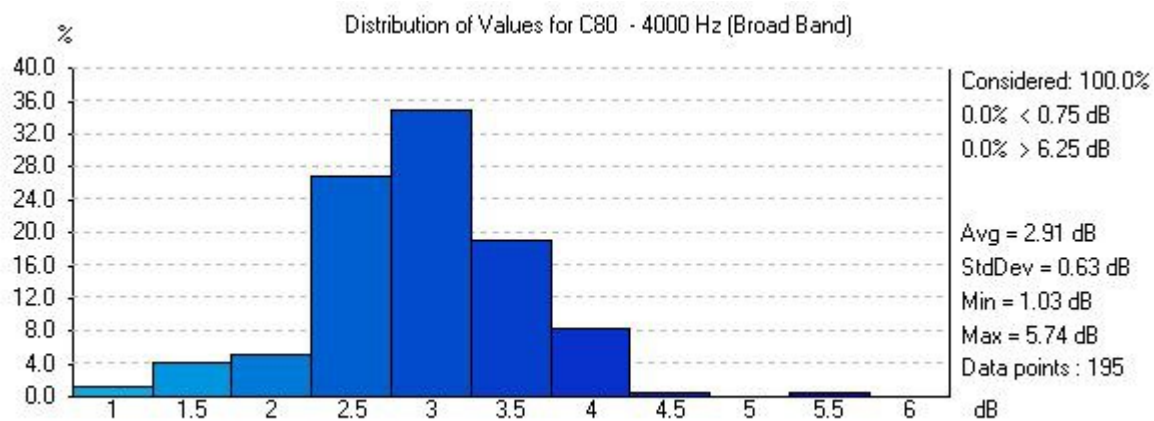
*Ilustracja 12: Rozkład wskaźnika czytelności C50; mapa*



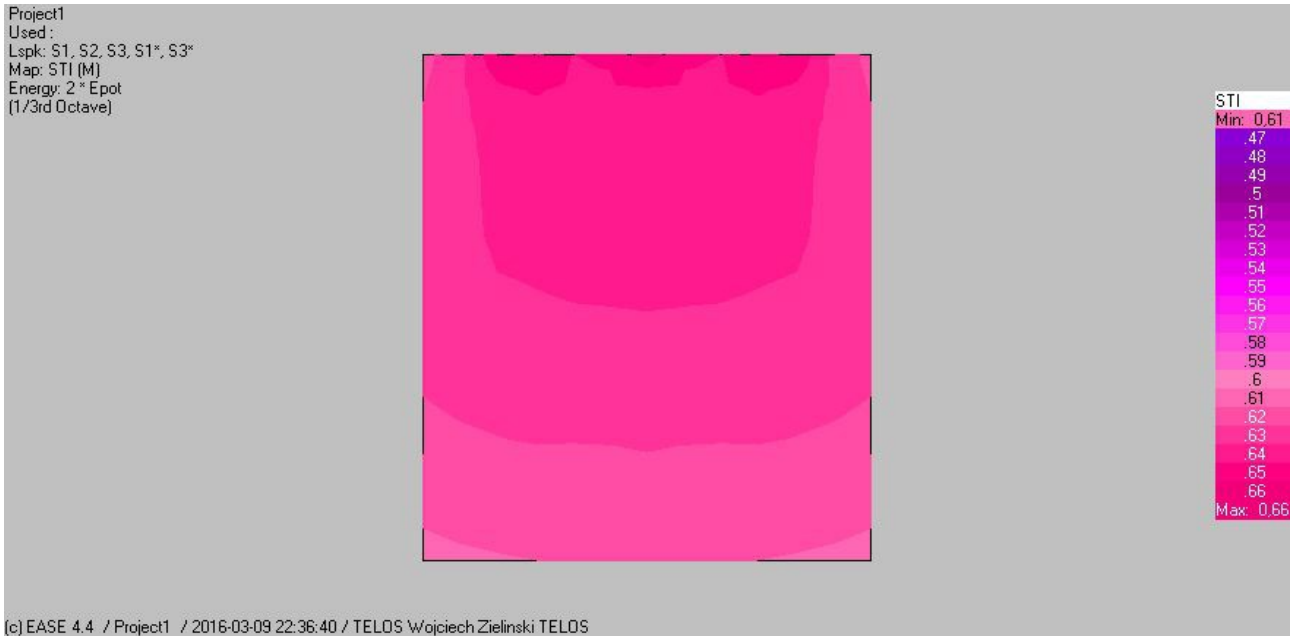
*Ilustracja 13: Rozkład wskaźnika czytelności C50; dystrybuanta*



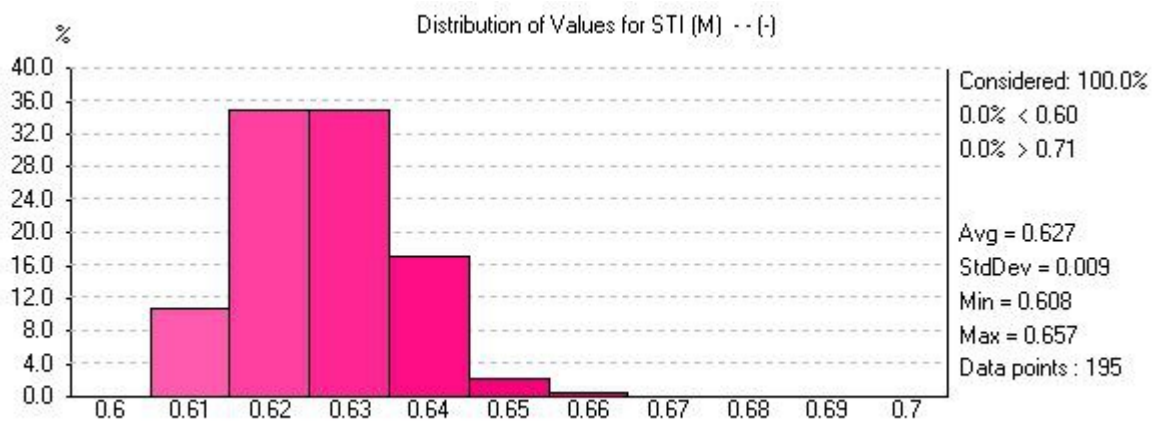
*Ilustracja 14: Rozkład wskaźnika klarowności C80; mapa*



*Ilustracja 15: Rozkład wskaźnika klarowności C80; dystrybuanta*



*Ilustracja 16: Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STI; mapa*



(c) EASE 4.4 / Project1 / 2016-03-09 22:36:23 / TELOS Wojciech Zielinski TELOS

*Ilustracja 17: Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STI; dystrybuanta*

## 22. Uwagi końcowe

### 22.1. Ustawienia parametrów obliczeniowych

Prezentowane w niniejszym rozdziale wyniki obliczeń uzyskano przy następujących ustawieniach programu symulacyjnego EASE 4.4

- objętość pomieszczenia 1108 m<sup>3</sup>;
- pomieszczenie asymetryczne;
- poziom tła: domyślny EASE
- mapping z cieniowaniem;
- split time: 35 ms;
- sumowanie interferencyjne tylko, rozdzielczość w jednej trzeciej oktawy.

Wyniki obliczeń są uzyskane przy nominalnych mocach (r.m.s) zespołów głośnikowych odpowiadających przyjętym w projekcie parametrom wzmacniaczy mocy.

### 22.2. Wyniki obliczeń

W przedstawionych wynikach obliczeń Projektanci przyjęli maksymalną wartość wydajności zaprojektowanego systemu głośnikowego, uwzględniając moc wyjściową wzmacniaczy mocy. Prezentowane wyniki stanowią rozsądny zakres pracy urządzeń oraz szacunek dla słuchu Odbiorców. Wynik ponad 109 dB, przy mocy nominalnej w pełnym paśmie jest całkowicie wystarczający.

Zwracam uwagę na rozkład SPL w pasmach i jego równomierność. Uzyskane wyniki dla analizy wprost, bez wpływu obiektu, są wynikami teoretycznymi. W praktyce nierównomierności zmniejszą się znacząco Odbiorcy bowiem słyszą dźwięk całkowity, czyli wprost pochodzący ze źródeł oraz z odbić i interferencji. W naszym modelu standardowe odchylenie dla analizy w pełnym paśmie (100 Hz – 10 kHz) w trybie całkowitym (SPL total) wynosi zaledwie 0,25 dB, w zestawieniu z 2,00 dB przy analizie SPL direct. Oznacza to, że zaprojektowany system głośnikowy będzie działał prawidłowo, na poziomie systemów właściwych obiektom kultury.

Uzyskane wskaźniki jakościowe transmisji dźwięku, C<sub>50</sub>, C<sub>80</sub> i STI potwierdzają dobrą jakość przyjętych w projekcie rozwiązań.

Wyniki symulacji komputerowej systemu głośnikowego DK SOKOLNIA; luty 2016				Wymagania dla oferowanych systemów w trybie równy lub lepszy niż
Pasma [Hz]	Z	Nierównomierność SPL [dB]		
		średni	Minimum	Maximum
125 ÷ 4k	108,99	-3,49	3,51	108 ± 4 dB
315 ÷ 1k	106,26	-3,76	3,49	106 ± 4 dB
1k ÷ 4k	103,72	-2,22	3,53	103 ± 3,5 dB
4k ÷ 10k	100,99	-3,24	3,26	100,9 ± 3,5 dB
<b>100 ÷ 10k</b>	<b>109,59</b>	<b>-3,34</b>	<b>3,41</b>	<b>109 ± 3,5 dB</b>
Parametr	Wartość średnia	Odchylenie standardowe (StdDev)		
C50, wyrazistość [dB]	-0,50	0,9 dB		Średnia ∈ (-2,5; +2,5) dB; std dev ≤ 0,9 dB
C80, klarowność [dB]	2,91	0,63 dB		Średnia ∈ (-3; +3) dB; std dev ≤ 0,63 dB
STI (M)	0,63	0,009		Średnia ≥ 0,627 dB; std dev ≤ 0,009 dB

Ilustracja 18: Tabela wyników symulacji oraz wymagań dla Oferentów