

Projekt Nagłośnienia Sceny Sali Widowiskowo Kinowej  
Miejskiego Ośrodka Kultury w Wysokiem Mazowieckiem  
**Aktualizacja - grudzień 2016**

Projektował: mgr inż. Wojciech Zieliński

Opracował: mgr inż. Andrzej Kryszylowicz

## Oświadczenie projektanta

### Oświadczenie

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

PROJEKT WYKONAWCZY NAGŁOŚNIENIA

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

mgr inż. Wojciech Zieliński

.....

mgr inż. Andrzej Kryszewicz

.....

## 1. Podstawa opracowania

Niniejsze opracowanie powstało na podstawie:

- a) Zlecenia z firmy „Ptaszyński Architekci” Roman Ptaszyński w Białymstoku.
- b) Wytycznych projektowych otrzymanych od Inwestora
- c) Uzgodnień z przedstawicielami Inwestora
- d) Uzgodnień międzybranżowych

## 2. Spis rysunków

- EA-1 Instalacja nagłośnienia - przekrój  
EA-2 Instalacja nagłośnienia - rzut  
EA-3 Schemat blokowy systemu nagłośnienia  
EA-4 Lokalizacja stacjonarnego stanowiska akustyka

## 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 4.3

## 4. 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

## 5. Uwagi ogólne

Sala wielofunkcyjna Miejskiego Ośrodka Kultury w Wysokiem Mazowieckiem jest pomieszczeniem wielofunkcyjnym, o różnorodnym przeznaczeniu. Niniejsze opracowanie przedstawia rozwiązanie systemu nagłośnienia dla realizacji różnorodnych form muzycznych i słownych: od zespołów muzycznych, poprzez taneczne, teatralne czy też wystąpienia o charakterze seminaryjnym.

## 6. Zakres projektu

Projekt obejmuje dobór urządzeń systemu nagłośnienia, symulacje komputerowe systemu głośnikowego, wyznaczenie miejsc montażu urządzeń oraz sposób ich połączenia. W projekcie znajdują się również wytyczne cod o zasilania urządzeń.

## 7. Wytyczne zasilania systemu

Zasilanie systemu musi być wyprowadzone z oddzielnej, niezależnej rozdzielni N/N, zlokalizowanej przed punktami poboru mocy dla wszelkich innych odbiorników oraz systemów, w szczególności: oświetlenia, wentylacji, klimatyzacji. Rozdzielnia do zasilania obwodów zasilających urządzenia audio powinna posiadać własny, niezależny uziom w postaci bednarki, wprowadzonej do gruntu w znacznej odległości (ok. 50÷100 m) od uziomu reszty instalacji elektrycznej. Niespełnienie tego warunku może spowodować pogorszony

odstęp sygnał/szum systemu nagłośnienia, znaczny wzrost zniekształceń nieliniowych oraz fazowych systemu jak również może doprowadzić do występowania przydźwięków w torach audio. Takie wady uniemożliwiają eksploatację systemu nagłośnienia - a nie są wadą urządzeń nagłośnieniowych.

Minimalne warunki zasilania: 3 x 32 A, jako całkowitą moc dla aparatury nagłośnieniowej w obiekcie. Wymagania dla aparatury stałej: 1 x 25 A dla szafy ST 01 (dwa gniazda 230 VAC) oraz 1 x 6 A w pomieszczeniu Projektowni (jedno gniazdo 230 VAC). Oprócz tego, w pobliżu miejsca instalacji szafy ST 01 należy umieścić gniazdo trójfazowe 3 x 32 A dla zasilania zewnętrznej aparatury nagłośnieniowej oraz gniazda zasilające urządzenia muzyków (wzmacniacze gitarowe, instrumenty elektroniczne itp.). Wartość sumaryczna obciążenia obwodów zasilających te gniazda to 24 A; ilość i rozkład gniazd należy uzgodnić z Użytkownikiem Obiektu. Zabezpieczenia obwodów zasilających urządzenia systemu nagłośnienia muszą mieć zabezpieczenia zwłoczne, typ C.

## 8. Wytyczne systemu nagłośnienia

Dla skonstruowania systemu nagłośnienia przyjęto następujące wytyczne:

- urządzenia systemu mają być mocowane w sposób stały;
- system musi cechować się prostotą obsługi;
- parametry użytkowe systemu (ilość obsługiwanych kanałów, SPL, dobór mikrofonów) mają odpowiadać potrzebom własnym Użytkownika obiektu;
- minimalne parametry elektroakustyczne dla projektowanego systemu: średni SPL, A-ważony, w paśmie 100 ÷ 10 000 Hz nie mniej niż 100 dB z gwarantowaną rezerwą + 6 dB; zrozumiałość mowy liczone jako STIPA głosem męskim z uwzględnieniem maskowania z tłem 75 dB (A), wartość średnia nie mniej niż 0,6; wyrazistość mowy pow 0 dB, klarowność muzyki powyżej 2 dB; wartość parametrów dla 90% powierzchni odsłuchowej; RT 60 = 0,83 sek @ 2 kHz;
- urządzenia mają być o nowoczesnej konstrukcji, z układami zabezpieczeń dla zespołów głośnikowych;
- urządzenia mają być zgodne z deklaracjami producentów co do zastosowania;
- wartość systemu musi mieścić się w wyznaczonych przez Inwestora granicach.

## 9. Koncepcja systemu

Dla zapewnienia projektowanemu systemowi zgodności z wytycznymi przyjęto następujące założenia:

- rozwiązania cyfrowe w zakresie miksowania, przesyłu i obróbki dźwięku;
  - wysokosprawne, zdalne sterowane i programowalne wzmacniacze mocy z wielopoziomowymi zabezpieczeniami elektronicznymi i programowymi;
  - liniowe źródła dźwiękowe, hybrydowe z dogłośnieniem przednich rzędów;
  - układ monitorowy sceny ze stale instalowanymi, regulowanymi monitorami przestrzałowymi oraz ruchomymi monitorami podłogowymi;
  - w pełni programowalny system głośnikowy obiektu;
  - system mikrofonowy z mikrofonami bezprzewodowymi z zewnętrznym systemem antenowym oraz komplet mikrofonów przewodowych o uniwersalnym przeznaczeniu.
- Projektanci położyli szczególny nacisk na prostotę i intuicyjność rozwiązań oraz ergonomiczny aspekt projektowanej instalacji. Z założenia, do obsługi dobranych urządzeń będzie wystarczała osoba o podstawowych kwalifikacjach z zakresu elektroakustyki, oczywiście po starannym przeszkoleniu przez Wykonawcę systemu.

## 10. Cyfrowy system miksujący

Do obsługi systemu nagłośnienia dobrano kompaktowy system miksujący, cyfrowy. W skład systemu wchodzi zintegrowana konsola mikserska z wbudowanym rackiem lokalnym (DSP,

procesor systemu oraz wejścia/wyjścia lokalne) oraz zdalne przyłącze sceniczne (stage box) wyposażone w 32 wejścia i 8 wyjść. Połączenie między elementami systemu jest realizowane za pomocą dwóch linii połączeń sieciowych (główne + zapasowe). Mikser jest wyposażony w dedykowane do obwodów wejściowych, szyn pomocniczych AUX oraz matryc tłumiki oraz dodatkowy tłumik do wyjścia głównego L+R. Urządzenie posiada przejrzystą konstrukcję pola roboczego, nawiązującego organizacyjnie do konsoli analogowej, dzięki czemu każdy inżynier dźwięku, bez potrzeby dodatkowego przeszkolenia jest w stanie prowadzić z urządzenia realizację dźwięku. Urządzenie posiada wbudowane procesory dynamiki (kompresor, bramka szumowa) korektory graficzne, procesory efektów. Umożliwia rejestrację programu poprzez port USB. Lokalnie, w urządzeniu znajdują się wejścia/wyjścia 8 kanałów mono, gniazdo mikrofonu talk back oraz słuchawek kontrolnych. Konsola umożliwia także programowanie sekwencji parametrów dla określonych scen w realizowanym programie.

## **11. System głośnikowy**

System głośnikowy sali wielofunkcyjnej został podzielony na dwie części:

- nagłośnienia widowni;
- system monitorowy sceny.

### **11.1. Nagłośnienie widowni**

Dla uzyskania wymaganych parametrów transmisji dźwięku dla widowni zastosowano nowoczesne, hybrydowe elementy liniowe. Takie rozwiązanie zapewnia świetne pokrycie obszaru widowni, znakomitą transmisję całego pasma przenoszonych częstotliwości na całej głębokości widowni oraz minimalny wpływ urządzeń głośnikowych na scenę. Ze względu na układ architektoniczny sali i sceny w szczególności, dla skorygowania obrazu sceny w pierwszych rzędach zastosowano układ dogłośnienia, czyli tzw.: front fill. W tym miejscu dobrano specjalistyczne zespoły głośnikowe, pracujące w układzie d'Appolito – czyli zapewniające doskonale równomierny rozkład charakterystyki brzmieniowej w funkcji szerokości widowni. Dobre urządzenia wyposażone są w kopułkowe głośniki wysokotonowe, dzięki czemu mogą pracować w bliskim polu. Uzupełnieniem systemu głośnikowego są superniskotonowe zespoły głośnikowe, po dwa na każdą ze stron. Wszystkie urządzenia cechują się nowoczesną konstrukcją, są wyposażone w głośniki neodymowe oraz aktywne układy elektroniczne, zabezpieczające głośniki wysokotonowe (oczywiście, nie dotyczy to zespołów superniskotonowych). Wszystkie zespoły głośnikowe przeznaczone są przez Producenta do aplikacji koncertowych, statycznych instalacji i są fabrycznie przystosowane do montażu: naściennego bądź na trawersach. Do montażu urządzeń Producent dedykuję właściwe akcesoria montażowe, posiadające właściwe współczynniki bezpieczeństwa, odpowiadające wymogom dla instalacji w obiektach. Dotyczy to również konstrukcji wewnętrznej urządzeń głośnikowych. Parametry systemu głośnikowego widowni są prezentowane w rozdziale Symulacja komputerowa systemu głośnikowego widowni.

### **11.2. System monitorowy sceny**

W systemie monitorowym sceny przewidziano dwa monitory, tzw.: przestrzałowe, instalowane stałe w ścianie portalowej sceny, na uchwytych obrotowo-uchylnych oraz cztery monitory podłogowe. Monitory przestrzałowe, dzięki miejscu i sposobowi montażu mogą być skierowane w dowolny fragment sceny. Dobre urządzenia, o bardzo liniowej charakterystyce bardzo dobrze nadają się do współpracy z mikrofonami, nie powodując sprzężeń. Monitory podłogowe o niskim profilu i wysokiej wydajności akustycznej mogą pracować jako klasyczne wedge lub mogą być stawiane na statywach; ich obudowy są wyposażone w gniazda statywowe  $\varnothing$  36 mm.

### **11.3. Zasilanie systemu głośnikowego**

Całość systemu głośnikowego, zarówno widowni jak i sceny zasilana jest z trzech, czterokanałowych wzmacniaczy mocy. Wzmacniacze posiadają wbudowane

wielokanałowe cyfrowe procesory sygnału oraz moduły zdalnego sterowania- dzięki czemu zbudowany w oparciu o taką technologię system jest w pełni programowalny. Oznacza to w praktyce, że skomplikowane procedury rekonfiguracyjne, których prawidłowe przeprowadzenie jest czasem możliwe tylko w oparciu o duże doświadczenie i aparaturę pomiarową są sprowadzone do naciśnięcia jednego przycisku. W ten sposób Użytkownik, we własnym zakresie może "przełączać" aparaturę nagłośnieniową w zaprogramowany przez Wykonawcę tryb, dostosowany do charakteru odbywającej się imprezy. Obok możliwości obróbki i programowania, dobrane wzmacniacze cechują się zaawansowanymi systemami zabezpieczeń – zarówno elektronicznych, mechanicznych jak i programowych. Złożenie tych cech znacząco wpływa na cechy użytkowe eksploatowanego systemu:

- znacząco wydłuża okres eksploatacji, poprzez uniemożliwienie przeciążeń urządzeń głośnikowych i wzmacniaczy mocy;
- sposób zabezpieczenia jest niezależny od kwalifikacji personelu;
- gwarantowana jakość dźwięku, ograniczona tylko i wyłącznie do obróbki w mikserze i, oczywiście, do kwalifikacji muzycznych artystów.

Wzmocnienie sygnałów jest realizowane w 12 kanałach; system monitorowy jest sterowany 6 niezależnymi kanałami.

## **12. System mikrofonowy**

### **12.1. System bezprzewodowy**

Zaprojektowano czterokanałowy system bezprzewodowy, wyposażony w nadajniki doręczne z kapsułkami o charakterystyce superkardioidalnej, odbiornikami typu "true diversity" (podwójne obwody rezonansowe z bezstukowym przełączaniem na podstawie pomiaru odstępu od szumu). Odbiorniki będą zabudowane przy konsolce mikerskiej, w pomieszczeniu Projektornii, stąd będą wyposażone w zewnętrzne anteny odbiorcze. Dla połączenia odbiorników z antenami zostanie zastosowany aktywny splitter sygnałów antenowych 1:4. Lokalizacja anten jest naniesiona na rysunki z rozmieszczeniem urządzeń. Przewidziano, ze względów estetycznych montaż anten nad konstrukcją sufitu podwieszonego; nie jest to lokalizacja krytyczna i może być, na etapie wykonawstwa zmieniona.

### **12.2. Mikrofony przewodowe**

Celem umożliwienia poprawnej realizacji zadań własnych Ośrodka dobrano zestaw różnorodnych mikrofonów przewodowych. Wśród nich znajdują się mikrofony pojemnościowe, dynamiczne, o różnych charakterystykach, z przeznaczeniem do występów wokalnych, przemówień, mikrofonowania instrumentów, w tym perkusji. Dobierając mikrofony Projektanci kierowali się własnościami dźwiękowymi oraz mechanicznymi urządzeń.

### **12.3. Di-Boxy**

Dla uzupełnienia wyposażenia sceny, dobrano 4 aktywne izolatory galwaniczne do łączenia instrumentów bezpośrednio w tor elektroakustyczny, np.: instrumenty klawiszowe, gitary basowe itp.

## **13. Stanowisko realizatora dźwięku**

Urządzenia tzw.: front of house (FOH) będą umieszczone w pomieszczeniu Projektornii. Obok opisanego powyżej miksera, realizator będzie miał do dyspozycji odtwarzacz płyt CD Audio i plików MP 3, interfejs do podłączenia cyfrowego komputera klasy PC (komputer nie jest objęty niniejszym opracowaniem); mikrofon fonii zwrotnej TALK BACK, słuchawki kontrolne oraz parę monitorów odsłuchowych. Urządzenia: odbiorniki mikrofonów bezprzewodowych, splitter antenowy, interfejs PC, odtwarzacz CD będą zabudowane w kasecie teletechnicznej KS 02. Kaseca wykonana w technologii "flight case", o szerokości standardowej 19" i wysokości 8 HU będzie wyposażona w oświetlenie robocze, listwę zasilającą oraz panel przyłączeniowy z

gniazdem wielopinowym, przemysłowym do połączenia urządzeń peryferyjnych z konsolą mikserską, gniazdami monitorów odsłuchowych oraz antenowymi.

#### **14. Szafa teletechniczna ST 01**

Na scenie przewidziano zainstalowanie stalowej szafy teletechnicznej o wysokości 24 HU i wymiarach, w rzucie 600 x 800 mm. Szafa pomieści wzmacniacze mocy systemu, klawiaturę zdalnego wyboru presetu systemu głośnikowego, stage box, panel przyłączeniowy monitorów podłogowych oraz oświetlenie robocze. Z tyłu szafy będzie zainstalowany panel przyłączeniowy linii głośnikowych zespołów głośnikowych instalowanych na stałe oraz gniazda RJ 45 linii łączących scenę ze stanowiskiem FOH. W szafie będzie zabudowana listwa zasilająca urządzenia. Ze względu na przyłącza monitorów podłogowych oraz sygnałów wejściowych, szafa nie będzie posiadała drzwi. Wzmacniacze mocy, z poziomu programowego będą przełączone w stan "teatralny", tzn.: będą miały wyłączone podświetlenie wyświetlaczy oraz zdeaktywowane przyciski i enkoder na panelach czółowych.

#### **15. Instalacja przewodowa**

Wszystkie linie głośnikowe oraz sieciowe będą prowadzone za pomocą przewodów bezhalogenowych, nie wydzielających toksyn w razie pożaru oraz nieprzezroczystego dymu. Do zasilania urządzeń głośnikowych należy stosować przewód o przekroju 2 x 2,5 mm<sup>2</sup>. Do połączeń sieciowych, między FOH a szafą ST 01 należy stosować ekranowany przewód kat 5.

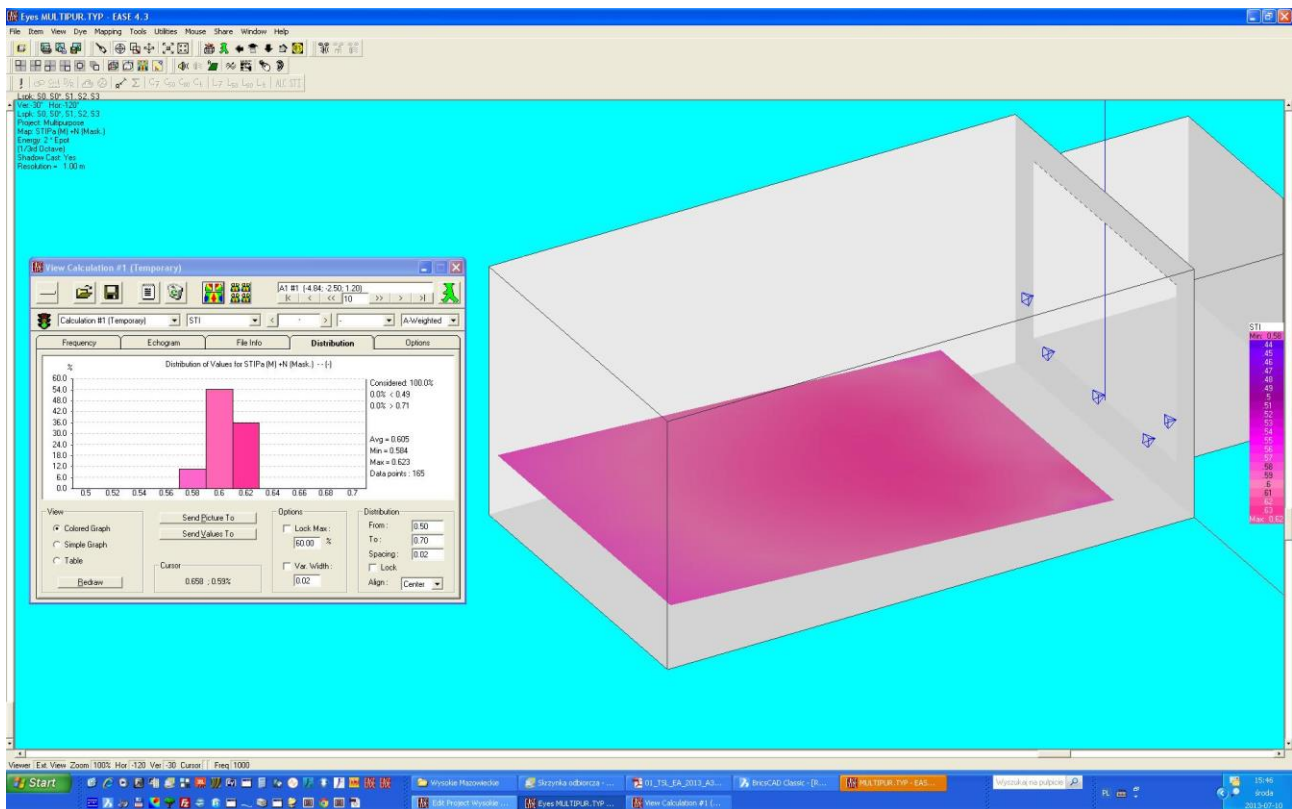
#### **16. Uwagi ogólne**

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.

Zaprojektowany system wraz z jego instalacją stanowi specjalistyczne urządzenie techniczne i wymaga od Wykonawcy właściwych kwalifikacji. Stąd należy zwrócić szczególną uwagę, aby powierzyć wykonawstwo firmie o potwierdzonym doświadczeniu, posiadającej poświadczone przez Użytkowników referencje z realizacji systemów wysokiej jakości. Nie wolno, w dobrze pojętym interesie Inwestora zawężać kryteriów doboru Wykonawców tylko do ceny oferty. Obok doświadczenia, referencji należy również uwzględnić czas fabrycznych gwarancji urządzeń, wynikający z ogólnie dostępnych deklaracji Producentów głównych urządzeń.

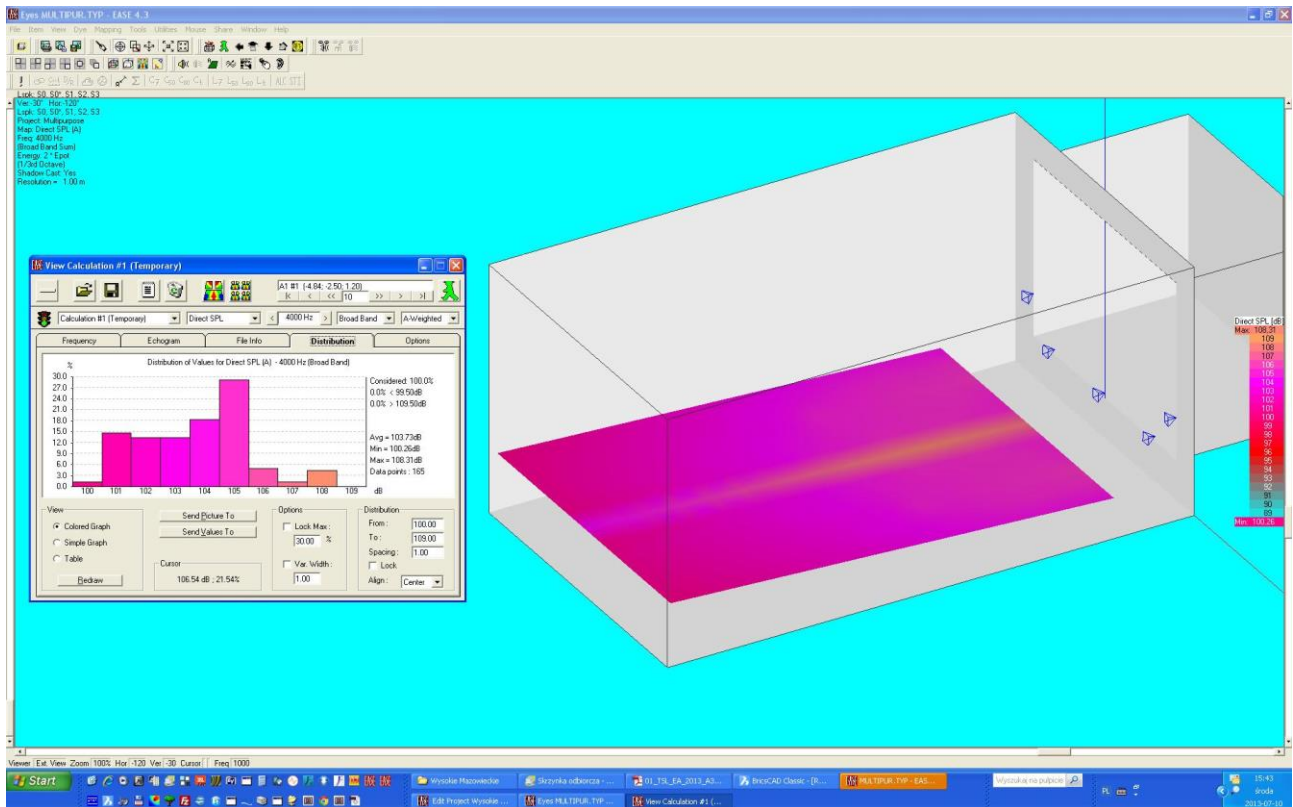
#### **17. Wyniki symulacji komputerowej systemu głośnikowego widowni**

Symulacja odbyła się w oparciu o program symulacyjny EASE 4.3.9.75. Do obliczeń zastosowano uproszczony model obiektu.

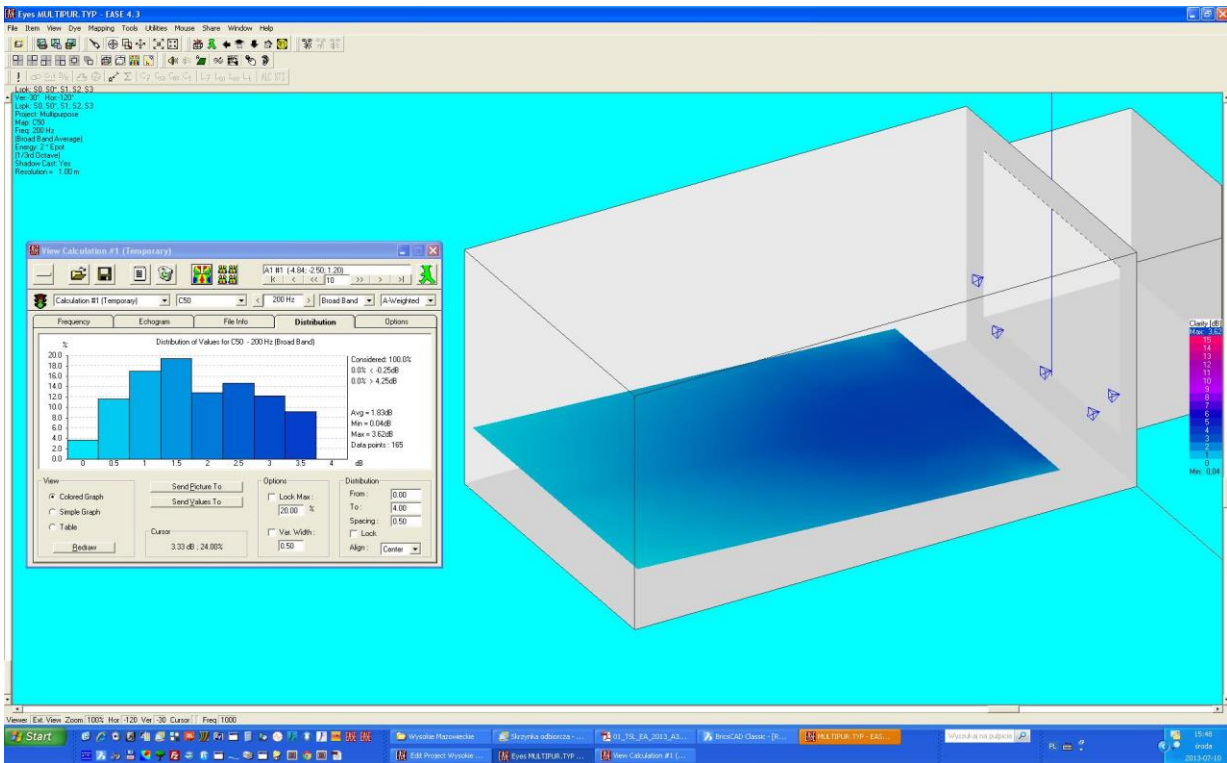


Ilustracja 1: Rozkład STIPa M + N (Mask) wraz z dystrybucją





Ilustracja 2: Rozkład SPL (A) w pełnym paśmie wraz z dystrybuantą



Ilustracja 4: Rozkład wskaźnika klarowności muzki C80 wraz z dwustrvbuaanta

Ilustracja 3: Rozkład wskaźnika wyrazistości mowy C50 wraz z dystrybuantą

