

Projekt Technologiczny  
Systemu Elektroakustycznego  
w Sali Senatu oraz Galerii Salon  
w budynku Rektoratu  
przy ul. Krakowskie Przedmieście 5

Część technologiczna: Sala Obrad Senatu, pomieszczenie 1.15

Inwestor: Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie  
00-068 Warszawa  
ul. Krakowskie Przedmieście 5

projektant      mgr inż. Wojciech Zieliński

podpis:

Gliwice, listopad 2019

**Gliwice, 26-11-2019**

**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 .....	4
1. Wstęp .....	5
1.1. Uwagi ogólne.....	5
2. Zakres projektu .....	5
3. Koncepcja systemu .....	6
4. Architektura systemu.....	6
5. Ograniczenia instalacyjne.....	7
6. Dobór urządzeń .....	7
7. Zestawienie urządzeń .....	7
8. Opis instalacji.....	9
8.1. Instalacja przewodowa stała .....	9
8.2. Instalacja przewodowa ruchoma .....	9
8.3. Przyłącza systemu .....	9
8.4. Złącza systemu .....	9
8.5. Instalacja zespołów głośnikowych.....	9
9. Symulacja komputerowa.....	9
10. Uwagi końcowe.....	13
10.1. Ustawienia parametrów obliczeniowych .....	13
10.2. Wyniki obliczeń.....	13

## Spis rysunków

01/EA_1.15-O/19	Schemat blokowy systemu sali obrad Senatu; poziom: +5.64; pomieszczenie 1.15
02/EA_1.15-O/19	Schemat połączeń sali obrad Senatu; poziom: + 5.64; pomieszczenie 1.15-O
03/EA_1.15-O/19	Panele I/O systemu Sali obrad senatu; pomieszczenie 1.15-O
04/EA_1.15-O/19	Szafa teletechniczna Sali obrad Senatu; pomieszczenie 1.15-O

## **1. Wstęp**

Część technologiczna omawia sposób rozwiązania systemu elektroakustycznego Sali Obrad Senatu w pomieszczeniu 1.15.

### **1.1. Uwagi ogólne**

System Sali Obrad jest zamkniętym układem, przeznaczonym do obsługi wydarzeń, mających miejsce tylko i wyłącznie w tej Sali. Sala Obrad, ze względu na swój charakter, obsługuje szeroki wachlarz wydarzeń, od spotkań roboczych, narad interdyscyplinarnych, konferencji zewnętrznych po wykłady uniwersytetu trzeciego wieku. Stąd system elektroakustyczny musi mieć cechy uniwersalne, w zakresie możliwości funkcjonalnych oraz wysokie walory jakościowe, żeby ułatwić a niejednokrotnie wręcz umożliwić obsługę wydarzenia. Stąd system musi zapewnić możliwości:

- prezentacji, wywiadu, wygłoszenia przemówienia itp.;
- przeprowadzenie dyskusji z udziałem więcej niż jednego mikrofonu, z zastosowaniem funkcji automatycznego miksowania;
- emisji materiału dźwiękowego z nośników dostępnych na komputerze PC lub MAC;
- emisji dźwięku z komputera, stosowanego do prezentacji wizualnych;
- odtwarzania zapisów z płyt CD, plików MP3 itp

Stopień przygotowania indywidualnego systemu obejmuje staranne dostrojenie systemu głośnikowego do architektury wnętrza (jego akustyki) oraz do współpracy z grupą mikrofonów bezprzewodowych oraz mikrofonów, umieszczonych w mównicy. Urządzenia muszą charakteryzować się wysoką jakością techniczną, co zagwarantuje stabilną współpracę systemu głośnikowego z mikrofonami.

## **2. Zakres projektu**

Projekt obejmuje dobór urządzeń głośnikowych, symulacje komputerowe systemu głośnikowego, dobór mikrofonów mównicy oraz bezprzewodowych. Dla wymienionych urządzeń projekt wyznacza miejsca montażu urządzeń, połączenia poszczególnych urządzeń i bloków systemu oraz sposób ich zasilania.

Prezentowany projekt opisuje całość systemu.

### **3. Koncepcja systemu**

Jako podstawę projektową, przyjęto nowoczesne, sprawdzone rozwiązania technologiczne, dopasowane do warunków w obiekcie. Do nagłośnienia pomieszczeń zastosowano systemy głośnikowe, precyzyjnie dobrane do warunków pracy w obiekcie. Cały system głośnikowy, według projektu jest zdalnie sterowany i programowalny, dający szybki dostęp do zaprogramowanych ustawień i trybów pracy systemu głośnikowego. Do kontroli i obróbki dźwięku przyjęto nowoczesny, cyfrowy mikser z możliwością zdalnej obsługi z poziomu tabletu. Nacisk został położony na elastyczność funkcji oraz obsługi systemu. Funkcjonalność systemu podnosi, z jednej strony wydajny i pełnopasmowy system głośnikowy, pracujący skutecznie od 40 do 17 000 Hz o wyrównanym pokryciu i niskiej fluktuacji poziomu na powierzchni Sali a z drugiej – cyfrowe, programowalne urządzenia ze sprawnym dostępem do presetów. Możliwość bezprzewodowej obsługi konsoli mikerskiej również podnosi walory użytkowe, pozwalając w określonych przypadkach na niezwykle dyskretną obsługę ważnych wydarzeń. Duży nacisk położono na wybór systemu mikrofonów bezprzewodowych. Przyjęto tory analogowe, sprawdzonej jakości i o zerowej latencji. Proponowane na rynku mikrofony cyfrowe tzw.: prowizji cyfrowej pracują w systemach dających opóźnienie transmisji o prawie wyczuwalnym już poziomie, co mogłoby doprowadzić w określonych warunkach, przy pracy wszystkich mikrofonów do niespodziewanych kłopotów. Odrębnym urządzeniem/źródłem dźwięku w systemie będzie mównica, wyposażone we własne, specjalistyczne mikrofony oraz interfejs UAS – dwie linie symetryczne z izolacją galwaniczną do podłączenia komputera prezentacyjnego. Mównica będzie łączona z szafą teletechniczną systemu za pośrednictwem kabla hybrydowego (zasilanie plus cztery linie sygnałowe) i specjalistycznych złączy wielopinowych, standardu przemysłowego.

### **4. Architektura systemu**

Zaprojektowany system składa się następujących bloków funkcjonalnych:

- aktywny system głośnikowy z kanałami superniskotonowymi i pasywnymi kanałami uzupełniającymi;
- napęd systemu: czterokanałowy, zintegrowany amplimikser; 8 kanałów DSP (4 x IN; 4 x OUT); wejścia: 1 x MIC, 1 x LINE; 1 x AES/EBU zintegrowane w protokół kontrolnym z akcesoriami
- system bezprzewodowy; 4 tory z centralną instalacją antenową
- źródła audio: odtwarzacz CD, MP3; komputer PC
- mównica z dwoma specjalistycznymi mikrofonami i przyłączem dla komputera PC lub MAC
- tablet do zdalnej obsługi konsoli mikerskiej

## 5. Ograniczenia instalacyjne

Montażu urządzeń głośnikowych systemu podlega silnym restrykcjom mechanicznym. Instalacja zespołów głośnikowych jest przewidziana na ścianie o szerokości 73 cm – na tym obszarze należy zmieścić urządzenie szerokopasmowe oraz superniskotonowe – nie tylko teoretycznie, ale z zapewnieniem poprawnego montażu.

## 6. Dobór urządzeń

Dobierając urządzenia głośnikowe, projektant zwrócił uwagę na jakość emitowanego dźwięku, estetykę wykonania, włączając w to fabryczny sposób montażu oraz fabryczną kolorystykę urządzeń. Szczególną uwagę zwrócono na nowoczesne, aktywne systemy zabezpieczeń głośników, w rozumieniu stosowania wielopasmowych kompresorów / limiterów z aktywnie kontrolowanymi parametrami obróbki dynamicznej oraz ultraszybkie, aktywne 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 specyficzny charakter systemu głośnikowego oraz uproszczony sposób obsługi sprzętu, przyjęto za konieczność możliwość pełnej, cyfrowej obróbki sygnałów, zarówno po stronie wejściowej jak i wyjściowej, możliwość programowania ustawień i trybów pracy systemu i łatwy dostęp do takich programów pracy.

## 7. Zestawienie urządzeń

<i>L.p.</i>	<i>Opis</i>	<i>Ilość</i>	<i>Symbol projektowy</i>
1	liniowy element sterowany; 8 x 4" neodym o długim skoku; 8 x 100 W klasa D, 8 + 2 DSP, zdalne sterowanie; wejście magistralą CAT5e (AES/EBU, sterowanie) zasilanie osobno; regulacje: kąt pochylenia wiązki 0°÷90°; odchylenie wiązki -40°÷+40°; rozdzielczość 0,1°; podział wiązki na dwie; programowanie z poziomu komputera, zmiany w czasie rzeczywistym, biały	2	ML, MR
2	uchwyt zespołu głośnikowego, biały	2	
3	interfejs RS 232 zdalnego sterowania amplifiksera	1	RS 232 INT
4	szerokopasmowy zespół głośnikowy, miniaturowy; LF: 1 x 4"; HF: 1 x 0,75" kopułka, przetworniki neodymowe; pasmo przenoszenia (-10 dB): 90 Hz ÷ 20 000 Hz , biały	2	DL, DR
5	uchwyt zespołu głośnikowego, biały	2	

6	amplifikser; cztery wejścia; cztery wyjścia; 4 x 100W @ 4 Ω; wejście AES/EBU; zintegrowany dsp, zdalne sterowanie, programowalny	1	MA/DSP4x4
7	superniskotonowy, miniaturowy zespół głośnikowy; instalacyjny; 2 x 6,5" o długim skoku; pasmo przenoszenia (-10 dB): 38 Hz ÷ 500 Hz; biały; wzmacniacz klasy D, zintegrowany dsp, zdalnie starowany, programowalny; zasilanie, sygnał wejściowy AES/EBU i sterowanie jedną magistralą CAT 5e	2	SUBL, SUB R
8	uchwyt zespołu głośnikowego superniskotonowego, biały	2	
9	zestaw mikrofonu bezprzewodowego, UHF, analogowy, nadajnik ręczny, kapsuła superkardioidalna; fabryczny montaż 19"; demontowalne anteny odbiorcze	4	WMIC 1÷4
10	aktywny splitter sygnału antenowego	1	MIC SP
11	zasilacz systemu bezprzewodowego	1	WM PS
12	para krótkich przewodów montażowych	1	
13	osłona kapsuły mikrofonu	4	
14	zestaw barwnych pierścieni identyfikujących	1	
15	interfejs USB - dwie linie symetryczne, izolacja galwaniczna	2	AUDIO USB
16	cyfrowy mikser audio, zdalne sterowanie; 24 x IN MIC/LINE; 3 x STEREO LINE; 8 grup DCA, 8 grup MUTE, 8 podgrup; 14 miksów mono; korektory graficzne na wszystkich wyjściach, tercjowe; room tuning, Anti Feedback (12 filtrów notch x 2); 2 x RTA; automatyczny mikser, rejestracja stereo lub wielokanałowa na dysku zewnętrznym	1	MIX
17	zestaw montażowy miksera 19"	1	
18	odtwarzacz płyt CD, WAVE, MP 3; wyjścia symetryczne	1	CD
19	mikrofon pojemnościowy, małomembranowy, wykończenie Nextel®; gęsia szyja 350 mm	2	LCT MIC
20	konwerter analog - AES/EBU	1	A-AES
21	centralny interfejs magistrali CAT 5e	1	CFA
22	interfejs serwisowy	1	SERVICE



## **8. Opis instalacji**

### **8.1. Instalacja przewodowa stała**

Instalacja przewodowa została omówiona w części ogólnej projektu.

### **8.2. Instalacja przewodowa ruchoma**

Wykonawca, w ramach prac jest zobowiązany dostarczyć przewody połączeniowe, gotowe:

1. 1 x 5 m; HAN15 – HAN15; przewód hybrydowy do połączenia z mównicą: 4 x linia symetryczna plus 3 x 1 mm<sup>2</sup>
2. 1 x 5 m; USB – USB; przewód transmisji danych
3. 4 x 3 m; RJ45 – RJ 45; F/UTP 23 awg CAT 5
4. 1 x 3 m; SPEAKON NL4 FC – NL 4 FC; przewód 4 x 1,5 mm<sup>2</sup>
5. 1 x 3 m; PowerCon 20 A – PowerCon 20A; przewód 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>

### **8.3. Przyłącza systemu**

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

### **8.4. Złącza systemu**

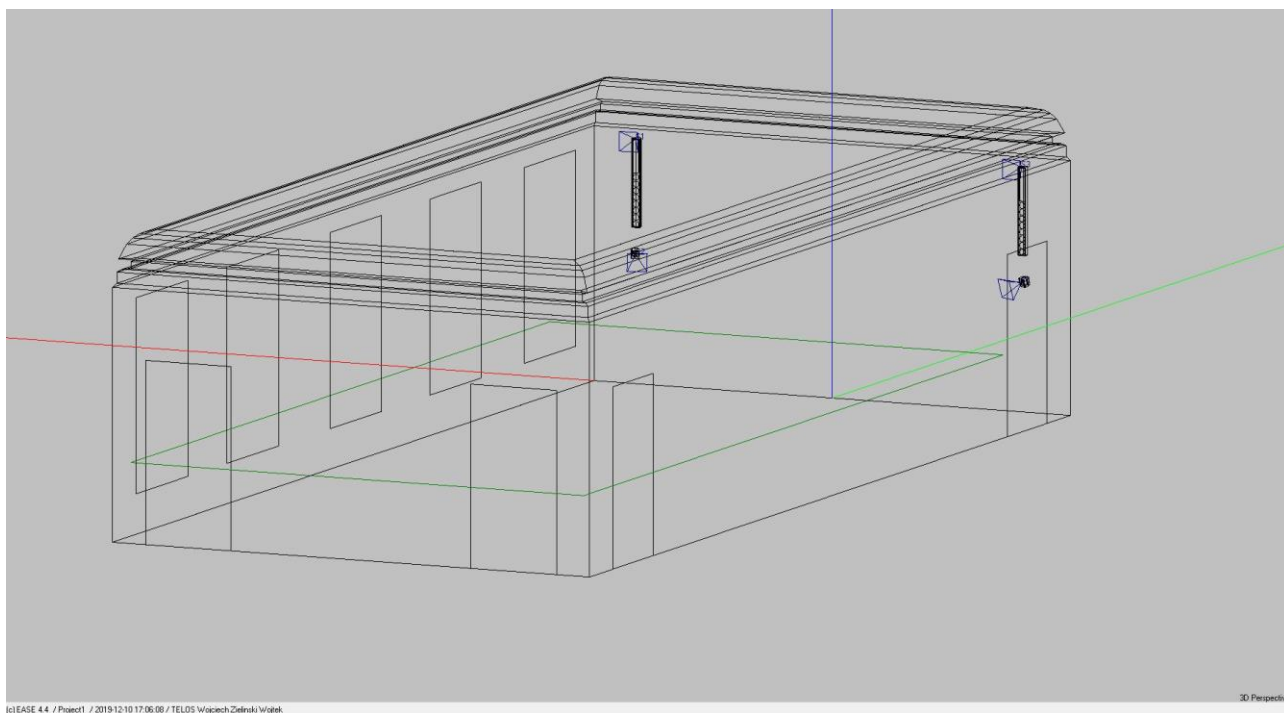
Wszystkie złącza muszą pochodzić od renomowanych, sprawdzonych dostawców. Złącza muszą się charakteryzować szczelnością, odpornością mechaniczną i zapewniać wysoką trwałość przy wielokrotnym łączeniu.

### **8.5. Instalacja zespołów głośnikowych**

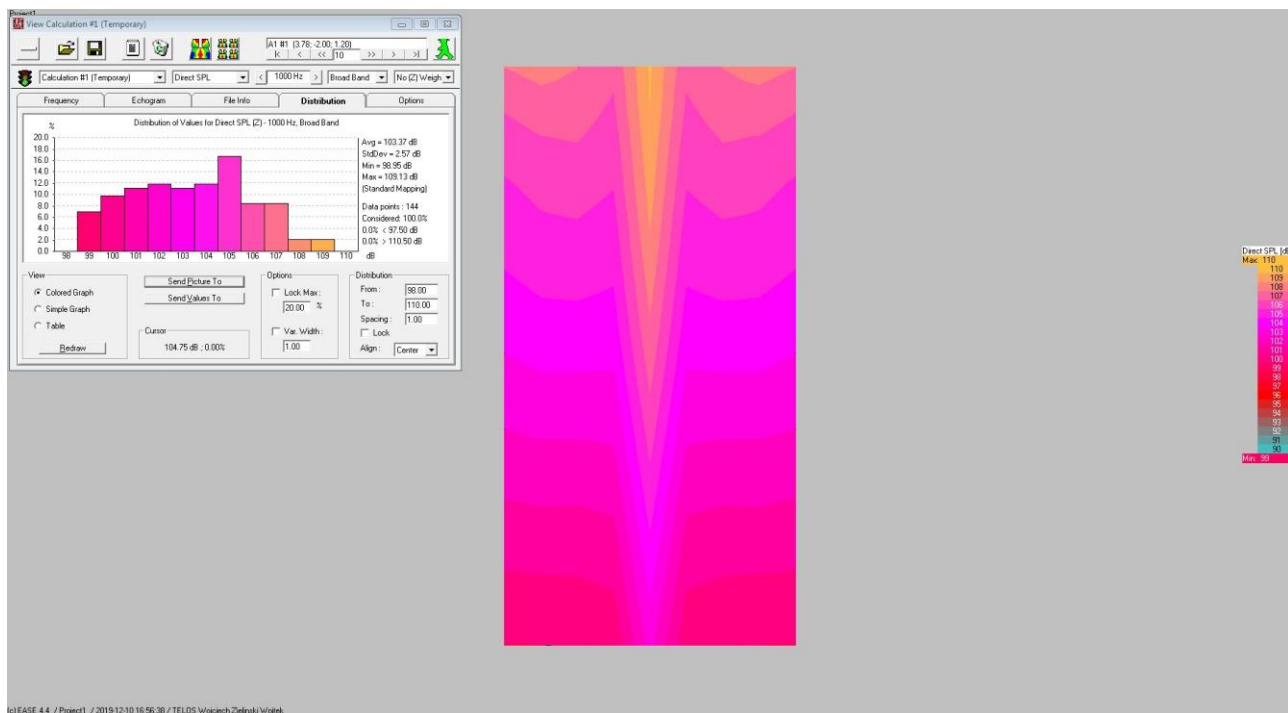
Główne zespoły głośnikowe muszą być zamontowane zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP, tzn.: z zastosowaniem fabrycznych elementów montażowych.

## **9. Symulacja komputerowa**

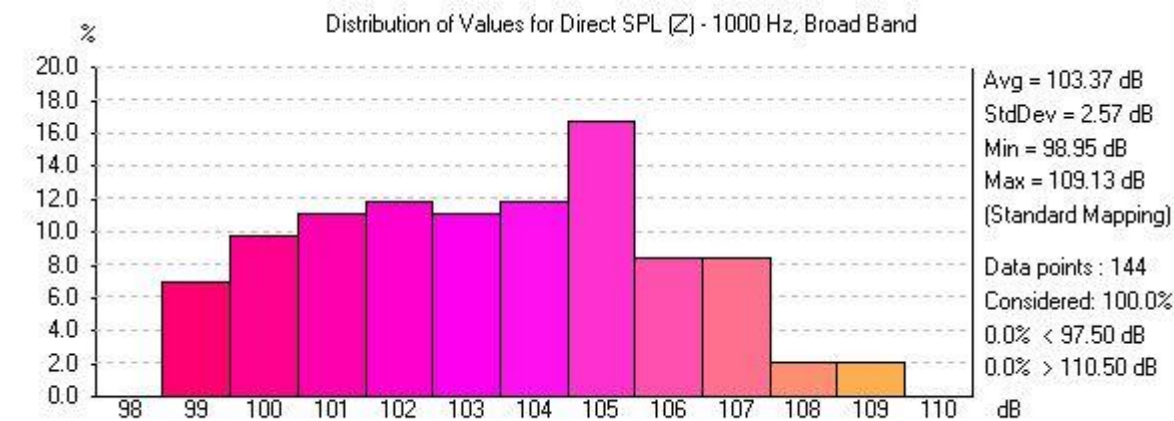
Symulacja odbyła się w oparciu o program EASE 4.4 . W wyniku prac otrzymano model 3D pomieszczenia 1.15. Widok modelu wraz z układem zespołów głośnikowych prezentuje rysunek umieszczony poniżej. Na kolejnych rysunkach prezentowane są wyniki obliczeń podstawowych parametrów emisji dźwięku – jako minimalne wymagania jakościowe.



**Rysunek 1. Widok modelu 3D pomieszczenia 0.15**

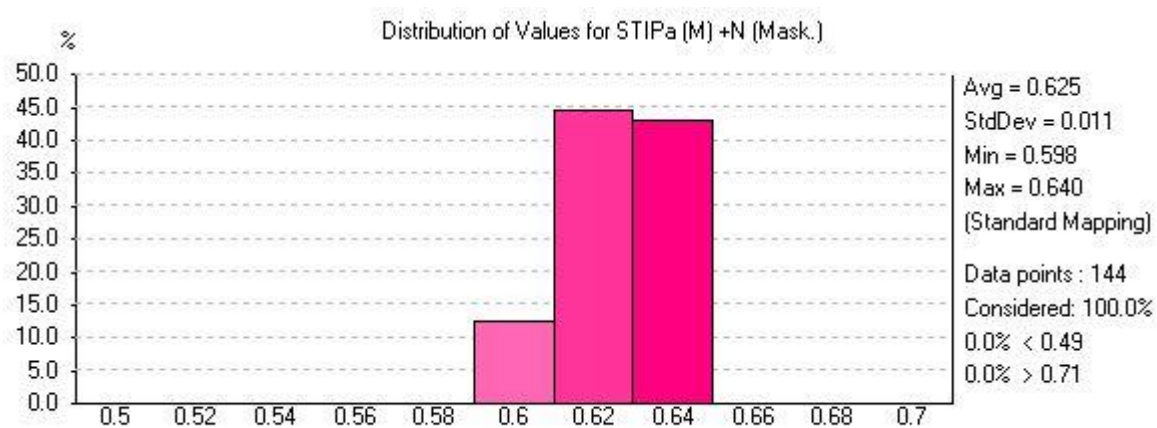


Rysunek 2. Mapa rozkładu SPL w paśmie 100 - 10 000 Hz



(c) EASE 4.4 / Project1 / 2019-12-10 16:56:02 / TELOS Wojciech Zielinski Wojtek

Rysunek 3. Dystrybucja rozkładu SPL w paśmie 100 - 10 000 Hz



### Rysunek 5. Dystrybuanta rozkładu STIPa (M) + N (MASK) @ NC 65

## 10. Uwagi końcowe

### 10.1. Ustawienia parametrów obliczeniowych

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

- materiał podłogi: publiczność;
- pomieszczenie asymetryczne;
- poziom tła: NC 65
- mapping bez cieniowania;
- split time: 35 ms;
- sumowanie interferencyjne tylko, rozdzielczość w jednej trzeciej oktawy.

Wyniki obliczeń są uzyskane przy mocach zespołów głośnikowych odpowiadających przyjętym w projekcie parametrom wzmacniaczy mocy. Wraz z modelem Oferenci otrzymują wzorzec NC 65 do zastosowania w obliczeniach STI.

### 10.2. 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 średni 103 dB, przy mocy nominalnej w pełnym paśmie jest wynikiem wyższym niż potrzebny; zakładamy w tym pomieszczeniu, z dużą rezerwą poziom średni 100 dB jako maksymalny. Należy uwzględnić, że zakładany poziom emisji nie powinien przekraczać 10 dB powyżej poziomu tła, więc system jest w stanie zapewniać komfortową komunikację przy tle aż do 85 dB SPL, co przekracza o 10 dB poziom tzw.: ciężkiego hałasu przemysłowego (źródło: Klark Teknik, The Audio System Designer; Technical Reference©).

Zwracamy 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) 2,57 dB przy analizie SPL direct. Oznacza to, że zaprojektowany system głośnikowy będzie działał prawidłowo, bo bez odbić rozrzut poziomów mieści się z powodzeniem w wymogach dla sal audytoryjnych.

<b>Wyniki symulacji komputerowej Sali Obrad Senatu; pomieszczenie 1.15</b>			<b>Wymagania dla oferowanych systemów w trybie równy lub lepszy</b>
<b>Pasma [Hz]</b>	<b>SPL (Z) średni</b>	<b>Odchylenie standardowe [dB]</b>	
100 ÷ 10k @ 95% powierzchni	103	2,57	≥100; StdDev≤2,6
<b>Parametr</b>	<b>Wartość minimalna</b>	<b>Odchylenie standardowe (StDev)</b>	
STIPa (M) + N (Mask) @ NC 65 @ 100% powierzchni	0,6	0,011	≥ 0,6; StDev ≤ 0,011

*Ilustracja 6: Tabela wyników symulacji oraz wymagań dla Oferentów*