

**PROJEKT
SYSTEMY MULTIMEDIALNE
ADAPTACJA AKUSTYCZNA
MUZEUM REGIONALNE
W JAROCINIE**



Opracował:

Maciej Barański

Piotr Bielec

tel.510059578

nagrajto@gmail.com

p.bielec91@gmail.com

Spis treści

1.	<i>Wstęp</i>	3
2.	<i>Projekt Technologiczny</i>	3
3.	<i>Program Pomieszczenia – system el.ak. Sali Koncertowej</i>	3
4.	<i>Koordinacja systemów multimedialnych</i>	4
5.	<i>Elementy systemu nagłośnienia Sali Koncertowej</i>	4
6.	<i>Elementy studia nagraniowego MR w Jarocinie</i>	7
7.	<i>Elementy systemu realizacji wizji / transmisji internetowych wydarzeń MR w Jarocinie</i>	10
8.	<i>Elementy systemu oświetlenia scenicznego Sali Koncertowej</i>	11
9.	<i>Zasilanie systemu nagłośnienia</i>	12
10.	<i>Program Pomieszczenia – akustyka Sali Koncertowej</i>	13
11.	<i>Analiza akustyczna Sali Koncertowej i propozycja adaptacji akustycznej</i>	14
12.	<i>Wytyczne akustyczne dla pom. 301 oraz 304</i>	26
13.	<i>Analizy akustyczne – system elektroakustyczny Sali Koncertowej</i>	30
	<i>Spis załączników</i>	38

1. Wstęp

Niniejsza dokumentacja stanowi projekt technologiczny systemów multimedialnych Muzeum Regionalnego w Jarocinie oraz adaptacji akustycznej Sali Koncertowej. Systemy multimedialne mają pozwalać na realizowanie funkcji programowych związanych z organizacją imprez widowiskowych, transmisją wydarzeń live, przeprowadzaniem nagrań wielośladowych. Adaptacja akustyczna Sali Koncertowej ma zapewnić odpowiedni odbiór koncertów akustycznych jak i amplifikowanych.

2. Projekt Technologiczny

Projekt technologiczny zawiera informację o parametrach zastosowanych urządzeń, ustrojów akustycznych, sposobów ich połączeń / montażu oraz konfiguracji systemów multimedialnych. Złożona oferta powinna być całościowa wraz z gwarancją sprawności systemu oraz realizacją założeń akustycznych Sali Koncertowej

3. Program pomieszczenia – system elektroakustyczny Sali Koncertowej

Pod względem projektu elektroakustycznego program pomieszczenia zakłada wykorzystanie Sali Koncertowej do celów organizacji niewielkich koncertów oraz konferencji. W związku z tym konieczne jest zapewnienie potencjalnym odbiorcom wysokiego parametru zrozumiałości mowy STI oraz doskonałej jakości reprodukcji dźwięku.

Program pomieszczenia zostanie zrealizowany poprzez zainstalowany na stałe system elektroakustyczny składający się z podzespołów oraz instalacji dystrybucji sygnału. System zrealizuje program przy odpowiedniej zrozumiałości określanej wskaźnikiem zrozumiałości STI w rozumieniu następujących norm:

- PN-EN ISO 9921:2005 (U) Ergonomia – Ocena porozumiewania się mową
- PN-EN 60268-16:2005 urządzenia systemów elektroakustycznych – Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.

Wymagane jest, aby minimalna zrozumiałość w obiekcie była nie mniejsza niż 0,5 STI (50%)

4. Koordynacja systemów multimedialnych

Niniejszy projekt technologiczny wymaga koordynacji branżowej i ostatecznych uzgodnień dla realizacji i podczas realizacji w zakresie:

- poboru mocy urządzeń
- doprowadzenia zasilania dla urządzeń
- eliminacji ewentualnych konfliktów prowadzenia instalacji elektrycznej 230V a sygnałowej
- prowadzenia instalacji sygnałowej w strukturze budowlanej
- instalacji głośników w istniejącej strukturze budynku
- eliminacji ewentualnych konfliktów montażu gniazd DANTE oraz przełącznic światłowodowych systemu wizyjnego
- sposobu montażu oraz okablowania w ruinach kościoła pw. Św. Kazimierza
- układu szaf technicznych ST.1, ST.WIZ., ST.AUD. w wyznaczonych pomieszczeniach
- rozmieszczenia urządzeń studia realizacyjnego – pom. 301

5. Elementy systemu nagłośnienia Sali Koncertowej

System głośnikowy

Sala Koncertowa MR w Jarocinie z założenia będzie salą przeznaczoną do muzyki akustycznej / klasycznej, tak więc projektowany system nagłośnienia użytkowany będzie głównie jako dogłośnienie pewnych instrumentów, a także do reprodukcji mowy.

Z racji specyfiki wykorzystania Sali nagłośnienie realizowane będzie poprzez niewielkie, oferujące doskonałą jakość reprodukcji dźwięku, pasywne głośniki szerokopasmowe GS.1-2, o dyspersji kątowej H-120 stopni / V-60 stopni. Głośniki zasilone zostaną z 4 – kanałowego wzmacniacza WZM.1 dysponującego mocą 4x 1200W/8 Ohm. Instalacja GS.1-2 zostanie wykonana poprzez dedykowany uchwyt typu „U” do stropu antresoli zapewniając możliwość regulacji wertykalnej w zakresie nie mniejszym niż 60 stopni.

Dodatkowym komponentem systemu nagłośnienia Sali będzie podłączany mobilnie do złącza ściennego Z.SC., pasywny głośnik niskotonowy GN. Składa się on z jednego przetwornika 15”. Zasilanie GN. realizowane będzie także poprzez wzmacniacz WZM.1, w trybie „bridge” dla kanałów 3 oraz 4.

Dostarczone głośniki GS.1-2, GN. muszą być produktami tego samego producenta, a także tej samej linii seryjnej – dla zapewnienia odpowiedniej spójności brzmieniowej systemu dla powierzchni Sali.

Komponenty główne systemu nagłośnienia

W systemie nagłośnienia zainstalowana zostanie matryca sterująca z DSP. Urządzenie odpowiedzialne będzie za odpowiednią pracę zestawów głośnikowych – obsługiwać będzie podział pasma, zabezpieczenie głośników, routing sygnałów, konfigurację brzmieniową oraz konfigurację fazową. Rozszerzeniem matrycy będzie konwerter standardów sieci cyfrowej (K.S.C.) przetwarzający 256 kanałowy protokół własny matrycy na ogólnodostępny format DANTE. Dodatkowo do urządzenia poprzez DANTE podpięty zostanie odbiornik mikrofonów bezprzewodowych, analogowo – odtwarzacz CD/SD/MP3/USB, a także przyłącze XLR ściennie znajdujące się na ścianie Sali Koncertowej. Zarządzanie urządzeniem możliwe będzie dzięki sterownikowi ściennemu S.S. i/lub aplikacji dla tabletu Apple iPad (nie dostarczany przez wykonawcę) – umożliwi pracę systemu bez konieczności uruchamiania konsoli miksującej – sterownik posiadać będzie prosty mikser z głośnością mikrofonów, przyłącza XLR oraz odtwarzacza. Rozwiązanie to pozwoli na prowadzenie prostych konferencji itp. poprzez osoby nie posiadające większej wiedzy z zakresu realizacji dźwięku.

Kolejnym komponentem systemu nagłośnienia jest cyfrowy mikser dźwięku wraz z cyfrowym stagebox'em 16/8. Konsola umożliwi realizację koncertów oraz wszelkich wydarzeń odbywających się w Sali. Połączenie pomiędzy systemem głównym nagłośnienia, mikrofonami bezprzewodowymi (matrycą z DSP) a konsolą odbywać się będzie poprzez sieć cyfrową DANTE (wymiana kanałów we/wy). Połączenie pomiędzy mikserem cyfrowym a stagebox'em odbywać się będzie w standardzie sLink. Zarówno kanały audio sieci cyfrowej jak i sLink przesyłane będą poprzez przewód CAT6. Do systemu dostarczony zostanie komputer sterujący (MAC.2) umożliwiający rejestrację wielośladową poprzez protokół DANTE – kartę rozszerzeń konsoli.

Mikser cyfrowy wraz ze stagebox'em podłączanym na scenie umożliwi podpięcie 16 mikrofonów przewodowych oraz do 8 wyjść odsłuchowych – system posiadać będzie 2 monitory sceniczne aktywne dostarczone przez wykonawcę.

Złącza cyfrowej sieci audio DANTE, stagebox'a wyprowadzone zostaną przy scenie mobilnej oraz na poziomie widowni sali. Krosowanie sygnałów z podanych lokalizacji możliwe będzie poprzez panel krosowniczy P.KR. znajdujący się w szafie ST.1

Szafa rack ST.1 – pomieszczenie nr 124

Szafa rack ST.1 zostanie zainstalowana w pomieszczeniu 124 – dokładne miejsce montażu pozostaje do ustalenia z zamawiającym. Dobranie odpowiedniego miejsca montażu powinno gwarantować swobodny dostęp dla osób obsługujących system nagłośnienia. W szafie rack ST.1 zostaną zainstalowane:

- Matryca sterująca z DSP
- Konwerter standardów sieci cyfrowej K.S.C.
- Spliter sygnałów DMX SP.DMX.
- Odtwarzacz płyt CD/MP3/SD/USB
- Panel krosowniczy P.KR
- Switch PoE S.POE.1
- Odbiornik zestawów bezprzewodowych systemów mikrofonowych
- Moduł zasilania Z.32A

Szafa ST.1 jest miejscem od którego prowadzone są wszelkie linie zasilania głośników, przewody sygnałowe do przyłączy ściennych Z.SL., Z.SC., sterownika S.S., oraz przewody do anten ANT.1-2 systemów bezprzewodowych. Switch S.POE.1 znajdujący się w ST.1 wymaga połączenia z S.POE.2 znajdującym się w szafie technicznej ST.AUD. poprzez jedno modowy przewód światłowodowy.

Mikrofony

W systemie nagłośnienia zainstalowany zostanie zestaw mikrofonów bezprzewodowych umożliwiających prowadzenie różnego typu wydarzeń odbywających się Sali Koncertowej. W skład zestawu wchodzi:

- 1 podwójny odbiornik systemu bezprzewodowego
- 2 nadajniki do ręki systemu bezprzewodowego

W związku ze znacznymi odległościami odbiorników bezprzewodowych w stosunku do nadajnika zainstalowany zostanie także zestaw anten szerokopasmowych składający się z zestawu montażowego oraz dookólnych pasywnych modułów ANT.1 oraz ANT.2.. Anteny zostaną zainstalowane na ścianie bocznej sali.

Sala koncertowa posiadała będzie wspólny zestaw mikrofonów przewodowych – współdzielony ze studiem nagraniowym – patrz zestawienie studia nagraniowego.

6. Elementy studia nagraniowego MR w Jarocinie

Główne założenia systemu rejestracji DANTE

Budynek MR w Jarocinie zostanie wyposażony w „rozproszone studio nagraniowe” składające się z cyfrowej sieci dystrybucji sygnałów DANTE, pomieszczenia – reżyserki, a także dwóch mobilnych szaf technicznych zawierających przedwzmacniacze mikrofonowe.

Siecią DANTE budynku zarządzać będą 2 przełączniki sieciowe S.POE.1 oraz S.POE.2 znajdujące się w szafach technicznych ST.1, ST.AUD., połączone magistralą światłowodową. Instalacja zakłada możliwość dowolnego podpięcia do przełączników jednej z dwóch (lub też dwóch jednocześnie) mobilnych szaf technicznych zawierających przedwzmacniacze mikrofonowe – w dowolnym pomieszczeniu: Salach dydaktycznych MR, Sali Koncertowej oraz wybranych pomieszczeniach wystawowych budynku, umożliwiając rejestrację do 24 kanałów audio obsługując jednocześnie 16 sygnałów odsłuchowych.

Sieć DANTE budynku pracować będzie w standardzie TCP/IP w trybie redundantnym poprzez dwa przyłącza RJ45 w każdej lokalizacji. Przyłącza sal zostaną podłączone poprzez przewód FTP CAT6 do panelu krosowniczego P.KR znajdującego się w szafie technicznej ST.AUD. w reżyserce.

Dodatkowymi komponentami pracującymi w sieci DANTE będą: cyfrowy mikser dźwięku, odbiornik mikrofonów bezprzewodowych oraz system nagłośnienia Sali Koncertowej – możliwa będzie integracja kanałów audio z tych urządzeń z systemem sieci cyfrowej całego budynku.

Szafy techniczne mobilne systemu rejestracji

Rozproszony system rejestracji posiadał będzie 2 mobilne szafy techniczne podpinane lokalnie w wielu lokalizacjach, składające się z następujących urządzeń:

Szafa nr 1

- 2 przedwzmacniacze mikrofonowych PRE.MIK (łącznie 16 preampów);
- konwertera standardów sieci cyfrowej K.S.C.;
- 1 modułu odsłuchu personalnego M.P.;
- switcha sieciowego 8 portowego S.8P;

Szafa nr 2

- przedwzmacniacza mikrofonowego PRE.MIK (8 preampów).

Szafy umożliwiać będą podpięcie 16 mikrofonów oraz połączenie do sieci cyfrowej (DANTE).

Dodatkowym wyposażeniem będą 16 kanałowe moduły odsłuchu personalnego umożliwiające wykreowanie przez nagrywającą osobę własnego miksu odsłuchowego. Implementacja kanałów do odsłuchu możliwa będzie także z poziomu sieci DANTE. Moduły umożliwiać będą łączenie w topologii łańcucha (od-do). Dodatkowo system odsłuchu studyjnego zostanie rozszerzony o 8 kanałowy wzmacniacz słuchawkowy, wraz z 2 kanałowym konwerterem DANTE / analog, w celu rozszerzenia kanałów odsłuchowych wykorzystywanych w wypadku rejestracji większych składów wykonawczych.

Reżyserka Studia Nagraniowego

Reżyserka studia nagraniowego ulokowana zostanie w pomieszczeniu numer 301. Urządzenia systemu rejestracji audio zostaną zainstalowane w szafie technicznej ST.AUD. Komponentem kluczowym dla działania całego systemu będzie Interfejs Komunikacyjny Systemu Rejestracji DANTE IKSR – posiadał on będzie złącza w standardzie sieci cyfrowej DANTE oraz port Thunderbolt / USB-C zapewniający komunikację z komputerem MAC.1.

System rejestracji pracował będzie w oparciu o oprogramowanie AVID ProTools umożliwiając jednoczesną rejestrację do 32 kanałów audio. Źródłem rejestracji systemu będą podłączane w wielu lokalizacjach wspomniane mobilne szafy techniczne rack zawierające przedwzmacniacze mikrofonowe, kanały audio z cyfrowego miksera dźwięku oraz zainstalowane na Sali Koncertowej mikrofony bezprzewodowe. Komutacja przyłączy DANTE możliwa będzie poprzez panele krosownicze P.KR znajdujące się w szafie technicznej ST.AUD.

Interfejs komunikacyjny IKSR zostanie także połączony poprzez analogowe wyjścia audio z systemem rejestracji wideo – mikserem wizyjnym MIX.WIZ. – zapewniając dźwięk dla transmisji internetowych live. Miks wielośladowy kanałów audio dla potrzeb transmisji tworzony będzie w oparciu o oprogramowanie AVID ProTools – w domenie cyfrowej.

Komunikacja złącz DANTE z odległych lokalizacji (ruiny kościoła, złącze zewnętrzne budynku) realizowana będzie poprzez złącza światłowodowe oraz konwertery światłowodowe do standardu FTP CAT6 znajdujące się w szafie technicznej ST.WIZ. – szafa techniczna ST.WIZ połączona zostanie przewodami FTP CAT6 z szafą ST.AUD. w której możliwa będzie dalsza komutacja konwertowanych sygnałów DANTE poprzez przełącznik sieciowy S.POE.2.

Pomieszczenie reżyserki zostanie dodatkowo wyposażone w studyjne monitory odsłuchowe bliskiego pola MON.1-2 zarządzane poprzez kontroler monitorów MON.CTRL.

umożliwiający dodatkowo komunikację zwrotną „TalkBack” poprzez wbudowany mikrofon, z systemem odsłuchu personalnego (miksery personalne M.P., podłączane do mobilnych szaf technicznych). System odsłuchu zostanie podłączony poprzez analogowe wyjścia audio do Interfejsu systemu rejestracji IKSR.

IKSR umożliwił będzie także nagranie 4 analogowych kanałów audio lokalnie w pomieszczeniu reżyserki. Urządzenie przygotowane będzie do rozbudowy oprogramowania studia w wersji AVID ProTools HD – poprzez wbudowane porty komunikacji dla kart HDX.

Wyposażenie mikrofonowe studia nagraniowego

Studio nagrań MR w Jarocinie zostanie wyposażone w zestaw mikrofonów spełniający wymogi rejestracji klasycznych oraz rozrywkowych składów instrumentalnych. Zestaw współdzielony będzie z systemem nagłośnienia Sali Koncertowej umożliwiając realizację różnego rodzaju przedsięwzięć nagraniowych jak i koncertowych.

W skład zestawu wchodzi:

- Zestaw legendarnych, wielkomembranowych, pojemnościowych mikrofonów, parowanych, o zmiennej charakterystyce kierunkowości, stanowiących ogólnie przyjęty standard w rejestracji składów klasycznych (zestaw typ B);
- Trzy zestawy pojemnościowych mikrofonów małomembranowych, parowanych, o charakterystyce kardioidalnej (zestaw typ A).

Zestawy A oraz B muszą być tego samego producenta.

- Zestaw mikrofonów do perkusji składający się z: mikrofonu do wielkiego bębna oraz trzech mikrofonów do tom’ów perkusyjnych;
- Dwa mikrofony dynamiczne, instrumentalne, o charakterystyce kardioidalnej;
- Dwa mikrofony dynamiczne, wokalne, o charakterystyce superkardioidalnej;
- Jeden mikrofon pojemnościowy, wokalny, o charakterystyce superkardioidalnej, umożliwiający rejestrację wokali o charakterze klasycznym;
- Cztery mikrofony instrumentalne, pojemnościowe, o charakterystyce kardioidalnej, posiadające uchwyt typu klips umożliwiający montaż do wszelkich instrumentów dętych oraz smyczkowych;
- Jeden mikrofon wstęgowy.

Powyższy zestaw gwarantuje wszechstronność oraz wielozadaniowość zarówno studia nagraniowego jak i Sali koncertowej.

7. Elementy systemu realizacji wizji / transmisji internetowych wydarzeń MR w Jarocinie

Główne założenia systemu realizacji wizji

Budynek Muzeum Regionalnego posiadał będzie system realizacji wizji składający się z zestawu kamer automatycznych oraz miksera wizyjnego. Dzięki zastosowaniu urządzenia miksującego obraz łączącego funkcje streamera sieciowego możliwa będzie transmisja wydarzeń odbywających się w budynku poprzez popularne portale wideo takie jak np. youtube.com oraz na stronach internetowych MR. Dodatkowo system umożliwił będzie transmisję wydarzeń z ruin Kościoła pw. Św. Jerzego.

Kamery automatyczne systemu wizyjnego

Budynek wyposażony zostanie w 2 kamery automatyczne o rozdzielczości full HD pracujące w standardzie HD-SDI – posiadające pełną zdalną regulację w zakresie położenia pan/tilt, focus oraz zoom. Łączenie kamer z mikserem wizyjnym, a także sterownikiem możliwe będzie poprzez przyłącza światłowodowe + RJ45 dostępne w pomieszczeniach MR. Sygnał wideo HD-SDI przesyłany za pośrednictwem światłowodu konwertowany będzie poprzez konwertery SDI – Optical do standardu SDI co umożliwi odbiór sygnału poprzez mikser wizyjny MIX.WIZ znajdujący się w szafie technicznej ST.WIZ w pomieszczeniu reżyserki audio/wideo. Krosowanie sygnałów wizyjnych z poszczególnych pomieszczeń umożliwi przełącznica światłowodowa znajdująca się w szafie technicznej ST.WIZ. Sygnał sterujący kamerami przesyłany będzie przewodem UTP CAT6 w standardzie RS422 – krosowanie sygnałów sterujących także odbywać się będzie w szafie technicznej ST.WIZ poprzez panel krosowniczy P.KR. Regulację parametrów kamer umożliwi sterownik CAM.CTRL. zainstalowany w pomieszczeniu reżyserki.

Mikser wizyjny systemu realizacji wizji

Głównym komponentem systemu wizyjnego będzie mikser wizyjny składający się z dedykowanego komputera MIX.WIZ. posiadającego wejścia HD-SDI, wyjścia HD-SDI/HDMI oraz sterownika S.K.WIZ. System umożliwił będzie realizację obrazu live połączoną ze strumieniowaniem do Internetu w wykorzystaniu kodera H.264. Dodatkowo urządzenie wyposażone będzie szyny odtwarzające (2), szyny efektowe (2) umożliwiające kreatywną realizację wizyjną, a także mikser audio scalający dźwięk z sygnałem SDI. Sterownik dedykowany do miksera wyposażony będzie w przyciski oraz kontrolery w pełni odzwierciedlające panel główny oprogramowania zaimplementowanego w urządzeniu.

Dedykowany komputer umożliwił będzie niezależną rejestrację obrazu z 2 kamer automatycznych oraz szyny programowej na wbudowanych dyskach twardych.

8. Elementy systemu oświetlenia scenicznego Sali Koncertowej

Główne komponenty systemu oświetlenia

Sala koncertowa MR w Jarocinie zostanie wyposażona w system oświetlenia scenicznego spełniający wymogi niewielkich koncertów klasycznych, konferencji oraz realizacji wizyjnych. Zestaw urządzeń oświetleniowych składał się będzie z następujących źródeł światła:

- czterech reflektorów teatralnych LED o barwie światła 3200K
- czterech reflektorów LED RGBW
- dwóch głowic ruchomych typu spot LED

Sterownikiem systemu będzie kontroler DMX posiadający 10 tłumików oraz 10 przycisków, podłączany do komputera (MAC.2) poprzez port USB, zawierający w zestawie dedykowane oprogramowanie umożliwiające kreatywną realizację oświetlenia Sali.

Rozmieszczenie komponentów systemu oświetlenia

Urządzenia oświetleniowe – reflektory teatralne oraz głowice ruchome zostaną zainstalowane w Sali koncertowej na ścianach przy wykorzystaniu pionowych masztów oświetleniowych M.LT.1-3. Do tych punktów należy doprowadzić zasilanie 230V z rozdzielni głównej budynku oraz przewody sygnałowe DMX z szafy technicznej ST.1. Reflektory LED RGBW zainstalowane zostaną na tylnej ściennie sceny, poniżej „zadaszenia” akustycznego. Do reflektorów należy także doprowadzić zasilanie z rozdzielni głównej oraz przewody DMX z szafy ST.1. W szafie technicznej (ST.1) zainstalowany zostanie aktywny splitter DMX SP.DMX łączący punkty oświetleniowe oraz sterownik główny – dla którego przyłącze wyprowadzone zostanie na ścianie Sali koncertowej – Z.SL.

9. Zasilanie systemu nagłośnienia

Podział zasilania dla systemów multimedialnych realizowany jest poprzez moduły zasilania znajdujące się w szafach technicznych ST.1, ST.AUD., ST.WIZ. w pomieszczeniu 124 (ST.1) oraz 301 (ST.AUD., ST.WIZ). Do tych miejsc należy doprowadzić przewody zasilające o przekroju adekwatnym do poboru mocy z rozdzielni głównej budynku z zabezpieczeniem o charakterystyce „C”. Zasilania wszystkich komponentów systemu, tj. nagłośnienia, urządzeń peryferyjnych w szafach rack, doprowadzone zostanie z własnego modułu zasilania.

Dodatkowo w miejscu montażu przyłączy FB.K.W, FB.K.Z, Z.SL., Z.SC., przyłączy DANTE (przyłącza światłowodowe kamer, przyłącza Sali koncertowej, porty sieciowe DANTE) zainstalowane zostaną 2 gniazda Schuko dla urządzeń peryferyjnych – należy wykonać dla nich zasilanie z tego samego punktu w rozdzielni głównej z którego zasilane są moduły zasilania w szafach rack ST.1, ST.AUD., ST.WIZ.

Dla urządzeń oświetlenia należy doprowadzić zasilanie z rozdzielni głównej budynku do masztów oświetleniowych M.LT o przekroju adekwatnym do poboru zasilania. Szczegółowy wykaz gniazd oraz obwodów zawarty został w poniższej tabeli.

Urządzenia nagłośnienia Sali koncertowej / systemów multimedialnych wymagają własnego, niezależnego uziomu w postaci bednarki wprowadzonej do gruntu w znacznej odległości (ok. 50m) od uziomu reszty instalacji elektrycznej, nie będący w jakikolwiek sposób podłączony do jakichkolwiek urządzeń znajdujących się w budynku. Doprowadzenie uziomu - do szaf rack ST.1, ST.AUD., ST.WIZ.

Tabela poboru zasilania systemu nagłośnienia

L.p.	Oznaczenie w projekcie	Opis urządzenia	Liczba obwodów	Liczba gniazdek	Łączna moc urządzeń	BTU/h
1	ST.1	Szafa rack 32U, głośniki Sali Koncertowej, urządzenia peryferyjne	2	2x PCE-113-6	9500W	1000

2	ST.AUD.	Szafa rack 15U, urządzenia systemu rejestracji	1	1x Schukko	500W	500
3	ST.WIZ	Szafa rack 18U, Urządzenia systemu realizacji wizji	1	1x Schukko	500W	500
4	M.LT.1	Urządzenia oświetleniowe	1	3x Schukko	600W	_____
5	M.LT.2	Urządzenia oświetleniowe	1	3x Schukko	600W	_____
6	M.LT.3	Urządzenia oświetleniowe	1	3x Schukko	600W	_____
7	Reflektory LED RGBW	Urządzenia oświetleniowe	1	4x Schukko	300W	_____
8	FB.K.W.1-12, FB.K.Z.1-2, Z.SL., Z.SC., Przłącza DANTE	Urządzenia peryferyjne	3	2x Schukko / na każdy punkt	200W / na każdy punkt	_____

UWAGA: Należy kontrolować kolizje przewodów sygnałowych z przewodami zasilania do innych urządzeń.

10. Program pomieszczenia – akustyka Sali Koncertowej

Projekt koncepcyjny adaptacji akustycznej Sali Koncertowej zakłada dostosowanie pomieszczenia dla potrzeb odbywających się tam przedsięwzięć – tj. koncertów akustycznych oraz tych z wykorzystaniem systemu elektroakustycznego. Celem projektu jest zaproponowanie rozwiązań akustycznych zapewniających właściwy komfort odsłuchu na całym obszarze „widowni”. Kluczowym zagadnieniem jest tutaj dostosowanie czasu pogłosu pomieszczenia – z uwagi na charakter obiektu i wydarzeń artystycznych jakie będą się w nim

odbywać (koncerty muzyki klasycznej i kameralnej) przyjęto za cel osiągnięcie średniego czasu pogłosu (rozumianego według parametru T30) w zakresie 1,4- 1,8s. Przy doborze rozwiązań kierowano się również względami kompatybilności z projektem elektroakustycznym (umiejscowienie zestawów głośnikowych), wzięto także pod uwagę kwestie estetyki oraz ograniczone możliwości zagospodarowania przestrzeni sali.

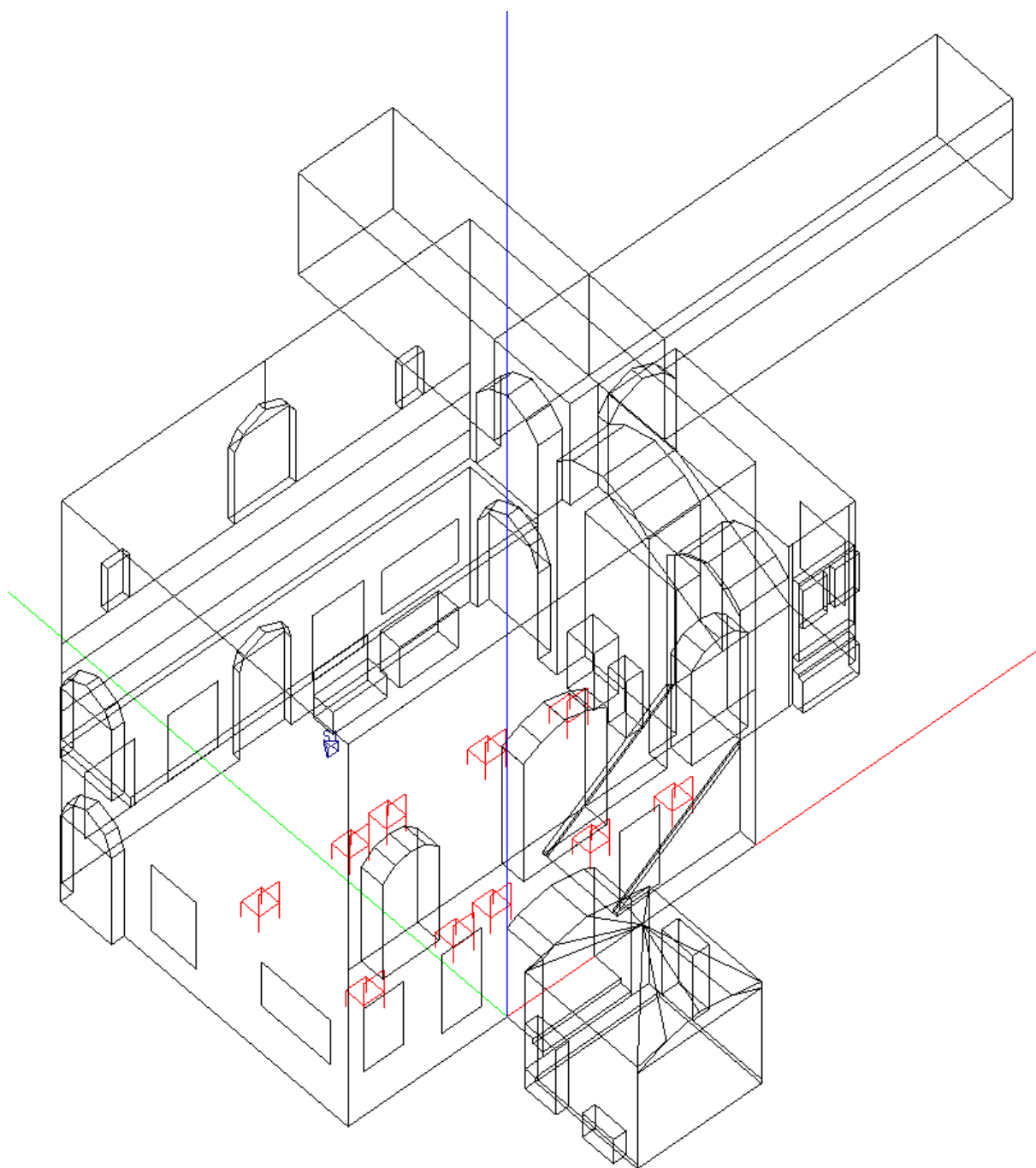
11. Analiza akustyczna Sali Koncertowej i propozycja adaptacji akustycznej

Pomiary akustyczne i model komputerowy pomieszczenia

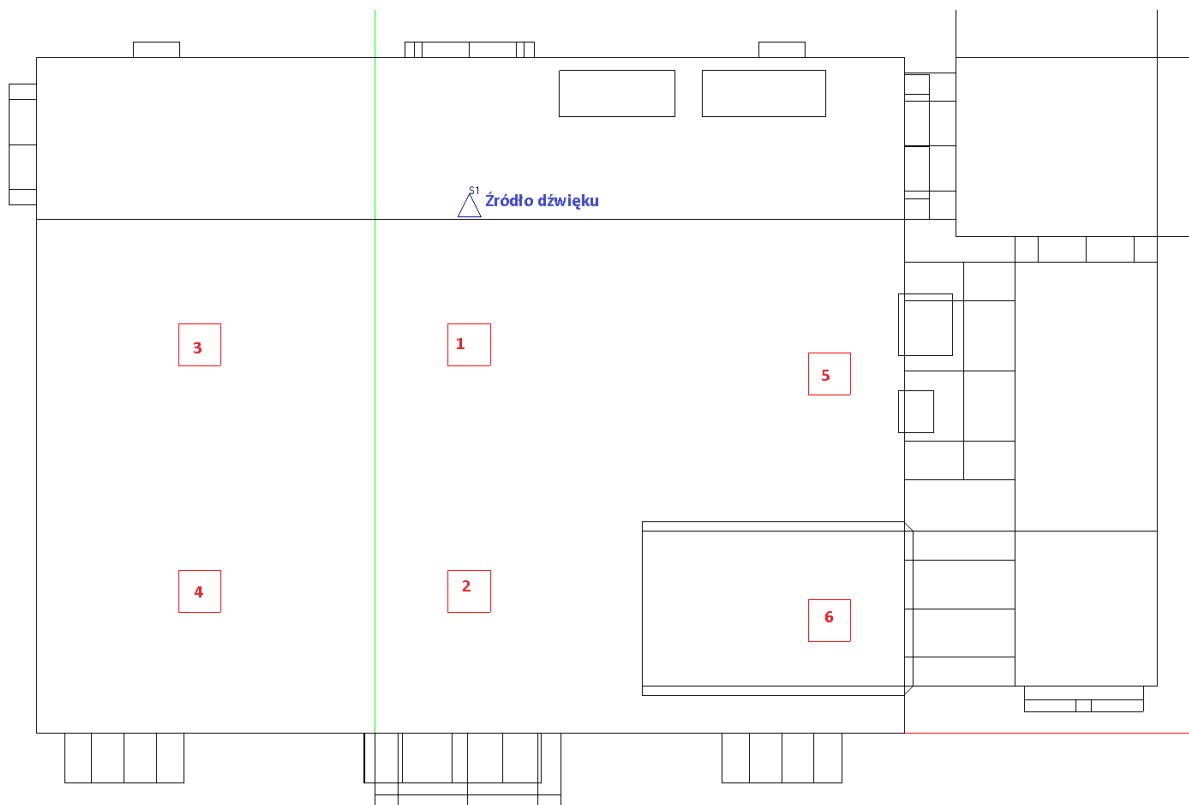
Na podstawie rysunków architektonicznych obiektu oraz pomiarów geometrii utworzono trójwymiarowy model pomieszczenia w programie AFMG EASE (wersja 4.3.9.75). W modelu, oprócz geometrii pomieszczenia uwzględniono informacje o szacunkowych współczynnikach pochłaniania dla poszczególnych płaszczyzn z odpowiadającymi im materiałami obecnymi w Sali Koncertowej.

Po skonstruowaniu modelu dokonano pomiarów akustycznych w budynku z wykorzystaniem wszechkierunkowych, impulsowych źródeł dźwięku oraz mikrofonów pomiarowych o dookólnej charakterystyce kierunkowej. Pomiary te wykonano dla sześciu punktów w sali – dostarczyły one informacji na temat czasu pogłosu w sali koncertowej w stanie obecnym.

Dane uzyskane z pomiarów wykorzystano do dopracowania modelu pomieszczenia w programie EASE – na ich podstawie uaktualniono model, zmieniając współczynniki pochłaniania powierzchni, tak by symulowane warunki akustyczne pomieszczenia odpowiadały w jak największym stopniu realnej sytuacji. Poniżej przedstawiono bryłę modelu obiektu będącą dokładnym odwzorowaniem sytuacji zastanej w czasie pomiarów, a także widok z rozmieszczeniem punktów pomiarowych i lokalizacją źródła.

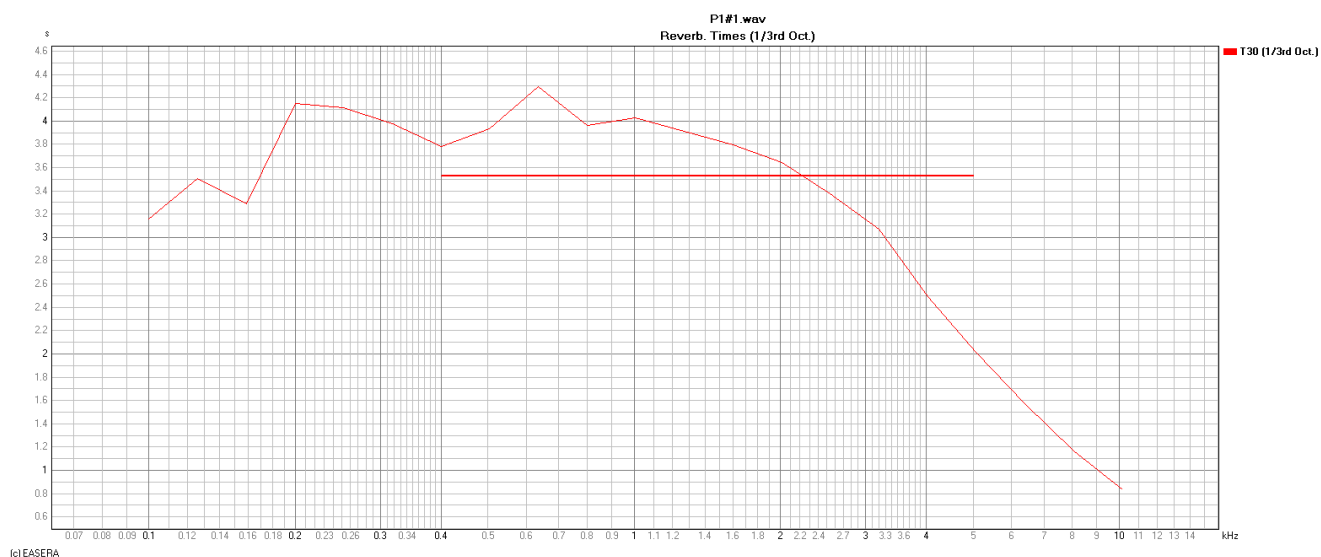


Rys. 11.1. Model sali w programie EASE – odwzorowanie stanu sali podczas wykonanych pomiarów akustycznych.

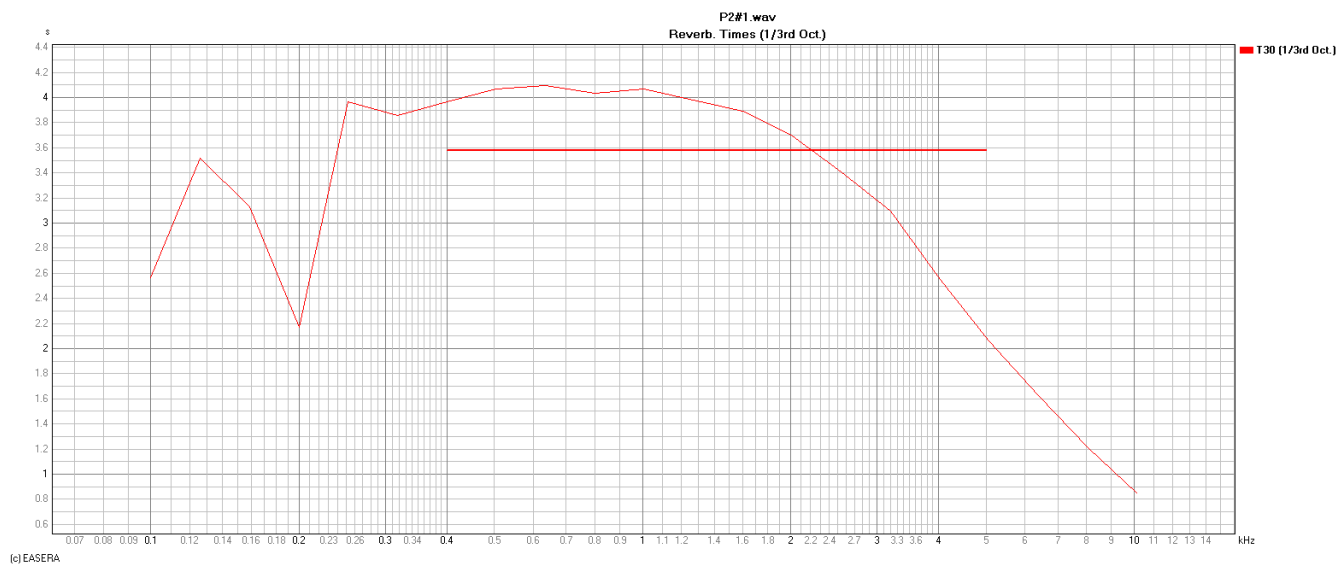


Rys. 11.2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych.

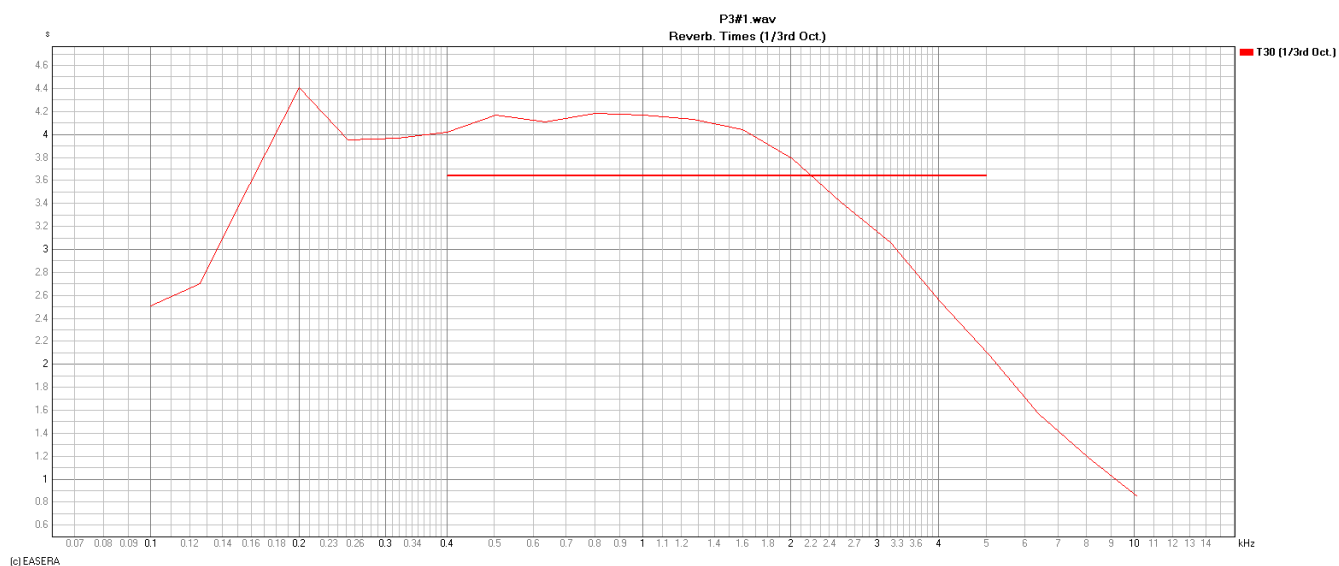
Zamieszczono również wykresy dla wyników czasu pogłosu T_{30} w pasmach tercjowych uzyskane w wyniku wykonanych pomiarów akustycznych dla wspomnianych sześciu punktów pomiarowych – analizę przeprowadzono przy pomocy oprogramowania AFMG EASERA.



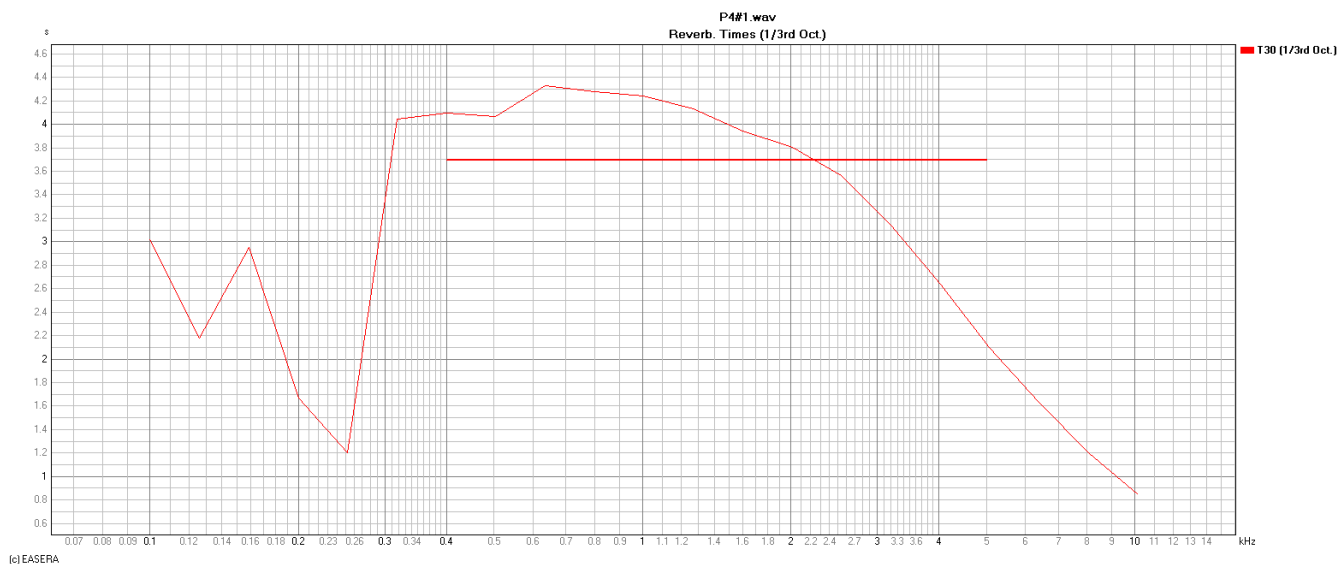
Rys. 11.3. Wyniki zmierzonego czasu pogłosu T_{30} w pasmach tercjowych w punkcie 1 [w sekundach].



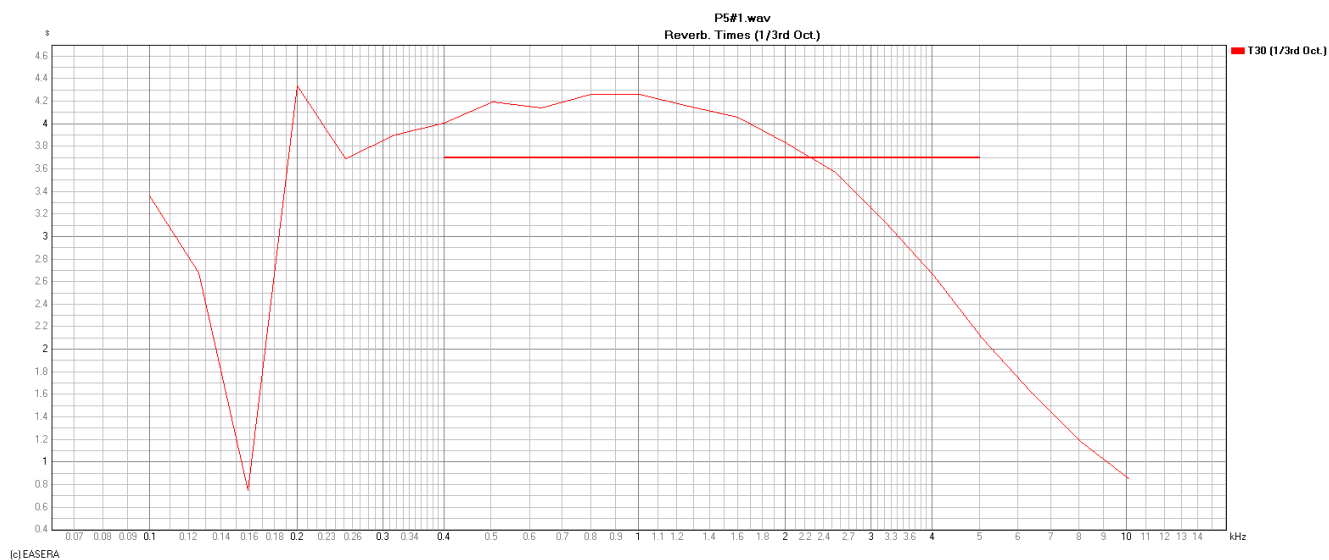
Rys. 11.4. Wyniki zmierzonego czasu pogłosu T30 w pasmach tercjowych w punkcie 2 [w sekundach].



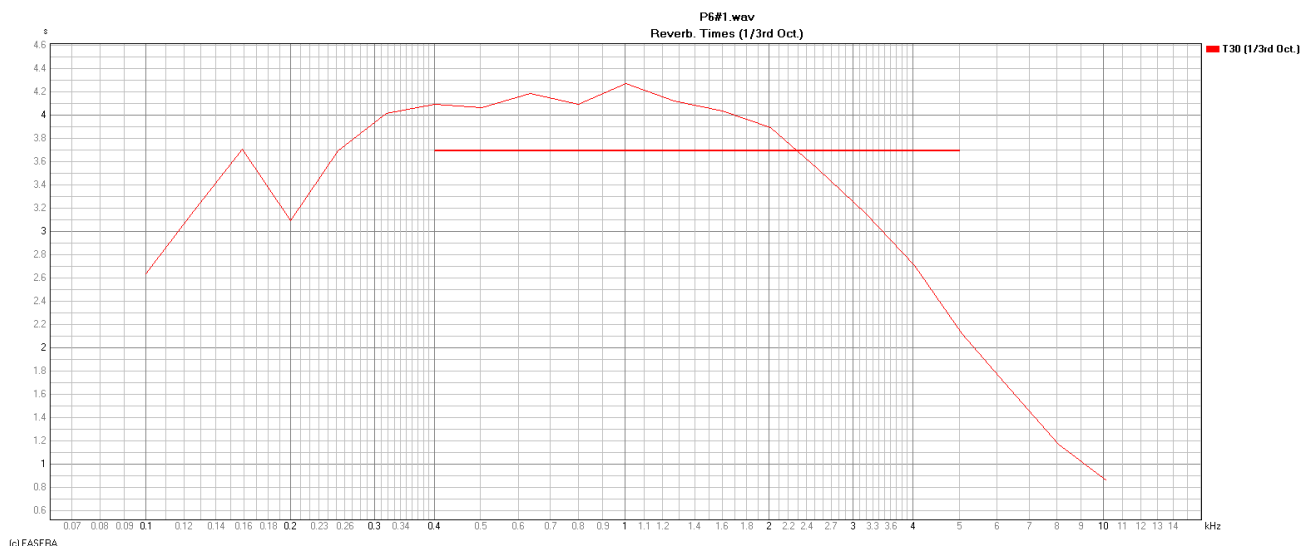
Rys. 11.5. Wyniki zmierzonego czasu pogłosu T30 w pasmach tercjowych w punkcie 3 [w sekundach].



Rys. 11.6. Wyniki zmierzonego czasu pogłosu T30 w pasmach tercjowych w punkcie 4 [w sekundach].



Rys. 11.7. Wyniki zmierzonego czasu pogłosu T30 w pasmach tercjowych w punkcie 5 [w sekundach].

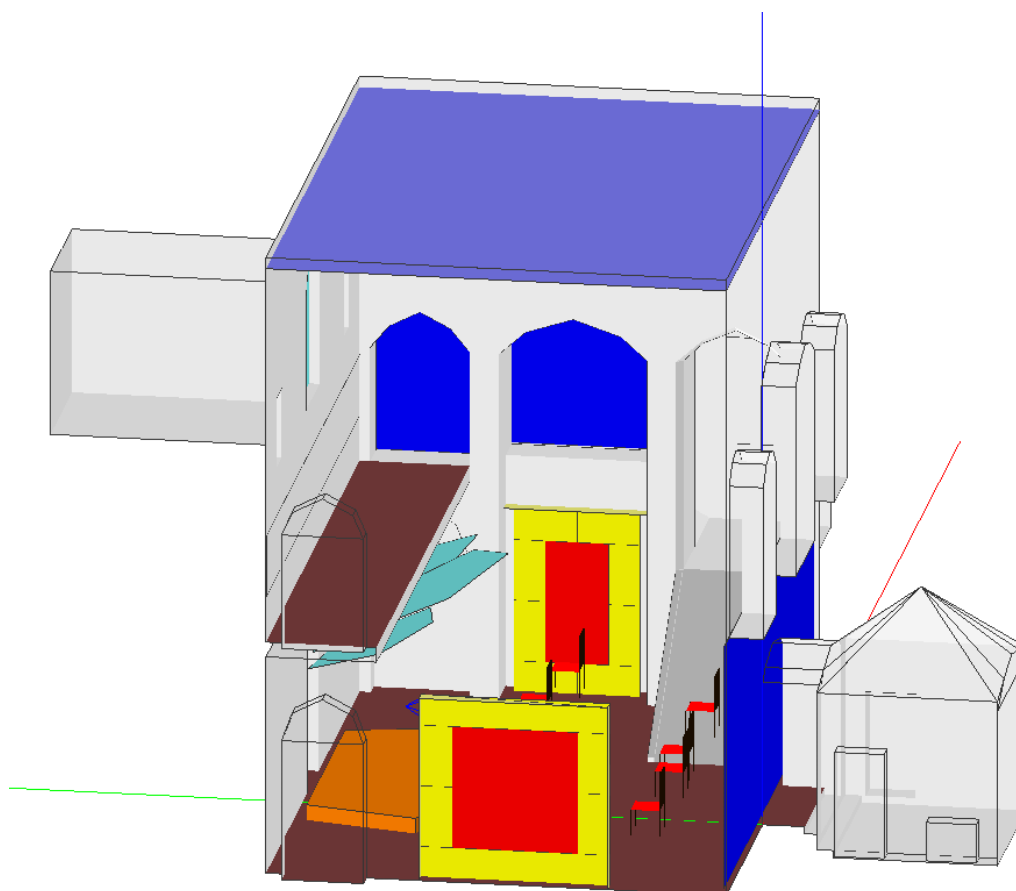


Rys. 11.8. Wyniki zmierzonego czasu pogłosu T30 w pasmach tercjowych w punkcie 6 [w sekundach].

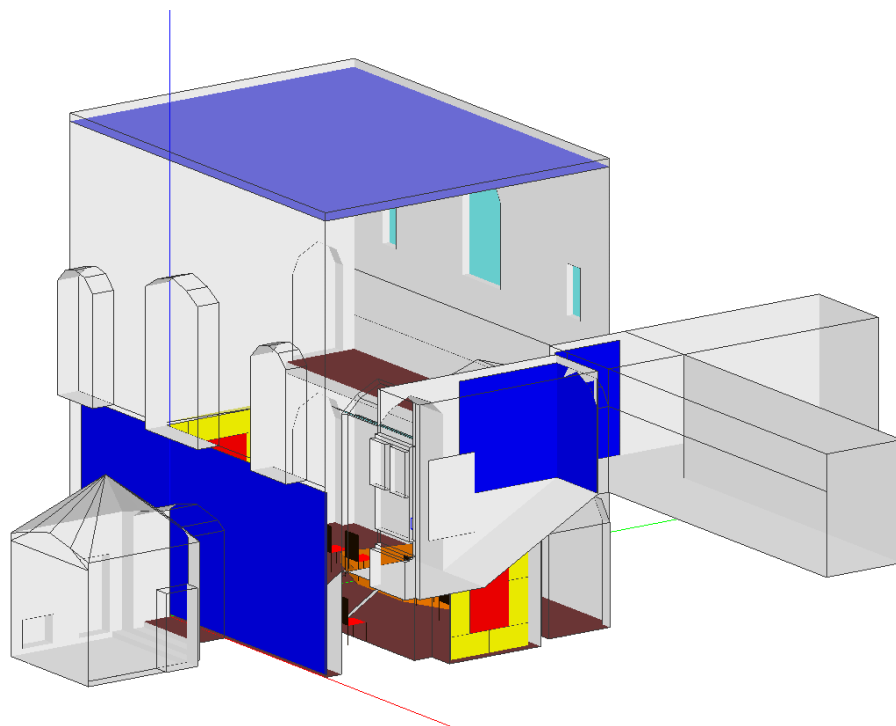
Średni czas pogłosu pomieszczenia (liczony wg T30) wynosi ok. 3,5 sekundy – jest to zdecydowanie zbyt duża wartość jak dla pomieszczenia, w którym mają się odbywać koncerty. Ponadto w sali istnieją również obecnie zjawiska akustyczne mogące pogorszyć jakość odsłuchu i komfort akustyczny słuchaczy – np. z uwagi na dużą wysokość pomieszczenia i wykończenie ścian materiałami silnie odbijającymi fale dźwiękowe występuje wrażenie dochodzenia większości dźwięku pogłosowego z góry pomieszczenia. Ponadto przestrzeń sali jest połączona z korytarzami na piętrze i pomieszczeniami za antresolą co wydłuża czas pogłosu i w przypadku koncertów mogłoby powodować dyskomfort w odsłuchu spowodowany docieraniem dźwięku pogłosowego z głębi budynku. Ponadto przewidziane miejsce na podest sceniczny znajduje się pod antresolą, której strop jest równoległy do podłogi co może powodować powstawanie podczas koncertów fal stojących i efektu echa trzepoczącego (*flutter echo*). W akapicie poniżej przedstawiono zaproponowane rozwiązania mające na celu optymalizację czasu pogłosu do założonych wartości oraz wyeliminowanie wad akustycznych mogących występować w pomieszczeniu.

Proponowane rozwiązania adaptacji akustycznej

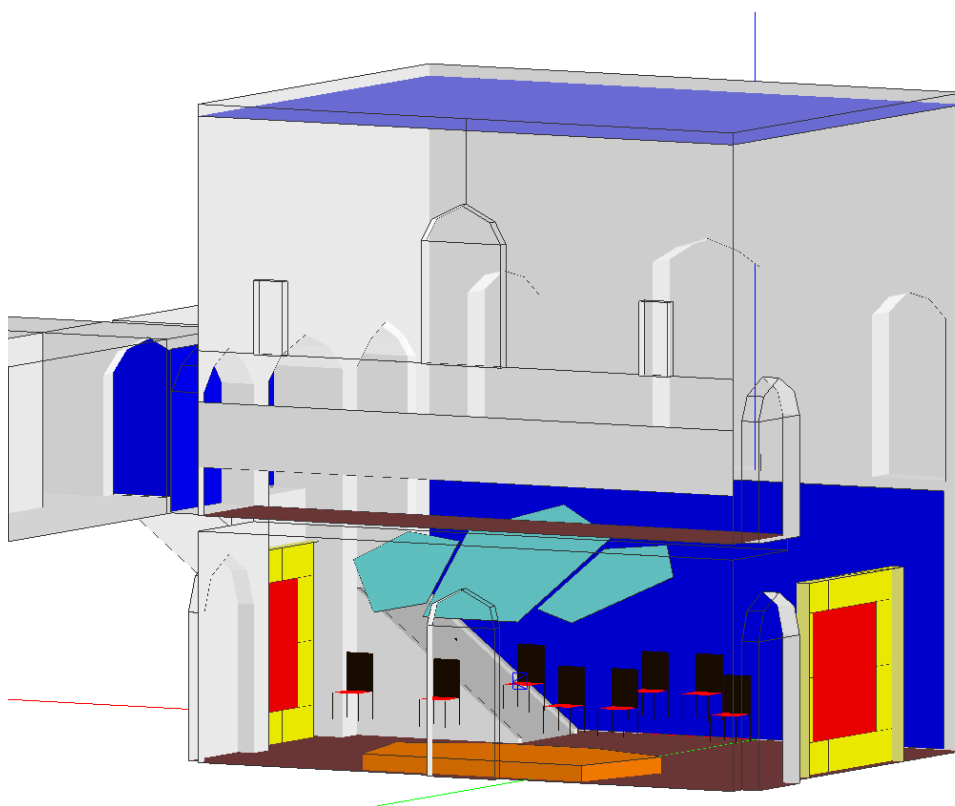
W dalszej kolejności, z wykorzystaniem dopracowanego modelu wykonano szereg symulacji, na podstawie których dobrano rozwiązania adaptacji akustycznej sali. Poniżej bryła modelu z zaznaczonymi na odpowiednie kolory elementami. Dokładne umiejscowienie ustrojów zostało zaznaczone na załączonym do dokumentacji rysunku architektonicznym w formacie .dwg. Dokładny opis ustrojów zawierający dane na temat ich wymiarów i właściwości akustycznych zawarty jest w spisie elementów dla tej części projektu.



Rys. 11.9. Model pomieszczenia wraz z zaznaczonymi rozwiązaniami adaptacji akustycznej –
widok 1.



Rys. 11.10. Model pomieszczenia wraz z zaznaczonymi rozwiązaniami adaptacji akustycznej –
widok 2.



Rys. 11.11. Model pomieszczenia wraz z zaznaczonymi rozwiązaniami adaptacji akustycznej –
widok 3.

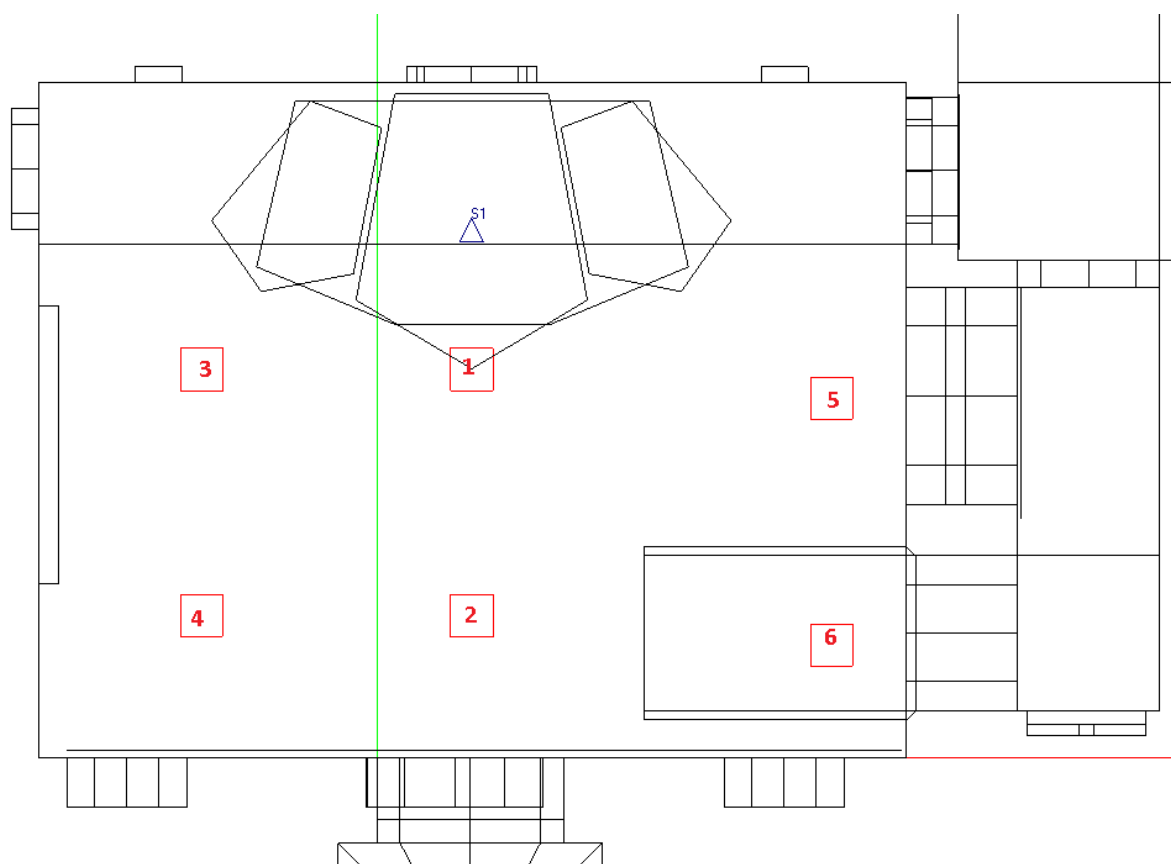
Projekt adaptacji akustycznej zakłada zastosowanie następujących rozwiązań:

- **Kotary akustyczne (ozn. AA.KA)** o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku (kolor granatowy) - zakłada się umieszczenie kotar na tylnej ścianie sali, aby uniknąć niekorzystnych zjawisk akustycznych związanych z odbiciem od tejże ściany, pozostałe kotary umieszczone we wnękach przy schodach i wejściu na antresolę mają za zadanie odizolować akustycznie pomieszczenie od korytarzy na piętrze. Rozwiązanie to pozwoli na znaczne obniżenie czasu pogłosu pomieszczenia, szczególnie w zakresie średnich i wysokich częstotliwości.
- **Panele perforowane (ozn. AA.PP)** (kolor żółty) – zastosowanie akustycznych paneli perforowanych mocowanych na dedykowanej konstrukcji wraz z umieszczeniem za nimi warstwy 200mm wełny mineralnej, przy zachowaniu odstępu 45mm pozwoli na obniżenie czasu pogłosu przede wszystkim w pasmach częstotliwościowych 100 – 800 Hz. Panele powinny znaleźć się po bokach sali – możliwość umieszczenia ich w tych miejscach, a także rodzaj wykończenia powinny zostać skonsultowane z architektem wnętrz oraz konserwatorem zabytków.
- **Dyfuzory (ozn. AA.D1D)** (kolor czerwony) – umieszczone wewnątrz konstrukcji z panelami perforowanymi dyfuzory mają za zadanie rozproszyć fale dźwiękowe pochodzące ze sceny, tak aby uniknąć wyraźnie skupionych odbić mogących się objawiać niekorzystnym zakolorowaniem dźwięku w obszarze widowni. Wykorzystanie tych ustrojów poprawi również komfort odczucia przestrzeni u słuchaczy. Zakłada się wykorzystanie dyfuzorów szczelinowych pionowych wykonanych z drewna lub sklejk o efektywnym zakresie częstotliwościowym rozpraszania ok. 800-3500Hz.
- **Akustyczne panele sufitowe (ozn. AA.PS)** (kolor fioletowy) – zastosowanie paneli pochłaniających dźwięk, szczególnie w niższych pasmach częstotliwościowych na całej powierzchni sufitu zapewni, oprócz optymalizacji czasu pogłosu pomieszczenia, wyeliminowanie niekorzystnego efektu istniejącego w sali, a polegającego na tym, iż dźwięk pogłosowy dochodzi do słuchaczy z góry, co zaburza komfort odbioru materiału dźwiękowego.
- **Panele odbijające (ozn. AA.PR1, AA.PR2)** (kolor jasnoniebieski) – zakłada się powieszenie nad całym obszarem sceny paneli odbijających wykonanych ze szkła lub pleksiglasu. Ich zadaniem jest ukierunkowanie dźwięku pochodzącego ze sceny w stronę słuchaczy, a także wyeliminowanie powstawania niekorzystnych zjawisk akustycznych (echo trzepoczące – *flutter echo*) wynikających z tego, iż nad

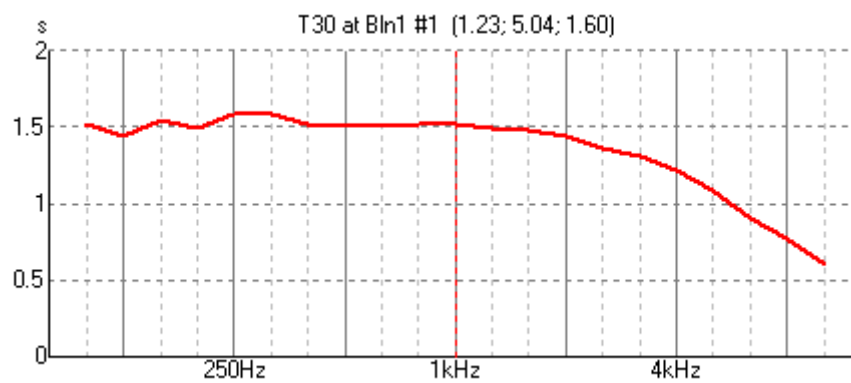
sceną istnieje silnie odbijająca powierzchnia (strop antresoli) równoległa do podłogi. Dokładny rozmiar ustrojów oraz ich ostateczny kształt powinien zostać skonsultowany z architektem pod kątem estetyki oraz możliwości przymocowania paneli do stropu antresoli.

- Zakłada się również, że **podłoga sali** (kolor brązowy) zostanie wykonana z desek drewnianych – z punktu widzenia akustyki nie dopuszcza się zastosowania takich materiałów jak kamień, marmur.
- Aby odizolować akustycznie salę od reszty budynku należy też w otwory okienne nad antresolą wprawić **szyby**.

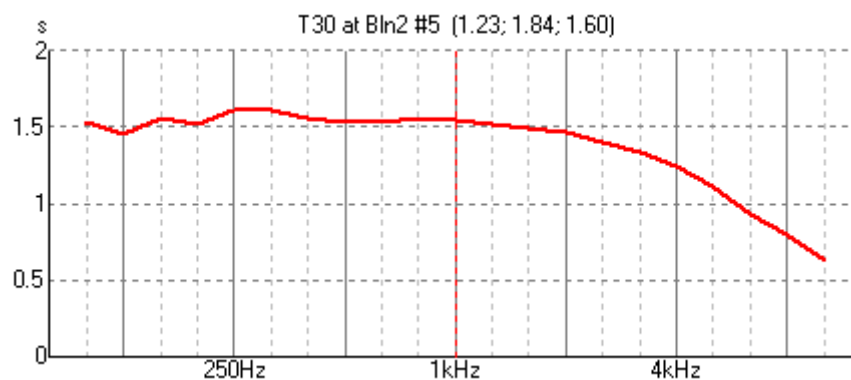
Dla modelu pomieszczenia uzupełnionego o wymienione elementy (bryła na Rys. 11.9-11.) wykonano obliczenia w programie EASE z wykorzystaniem algorytmu AURA opartego o geometryczne metody symulacji pola akustycznego. Poniżej przedstawiono wyniki prognozowanego czasu pogłosu T30 w pasmach tercjowych dla sali z opisaną wyżej adaptacją (dla tych samych punktów, dla których wykonano pomiary). Na Rys. 11.12 pokazano rozmieszczenie punktów, dla których przeprowadzono obliczenia.



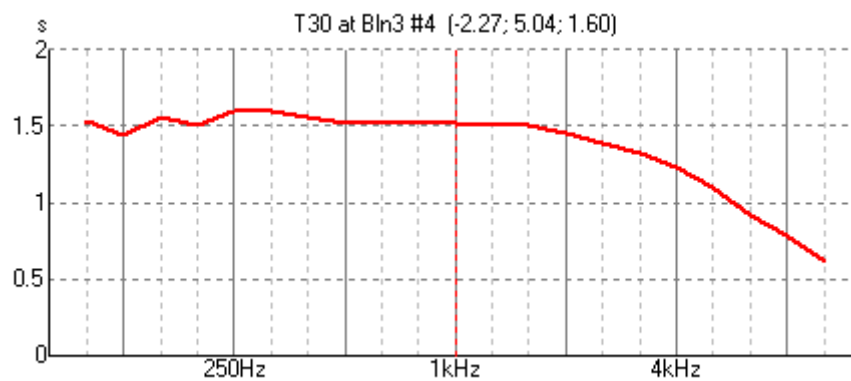
Rys. 11.12. Rozmieszczenie punktów, dla których wykonano obliczenia czasu pogłosu. Wysokości każdego z punktów to 1,6m od podłogi.



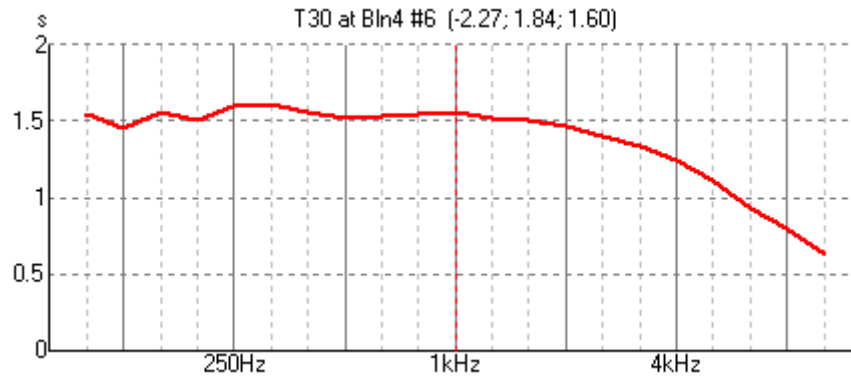
Rys. 11.13. Prognozowany czas pogłosu T30 w punkcie 1 [w sekundach].



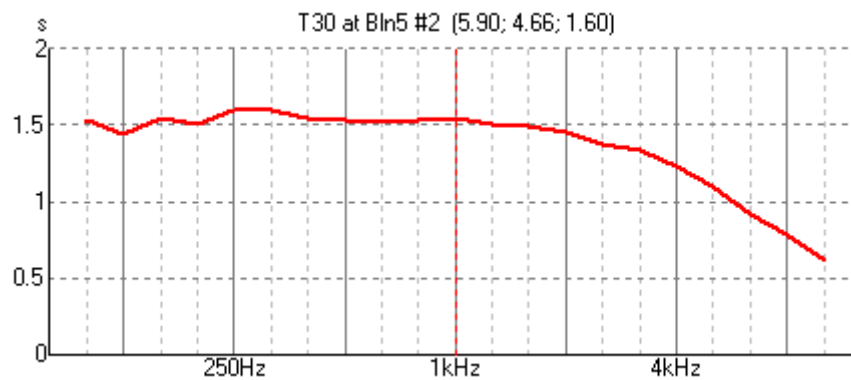
Rys. 11.14. Prognozowany czas pogłosu T30 w punkcie 2 [w sekundach].



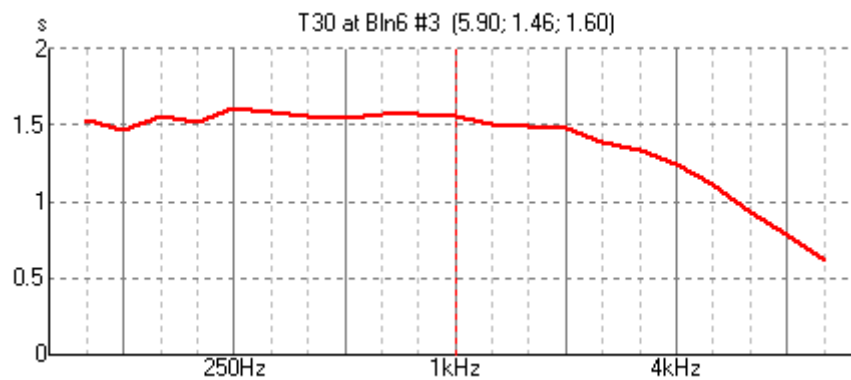
Rys. 11.15. Prognozowany czas pogłosu T30 w punkcie 3 [w sekundach].



Rys. 11.16. Prognozowany czas pogłosu T30 w punkcie 4 [w sekundach].



Rys. 11.17. Prognozowany czas pogłosu T30 w punkcie 5 [w sekundach].



Rys. 11.18. Prognozowany czas pogłosu T30 w punkcie 6 [w sekundach].

Wykonane symulacje dają podstawę do stwierdzenia, iż zaproponowane rozwiązania zapewnią właściwą optymalizację czasu pogłosu pomieszczenia.

12. Wytyczne akustyczne dla pomieszczeń 301 i 304

W niniejszym punkcie przedstawiono wskazania dotyczące adaptacji akustycznej pomieszczeń:

- 301 – pomieszczenie mające służyć jako pomieszczenie realizacji dźwięku/wizji.
- 304 – pomieszczenie mające być wykorzystane jako sala edukacyjna oraz ewentualnie jako pomieszczenie nagraniowe.

Należy zaznaczyć, iż wytyczne te są na tym etapie jedynie wstępną koncepcją – dokładne dobranie i rozmieszczenie ustrojów wraz ze sposobem ich montażu wymaga utworzenia szczegółowego projektu adaptacji z wykorzystaniem symulacji komputerowych – projekt taki może powstać na etapie projektu wykonawczego. Ponadto proponowane rozwiązania, powinny zostać zatwierdzone w procesie koordynacji międzybranżowej.

Pomieszczenie 301

Reżysernia dźwięku ma służyć jako pomieszczenie do realizacji nagrań oraz miksowania materiału dźwiękowego – istotne jest więc, aby zapewnić osobom, które będą tam pracować właściwy komfort odsłuchu i możliwie wysoką wierność reprodukcji dźwięku, bez zniekształcenia go przez niedoskonałości przestrzeni. Celem jest tutaj zminimalizowanie czasu pogłosu pomieszczenia, zniwelowanie niekorzystnego wpływu silnych pierwszych odbić dźwięku oraz zapobiegnięcie rezonansom pomieszczenia. Proponuje się zastosowanie następujących rozwiązań, (mając na uwadze, że źródła dźwięku czyli monitory odsłuchowe, będą umieszczone od strony ściany z oknem):

- W rogach pomieszczenia od strony okna należy zainstalować po skosie panele g-k z perforacją, umieszczając za nimi wełnę mineralną z zachowaniem kilkucentymetrowego odstępu pustki powietrznej od paneli – pozwoli to na częściowe wytlumienie fal akustycznych o niskich częstotliwościach, które mogą „kumulować” się w rogach pomieszczenia. Rozwiązanie ma również dużą szansę na częściowe lub całkowite zniwelowanie niekorzystnego efektu, mogącego występować w pomieszczeniu – stosunek długości dłuższej ściany do sufitu wynosi dokładnie 2:1, co może się objawiać występowaniem rezonansów (tzw. modów pomieszczenia), które powodują nadmierne uwypuklenie niektórych częstotliwości, a w efekcie niepożądane zakolorowanie dźwięku.
- Aby uniknąć niekorzystnych odbić dźwięku od sufitu, poleca się zastosować akustyczne panele sufitowe o wysokim współczynniku pochłaniania w pełnym paśmie

częstotliwości akustycznych, przymocowane do sufitu na specjalnej konstrukcji (dobrze byłoby, gdyby konstrukcja ta umożliwiała mocowanie paneli pod kątem innym niż równoległe do podłogi) z zachowaniem 20-30-centymetrowej przestrzeni od stropu. Może to również przyczynić się do wyeliminowania wspomnianych modów pomieszczenia.

- Z uwagi na małe gabaryty pomieszczenia i jednoczesną potrzebę obniżenia czasu pogłosu do ok. 0,2-0,4s w paśmie 200Hz-4kHz, zaleca się zastosowanie materiału dźwiękochłonnego w postaci tynku akustycznego o wysokim współczynniku pochłaniania.
- W celu uniknięcia silnych pierwszych odbić dźwięku z monitorów odsłuchowych od ścian bocznych, należy przestrzeń od podłogi do sufitu, pomiędzy stanowiskiem realizatora (miejscem, gdzie będzie siedział) a monitorami należy wyłożyć materiałem dźwiękochłonnym – np. panelami z pianki poliuretanowej.
- Podłoga pomieszczenia nie może być wykonana z materiałów silnie odbijających dźwięk (np. kamień), akceptowalnym materiałem są deski drewniane. Bez względu na to czy na podłodze pozostanie, jak w stanie obecnym, parkiet, czy zostanie wykonana podłoga z desek powinno się ją przykryć grubym, miękkim dywanem o znaczącej (w stosunku do metrażu pomieszczenia) powierzchni.
- W tylnej części ścian bocznych oraz na tylnej ścianie należy zastosować dyfuzory Schreodera 2D w celu rozproszenia fal dźwiękowych i tym samym uniknięcia zakolorowań dźwięku i wad akustycznych (echo trzepoczące – *flutter echo*) mogących wyniknąć ze specyfiki odbić fal akustycznych w prostopadłościennym pomieszczeniu.
- W celu zapewnienia właściwych warunków do odsłuchu materiału stereo należy wspomniane ustroje rozmieścić możliwie symetrycznie po obu stronach pomieszczenia.

Pomieszczenie 304

Podstawowa funkcja tego pomieszczenia ma polegać na odbywaniu się tam zajęć lekcyjnych, przestrzeń ta posiada również potencjał do wykorzystania jej jako pomieszczenia nagraniowego. Warunki akustyczne i przestrzenne tego pomieszczenia są ogólnie korzystne – duży metraż, brak równoległych powierzchni oraz gruba warstwa wełny mineralnej pomiędzy krokiewmi konstrukcji dachowej – powinny więc zostać właściwie wykorzystane. Proponowane rozwiązania adaptacji akustycznej skupiają się zatem głównie na optymalizacji czasu pogłosu (pomieszczenie nie powinno być przetłumione), ograniczeniu rozprzestrzeniania się fal dźwiękowych na inne obszary budynku oraz jak najlepszym wykorzystaniu obecnych

warunków, przy jednoczesnym zapewnieniu estetycznego wykończenia. Mając na uwadze powyższe przesłanki proponuje się zastosowanie następujących rozwiązań:

- Zagospodarowanie przestrzeni skosów pomiędzy krokwiami konstrukcji dachu:
Krokwie dachowe rozstawione w odległości ok. 1,1m stwarzają dobre warunki do montażu ustrojów akustycznych. Zaleca się pokrycie ok. ½ z tych przestrzeni panelami akustycznymi perforowanymi (panele te powinny pozwalać na skuteczniejsze pochłanianie fal akustycznych w pasmach niskiego środka, jednocześnie nie pochłaniając zbyt mocno wysokich częstotliwości), przy jednoczesnym zachowaniu kilkucentymetrowego odstępu od warstwy wełny mineralnej. Na drugiej połowie obszaru skosów powinno się zastosować przesłony z tkaniny przezroczystej akustycznie, bądź o niewielkim współczynniku pochłaniania dźwięku, rozciągniętej na ramach z listew drewnianych przymocowanych do krokwi – tkanina zapobiegnie pyleniu wełny zapewniając jednocześnie silne pochłanianie fal akustycznych. Przestrzenie pokryte panelami perforowanymi oraz te obite tkaniną powinny zostać rozmieszczone względnie naprzemiennie. Opisane rozwiązanie pozwoli na stworzenie warunków pogłosowych pomieszczenia zapewniających odpowiedni komfort gry na instrumentach oraz właściwe warunki akustyczne do wykonywania nagrań – czas pogłosu nie powinien być ani zbyt długi, ani zbyt krótki. Właściwie zróżnicowane rozmieszczenie ustrojów pozwoli na osiągnięcie nieco odmiennych warunków akustycznych w poszczególnych miejscach pomieszczenia, co pozwoli na kreatywne wykorzystanie przestrzeni podczas nagrań.
- Przestrzenie pomiędzy podłogą a belkami poziomymi konstrukcji dachu należy zabudować panelami perforowanymi, opisanymi w powyższym podpunkcie – w tych miejscach należy wypełnić puste przestrzenie wełną mineralną zachowując kilkucentymetrowy odstęp od paneli. W celu minimalizacji czasu pogłosu w niskich pasmach częstotliwościowych można część z tych przestrzeni zabudować płytami gipsowo-kartonowymi i wypełnić lukę od belki poziomej konstrukcji dachu do ściany piaskiem.
- Dopuszcza się zabudowanie przestrzeni skosów pomieszczenia płytami gipsowo-kartonowymi jedynie w części pomieszczenia w pobliżu wejścia.
- Na pionowej ścianie na końcu pomieszczenia zaleca się umieszczenie dyfuzorów Schroedera 2D rozpraszających fale akustyczne.
- Bardzo korzystnym rozwiązaniem dla opisywanego pomieszczenia będzie wykonanie podłogi pływającej – pozwoli to na znaczące ograniczenie

rozprzestrzeniania się fal akustycznych do dalszych części budynku. Przy wykonaniu takiej podłogi należy spełnić następujące wymagania (umożliwi to uzyskanie wysokiej izolacyjności akustycznej oraz zapobieganie nadmiernemu przenoszeniu się drgań drogą materiałową) :

- Należy na strop położyć warstwę izolacji akustycznej – np. w postaci maty wibroakustycznej z tworzyw sztucznych lub gumy.
- Warstwę izolacji należy zabezpieczyć folią budowlaną na całej powierzchni podłogi.
- Na tak przygotowaną izolację akustyczną należy położyć legary drewniane, do których następnie przykręci się deski podłogowe.
- Przestrzenie pomiędzy legarami należy dla zwiększenia izolacyjności akustycznej wypełnić wełną mineralną.
- Bardzo ważne jest, aby układając legary i deski zachować dylatację około 4 cm od wszystkich ścian i elementów pionowych (np. rur) – jeżeli cała konstrukcja podłogi będzie się gdziekolwiek stykać z obszarami nieodizolowanymi wibroakustycznie, podłoga nie będzie właściwie spełniać swojej funkcji. Przestrzenie dylatacyjne należy dodatkowo wypełnić wełną mineralną.
- UWAGA: proponowane rozwiązania konstrukcyjne należy skonsultować ze specjalistami z branży budowlanej – powinno się sprawdzić, czy rozwiązania te nie obciążają zbyt mocno stropu.
- Opcjonalnie można rozważyć położenie wylewki cementowej grubości ok 7 cm na warstwę izolacji akustycznej z folią lub wykonać podłogę z tzw. suchego jastrychu (płyty OSB, g-k, cementowo-włóknowe, lub twarde).

Opisane wyżej rozwiązania należy rozpatrzyć w procesie koordynacji międzybranżowej – dokładny projekt podłogi może powstać na etapie projektu wykonawczego.

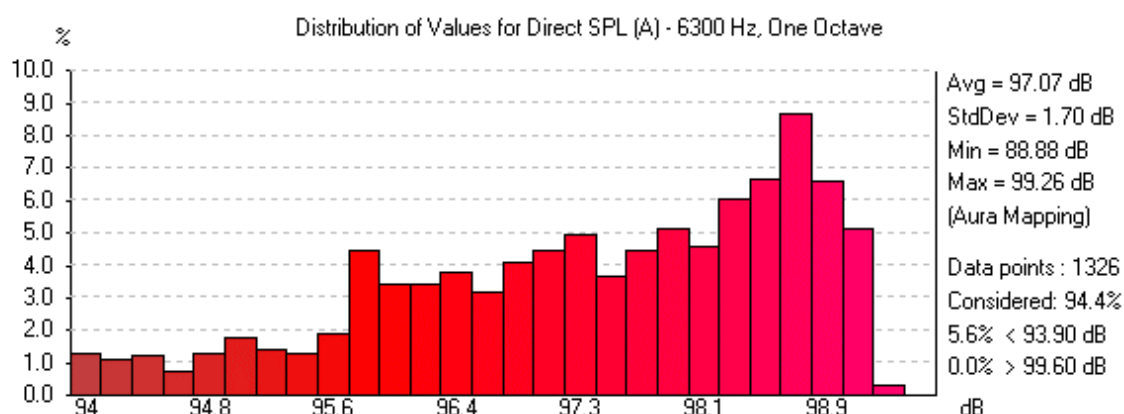
13. Analizy akustyczne – system elektroakustyczny Sali Koncertowej

Analiza akustyczna systemu nagłośnienia Sali Koncertowej została przeprowadzona z zastosowaniem oprogramowania AFMG EASE do modelowania właściwości akustycznych obiektów. Zastosowano algorytm AURA wykorzystujący geometryczne metody symulacji pola akustycznego. Do obliczeń wykorzystano model pomieszczenia opisany w punkcie 11 – zakładający adaptację akustyczną pomieszczenia. Zestawy głośnikowe zamodelowano przy użyciu bibliotek właściwych dla proponowanych urządzeń, które sporządził producent sprzętu na podstawie dokładnych pomiarów.

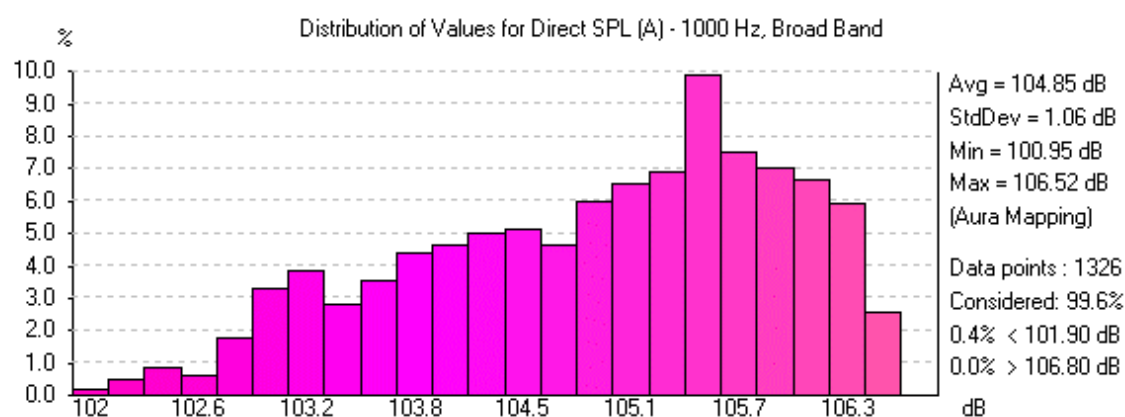
Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń w formie graficznej – są to rozkłady przestrzenne oraz statystyczne dla następujących parametrów akustycznych:

- „Direct SPL” – poziom bezpośredniego ciśnienia akustycznego (uwzględnia jedynie fale akustyczne pochodzące bezpośrednio z zestawów głośnikowych).
- „Total SPL” – poziom całkowitego ciśnienia akustycznego (uwzględnia również dźwięk odbity, pogłosowy).
- Czas pogłosu T30.
- STI – współczynnik zrozumiałości mowy.

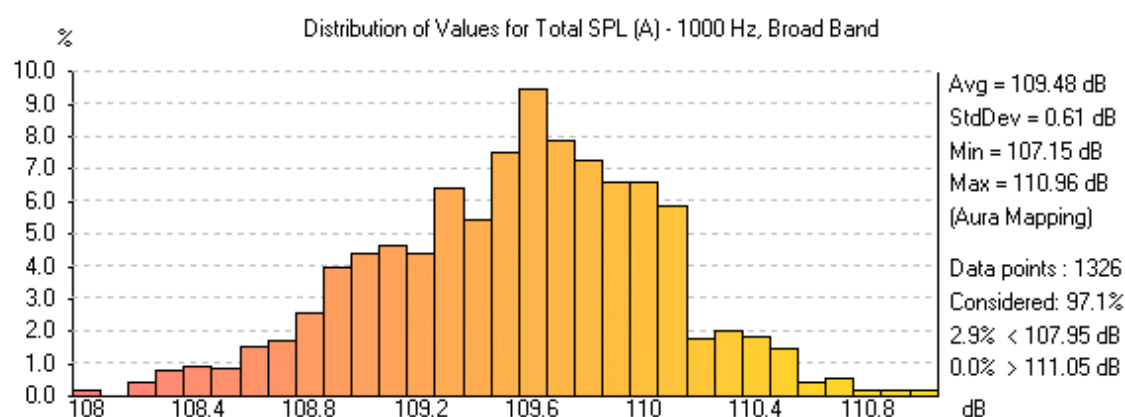
Obliczeń dokonano dla obszaru płaszczyzn odsłuchowych – są to obszary modelu odpowiadające przestrzeni, gdzie podczas wydarzeń artystycznych w obiekcie będą się znajdować słuchacze, płaszczyzny umieszczono na wys. 1,2m od podłogi, co odpowiada średniej wysokości uszu siedzącej osoby. Rozdzielczość przestrzenna obliczeń wynosiła 0,2m.



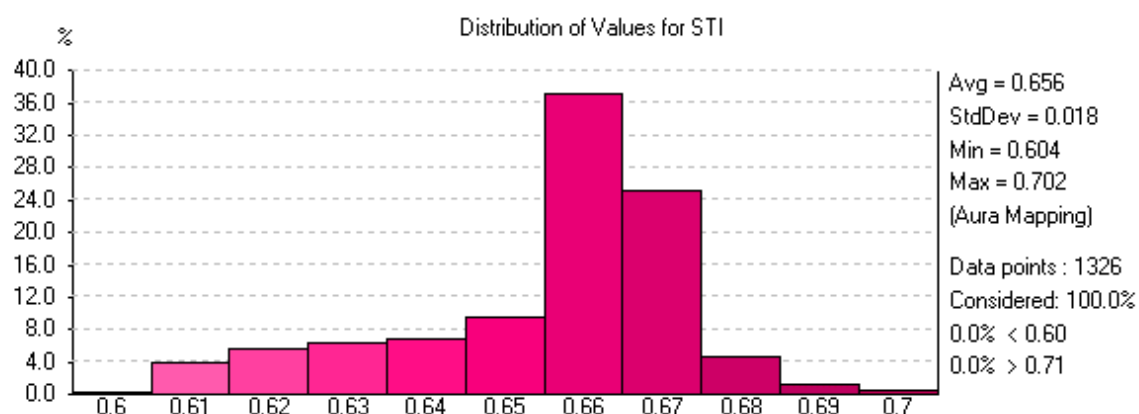
Rys. 13.1. Rozkład statystyczny dla parametru Direct SPL, pasmo oktauwowe 6,3kHz.



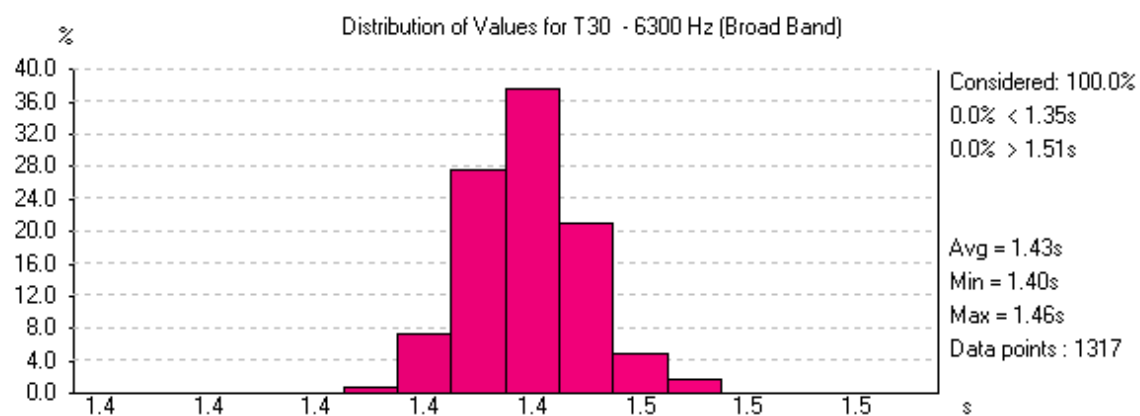
Rys. 13.2. Rozkład statystyczny dla parametru Direct SPL, pełne pasmo częstotliwościowe ważne krzywą A.



Rys. 13.3. Rozkład statystyczny dla parametru Total SPL, pełne pasmo częstotliwościowe ważne krzywą A.

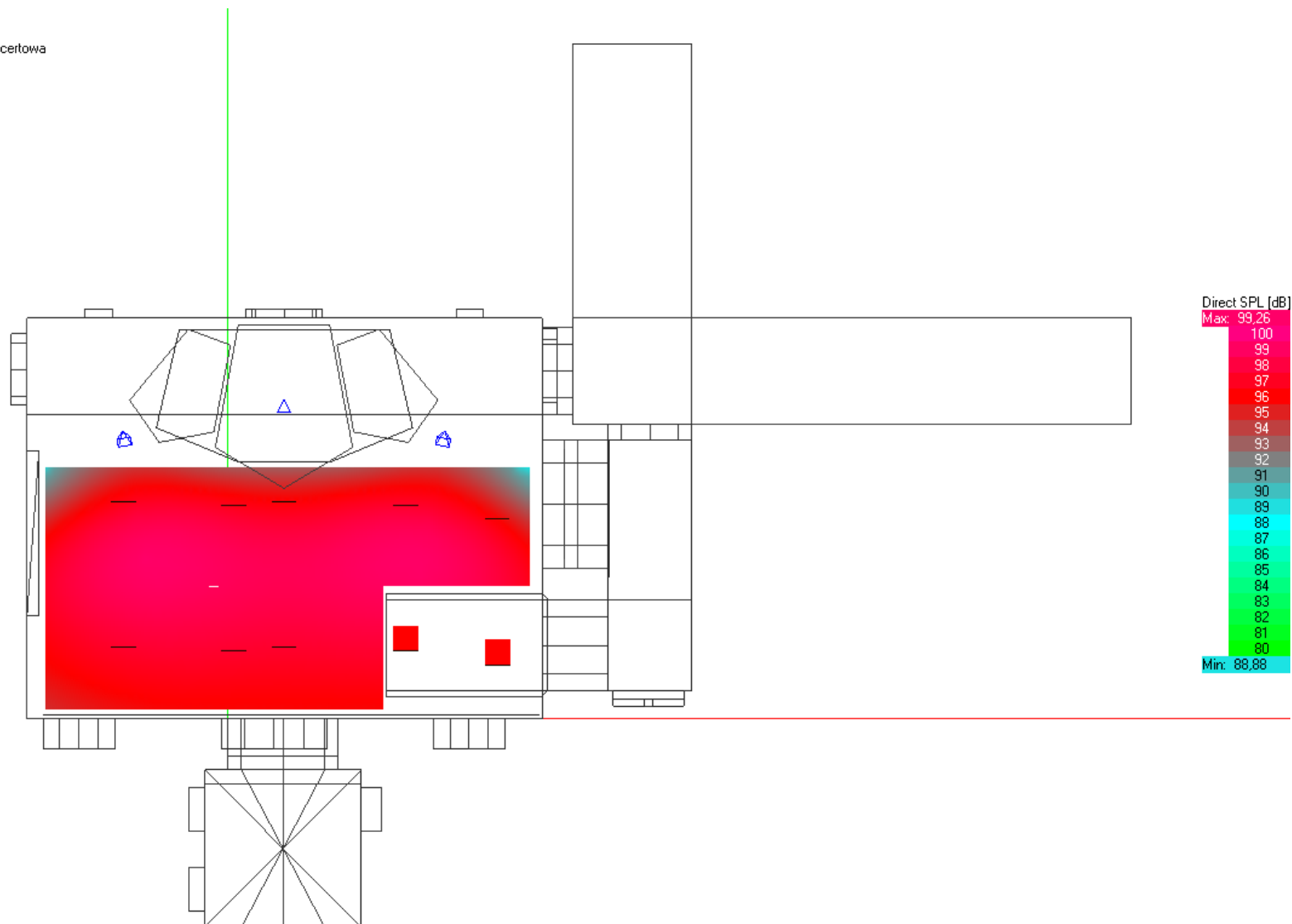


Rys. 13.4. Rozkład statystyczny dla parametru STI (współczynnik zrozumiałości mowy).



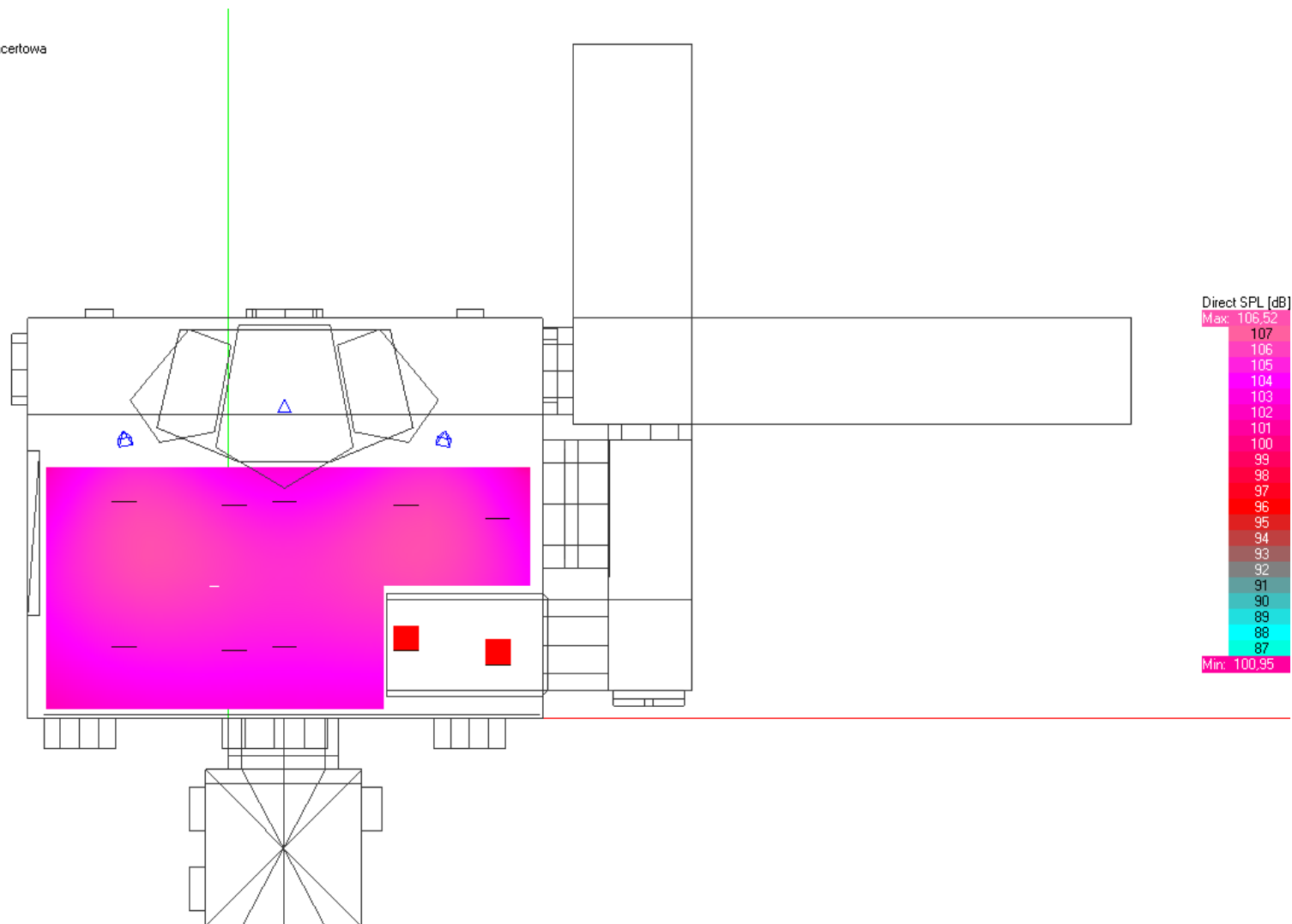
Rys. 13.5. Rozkład statystyczny dla parametru czasu pogłosu T30 (dla pełnego pasma częstotliwości).

Ver: 90° Hor: 180°
 Lspk: S4, S5
 Project: jarocin_sala_koncertowa
 Map: Direct SPL (A)
 (Aura Mapping)
 Freq: 6300 Hz
 (1/1 Octave Sum)
 Energy: Ekin + Epot
 (1/3rd Octave)
 Shadow Cast: Yes
 Resolution = 0.20 m



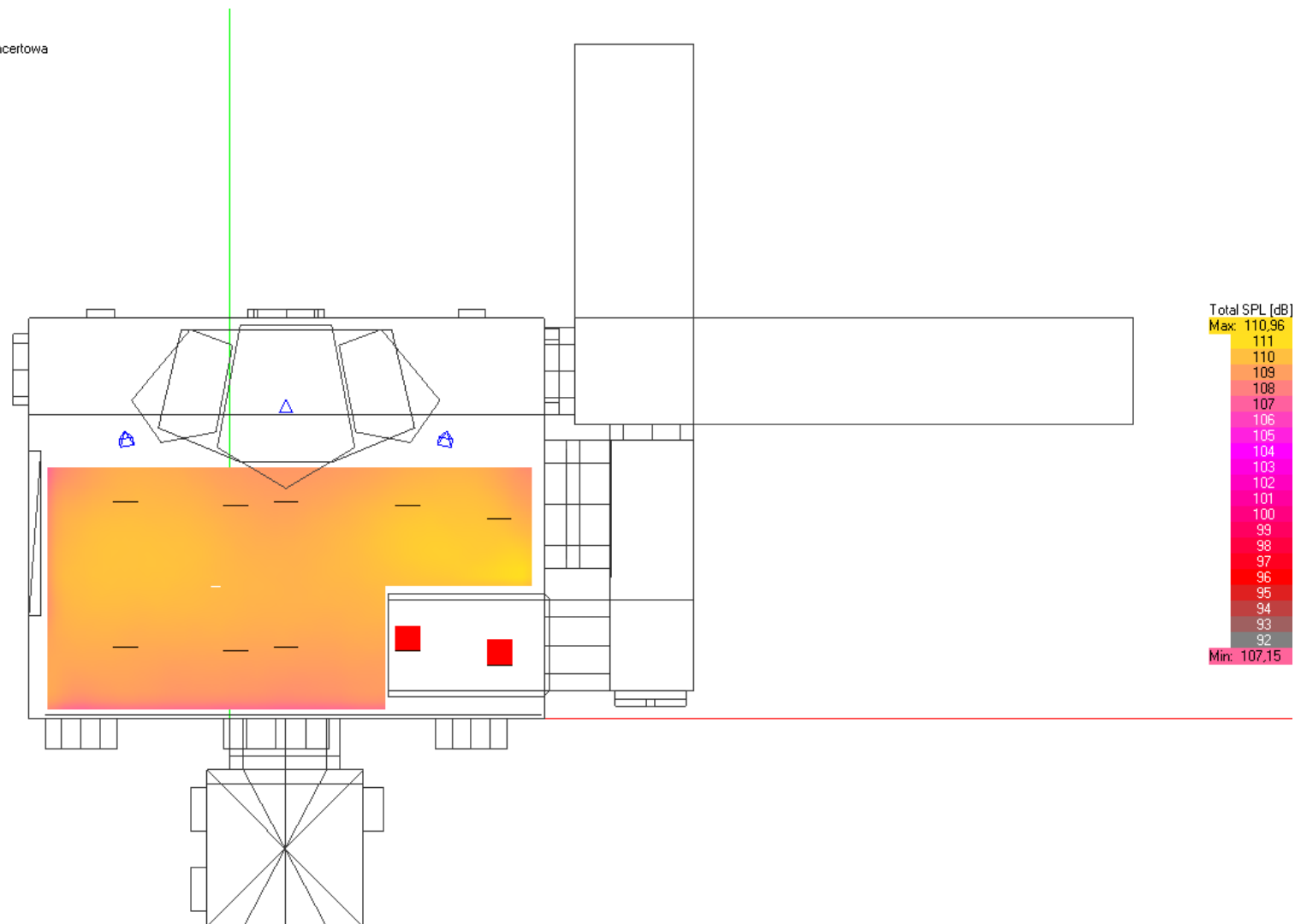
Rys. 13.6. Rozkład przestrzenny dla parametru Direct SPL, pasmo oktauwowe 6,3kHz.

Ver: 90° Hor: 180°
 Lspk: S4, S5
 Project: jarocin_sala_koncertowa
 Map: Direct SPL (A)
 (Aura Mapping)
 Freq: 1000 Hz
 (Broad Band Sum)
 Energy: Ekin + Epot
 (1/3rd Octave)
 Shadow Cast: Yes
 Resolution = 0.20 m



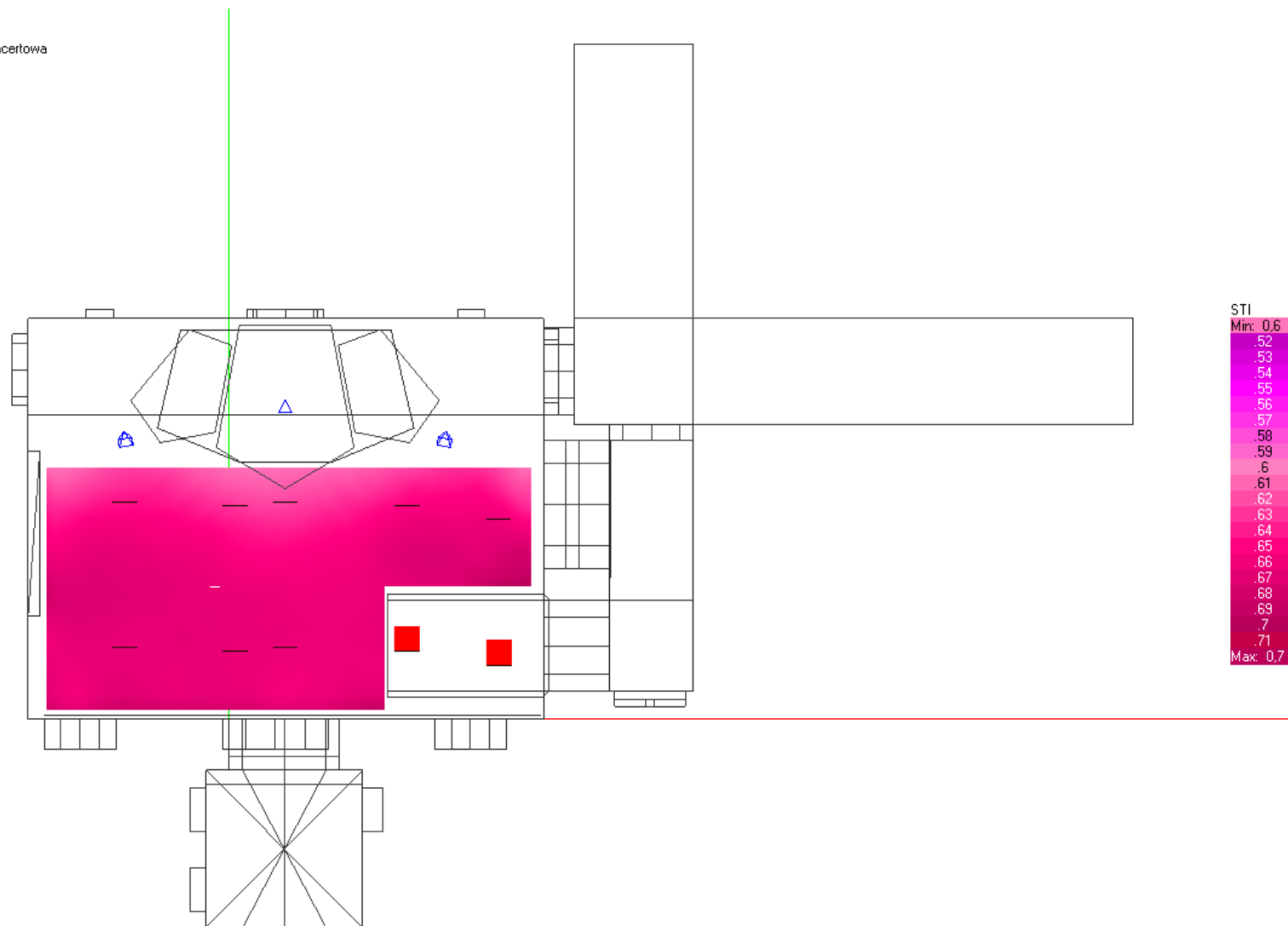
Rys. 13.7. Rozkład przestrzenny dla parametru Direct SPL, pełne pasmo częstotliwościowe ważone krzywą A.

Ver: -90° Hor: 180°
 Lspk: S4, S5
 Project: jarocin_sala_koncertowa
 Map: Total SPL (A)
 (Aura Mapping)
 Freq: 1000 Hz
 (Broad Band Sum)
 Energy: Ekin + Epot
 (1/3rd Octave)
 Shadow Cast: Yes
 Resolution = 0.20 m



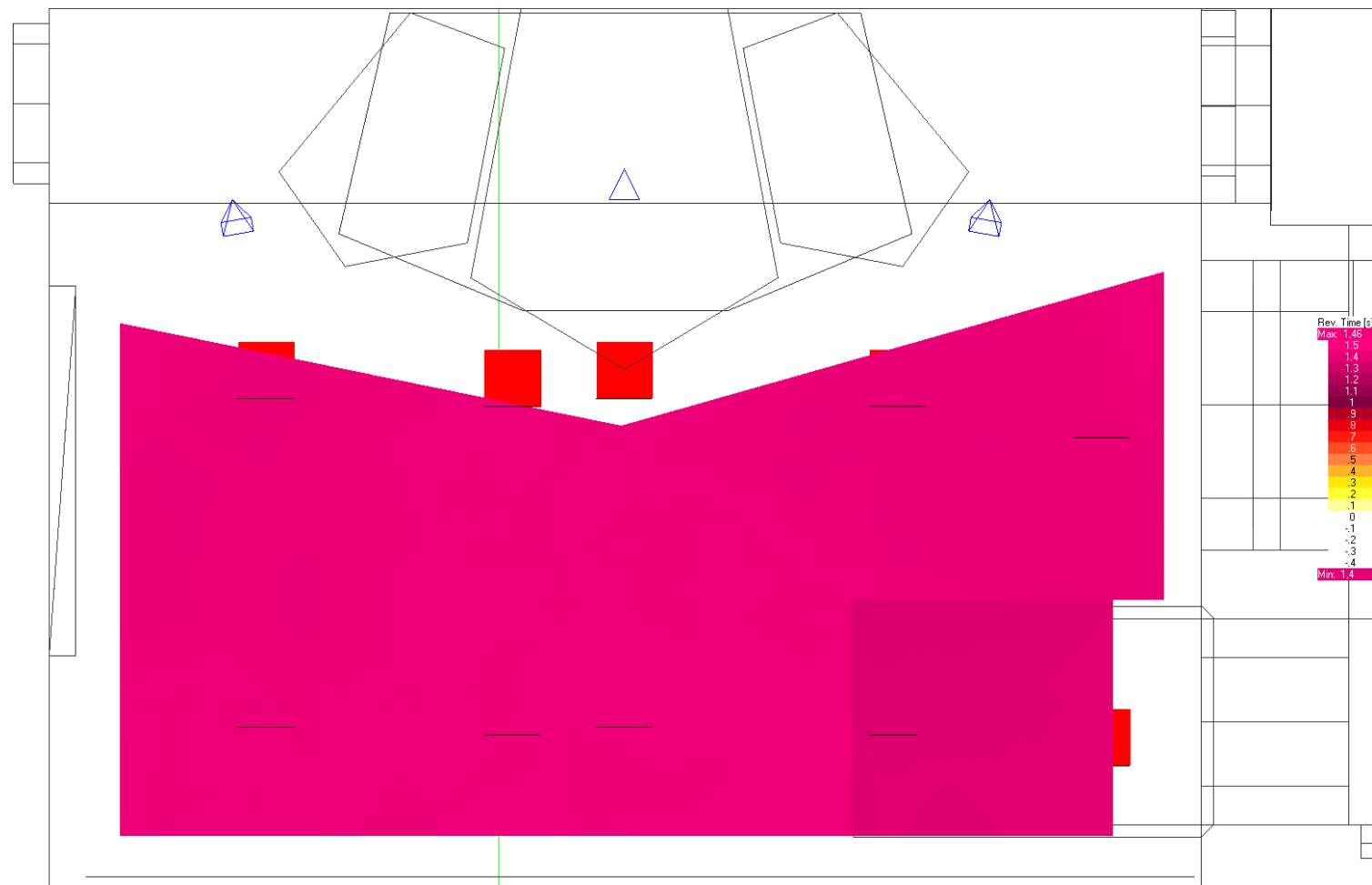
Rys. 13.8. Rozkład przestrzenny dla parametru Total SPL, pełne pasmo częstotliwościowe ważone krzywą A.

Ver: 90° Hor: 180°
Lspk: S4, S5
Project: jarocin_sala_koncertowa
Map: STI
(Aura Mapping)
Energy: Ekin + Epot
(1/3rd Octave)
Shadow Cast: Yes
Resolution = 0.20 m



Rys. 13.9. Rozkład przestrzenny dla parametru STI (współczynnik zrozumiałości mowy).

Ver: 90° Hor: 180°
 Lspk: 52, 53
 Project: jarocin_sala_koncertowa
 Map: T30
 Freq: 5300 Hz
 (Broad Band Average)
 Energy: Ekin + Epol
 (1/3rd Octave)
 Shadow Cast: Yes
 Resolution = 0.50 m



Rys. 13.10. Rozkład przestrzenny dla parametru czasu pogłosu T30 (dla pełnego pasma częstotliwości).

Z wyników symulacji jasno wynika, iż wymagana wartość wskaźnika zrozumiałości mowy jest uzyskiwana dla całej powierzchni obiektu – średnia wartość wynosi 0,65 – taki wynik oznacza bardzo dobrą zrozumiałość treści słownych. Maksymalne wartości poziomu bezpośredniego ciśnienia akustycznego w sali oscylują wokół 104dB, wartości całkowitego poziomu ciśnienia akustycznego wokół 110dB. Odchylenia od wartości średniej dla dźwięku bezpośredniego są nie większe niż +/-2dB, a dla dźwięku całkowitego mieszczą się w granicach +/-1dB od wartości średniej. Wyniki te dają podstawę do stwierdzenia iż zaproponowany system elektroakustyczny zapewni odpowiedni poziom odtwarzania treści muzycznych i słownych podczas organizowanych w obiekcie wydarzeń artystycznych, przy jednoczesnym zachowaniu doskonałej równomierności pokrycia dźwiękiem obszaru widowni. Również wyniki dla parametru czasu pogłosu T30 mieszczą się w pożądanym zakresie.

Podsumowując – wykonane symulacje potwierdzają, iż zaproponowany system elektroakustyczny wraz z rozwiązaniami adaptacji akustycznej Sali Koncertowej zapewnią odpowiednie warunki odsłuchowe dla planowanych wydarzeń artystycznych w obiekcie.

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

- 1. Zestawienie urządzeń systemów multimedialnych.**
 - 1b. Kosztorys systemów multimedialnych.**
- 2. Specyfikacja urządzeń.**
- 3. Kosztorys rozwiązań adaptacji akustycznej.**
- 4. Opis ustrojów akustycznych dla Sali Koncertowej.**
- 5. Rozmieszczenie komponentów systemów multimedialnych.**
- 6. Rozmieszczenie ustrojów akustycznych.**
- 7. Schemat systemów multimedialnych.**