

**Opis przedmiotu zamówienia dla
potrzeb realizacji inwestycji pn.:
„System nagłośnienia dużej Sali
widowskowej Teatru Wielkiego w Łodzi”**

SYMULACJE AKUSTYCZNE

JEDNOSTKA PROJEKTOWA

Manufaktura Technologiczna
ul. Puławska 38,
05-500 Piaseczno

OBIEKT

Teatr Wielki w Łodzi
pl. Dąbrowskiego
90-249 Łódź

BRANŻA

ELEKTROAKUSTYKA

OPRACOWANIE:

mgr inż. Małgorzata Srebrzyńska
Wojciech Kostrzewa

Piaseczno
Marzec 2021

Spis treści

1.	Symulacje akustyczne.....	3
1.1.	Wstęp.....	3
1.2.	Dane do obliczeń.....	3
1.3.	Wariant o węższym rozstawie gron	7
1.4.	Wariant o szerszym rozstawie gron.....	18
1.5.	Wariant o szerszym rozstawie gron oraz zestawami głośnikowymi typu front fill	29
1.6.	Wnioski końcowe	39

1. Symulacje akustyczne

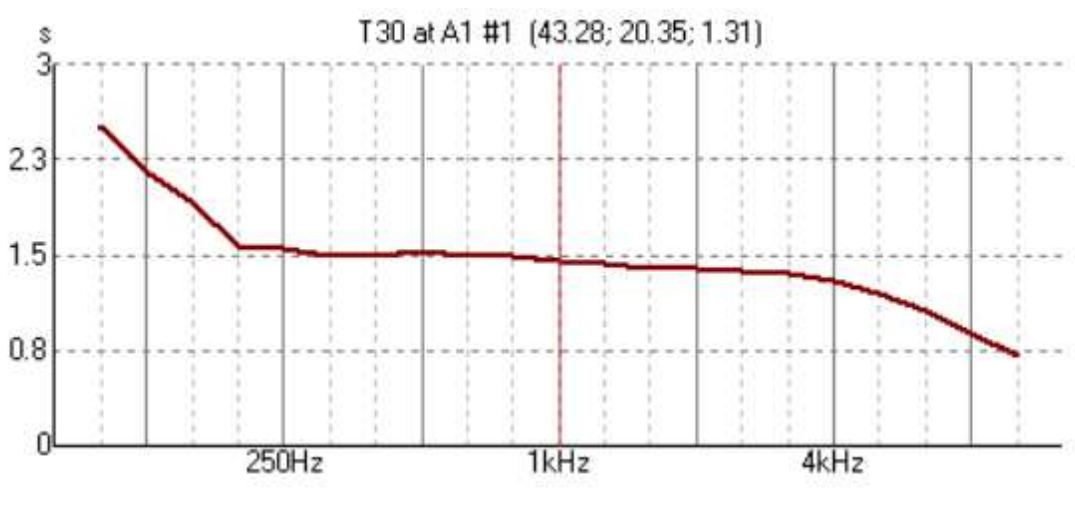
1.1. Wstęp

Celem symulacji akustycznych jest przedstawienie w programie predykcyjnym parametrów akustycznych frontowego systemu nagłośnieniowego, w tym poziom oraz nierównomierność ciśnienia akustycznego oraz wskaźnik zrozumiałości mowy (STI – Speech Transmission Index). Symulacje mają za zadanie ocenę prezentowanego systemu nagłośnieniowego pod względem jakości uzyskanych parametrów oraz nierównomierności poziomu ciśnienia akustycznego na obszarze całej widowni.

1.2. Dane do obliczeń

Dla Symulacji parametrów akustycznych dużej Sali Widowiskowej przeprowadzono obliczenia w programie predykcyjnym EASE 4.4 - wersja 4.4.61.16, Aura Module 4.0. Model pomieszczenia był skalibrowany do wyników uzyskanych podczas pomiarów akustycznych.

Poniżej przedstawiono wartość czasu pogłosu T30 dla pomieszczenia dużej Sali Widowiskowej:



Rys. 1 – wykres krzywej czasu pogłosu T30 uzyskany w obliczeniach w programie predykcyjnym w funkcji częstotliwości

Program EASE do symulacji akustycznych analizuje sygnały od częstotliwości 100Hz i powyżej, dlatego symulacje akustyczne nie mogły obejmować parametrów akustycznych dla głośników niskotonowych.

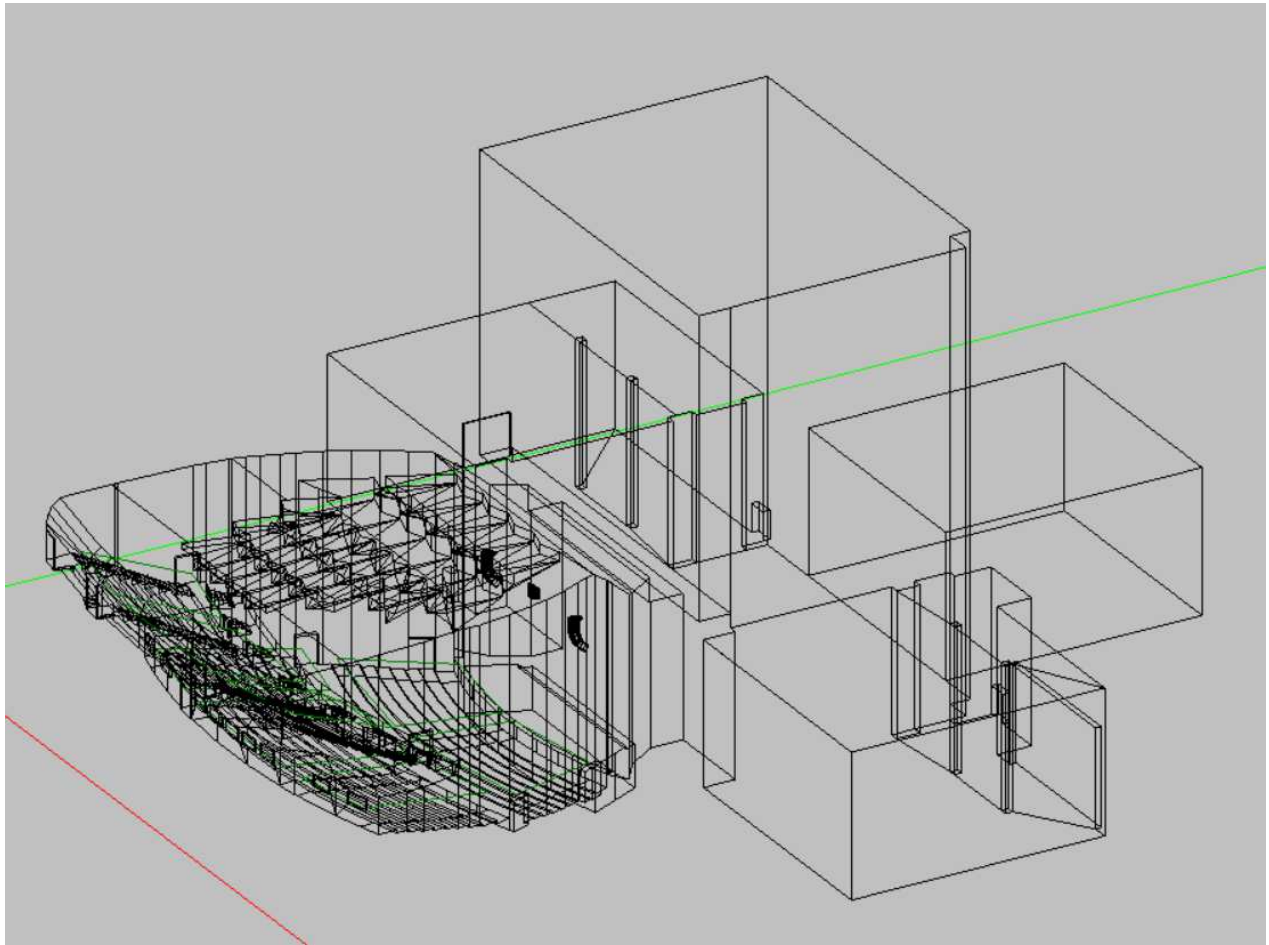
Symulacje przeprowadzono jedynie dla modułów szerokopasmowych typu line array (wariant pierwszy i drugi) oraz modułów szerokopasmowych typu line array i zestawów głośnikowych typu front fill będących na wyposażeniu Teatru (wariant trzeci).

Model pomieszczenia:

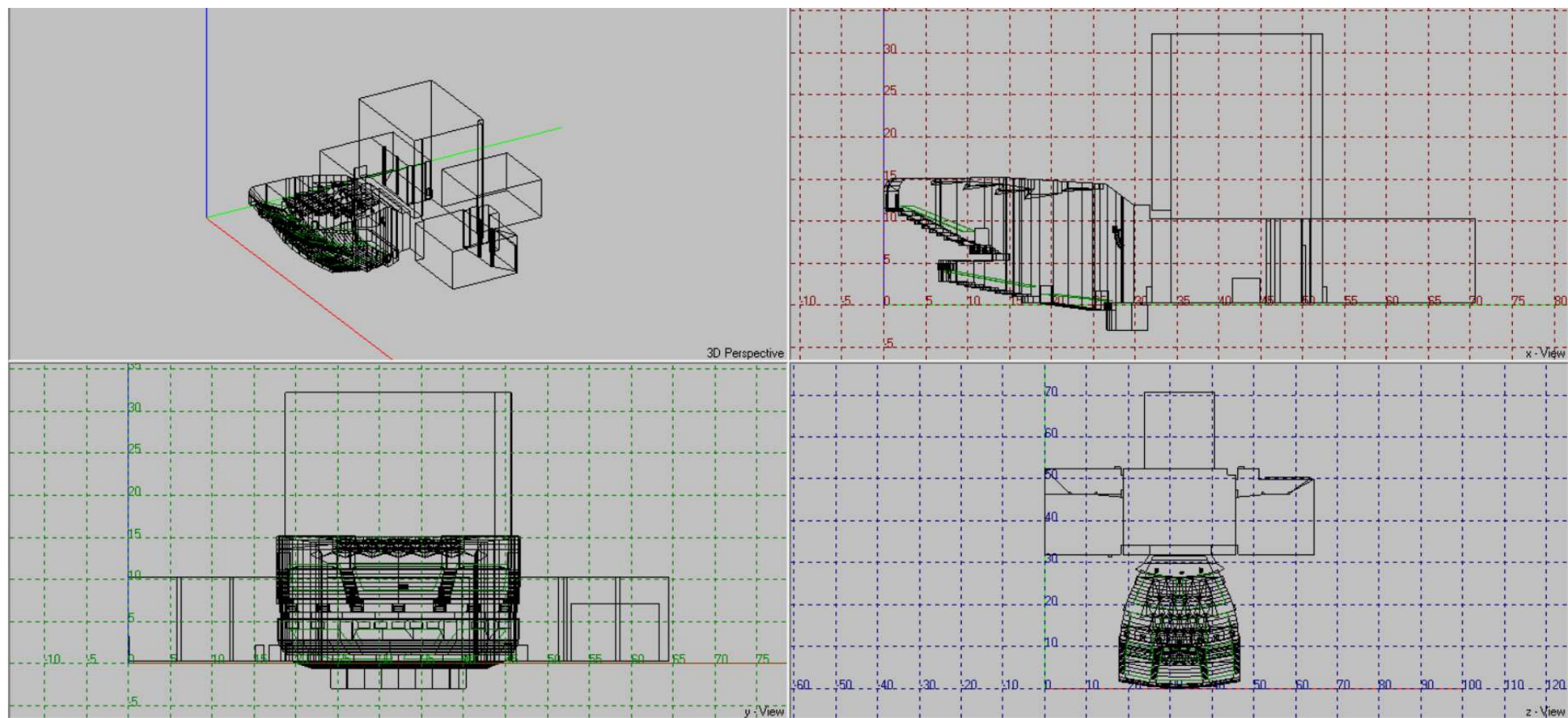
- Liczba płaszczyzn: 1541,
- Liczba typów płaszczyzn: 12,
- Liczba punktów: 2225,
- Liczba obszarów odsłuchowych (Audience Area): 8,
- Liczba zastosowanych typów zestawów głośnikowych: 2,
- Wykorzystanie modułu Aura: TAK,
- Liczba próbek (promieni): 870 000,
- Długość promieni: 1200ms,
- Rozdzielczość: 1m,
- Krzywa hałasowa: NR20,
- Wartość domyślna współczynnika rozproszenia: w zakresie od 10 do 40%, krzywa S,
- Suma powierzchni: 11 576,25m²,
- Łączna kubatura (wraz z ze sceną i kieszeniami): 36 411,13m³.

Symulacje akustyczne obejmowały dwa grona, lewe i prawe, każde złożone z 8 elementów systemu line array, trójdrożnych o przetwornikach 2x10", 1x8", 2 x 1.4". 6 górnych modułów ma węższą dyspersję 80°, 2 dolne mają szerszą dyspersję 120°. Dodatkowo symulacje objęły grono centralne złożone z 4 modułów.

Poniżej przedstawiono model pomieszczenia:



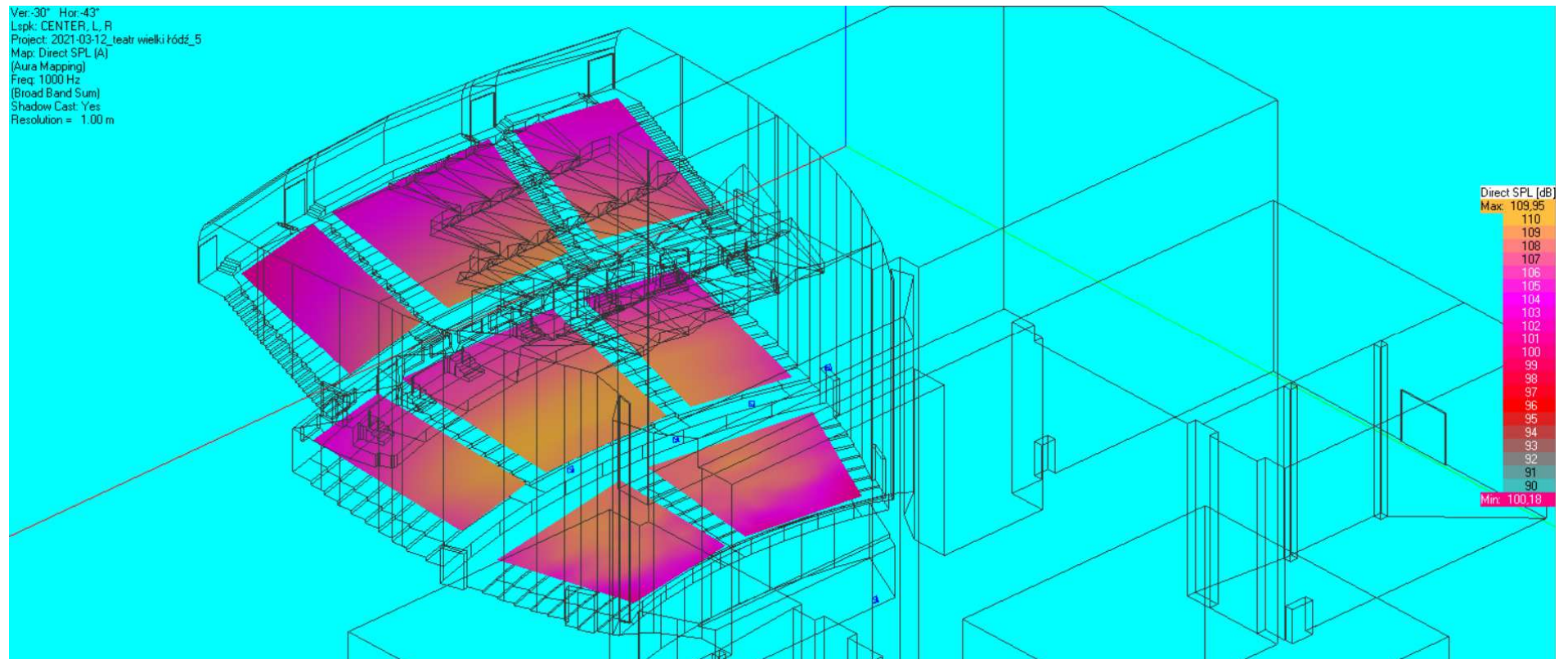
Rys. 2 – rzut izometryczny pomieszczenia



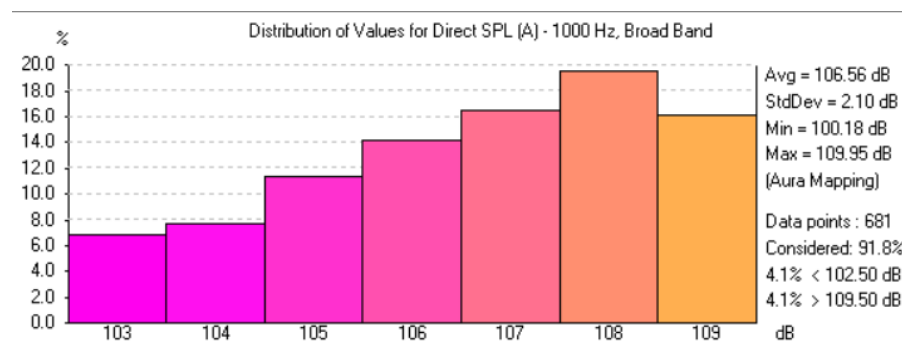
Rys. 3 – rzut izometryczny, rzut, przekrój podłużny, przekrój poprzeczny

1.3. Wariant o węższym rozstawie gron

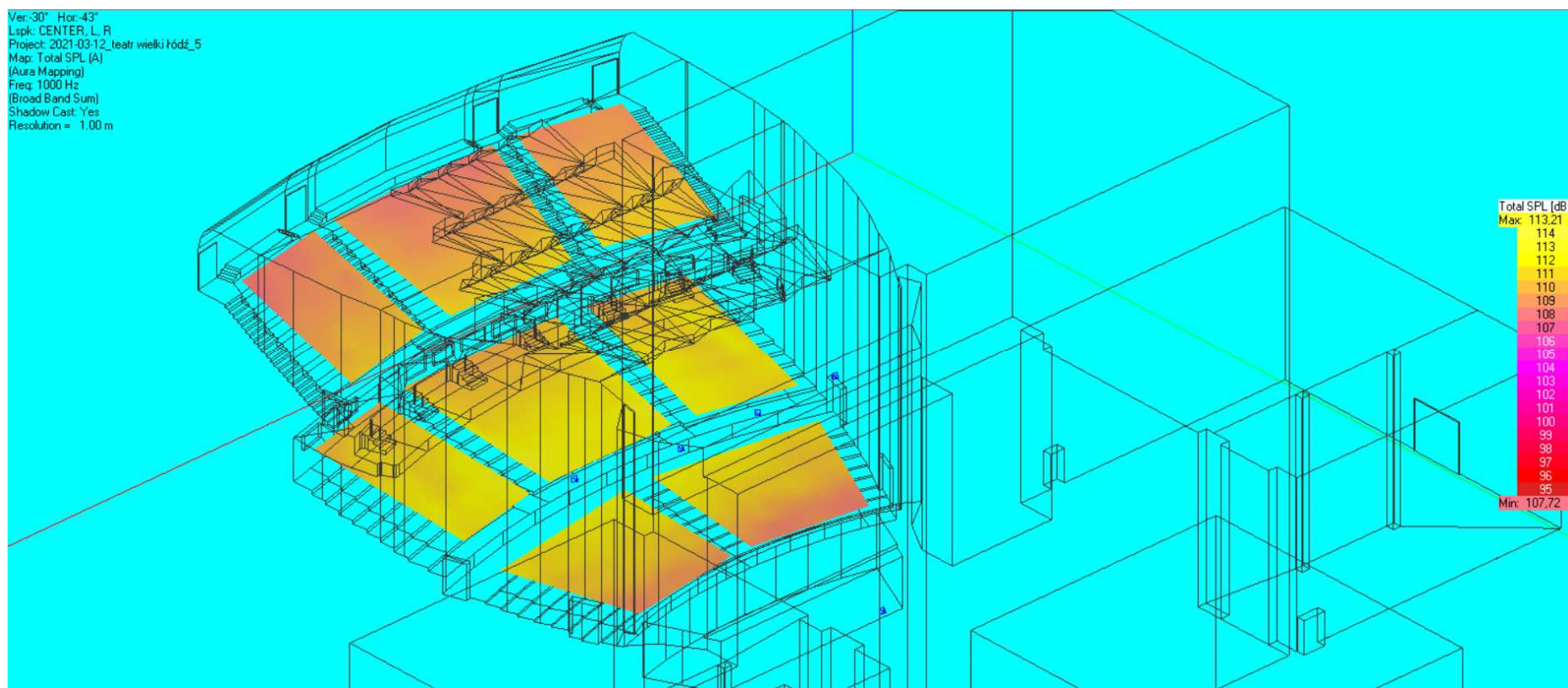
Poniżej przedstawiono uzyskane wyniki poziomu ciśnienia akustycznego dla dwóch gron głośnikowych (rozstaw węższy – 11 m).



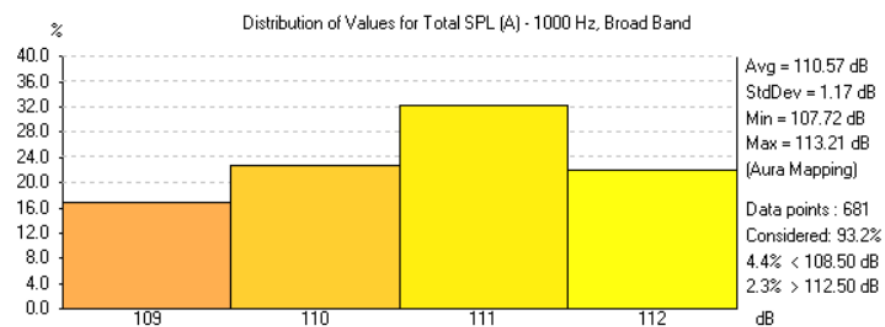
Rys. 4 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk bezpośredni, sygnał szerokopasmowy, krzywa A– rozkład na widowni



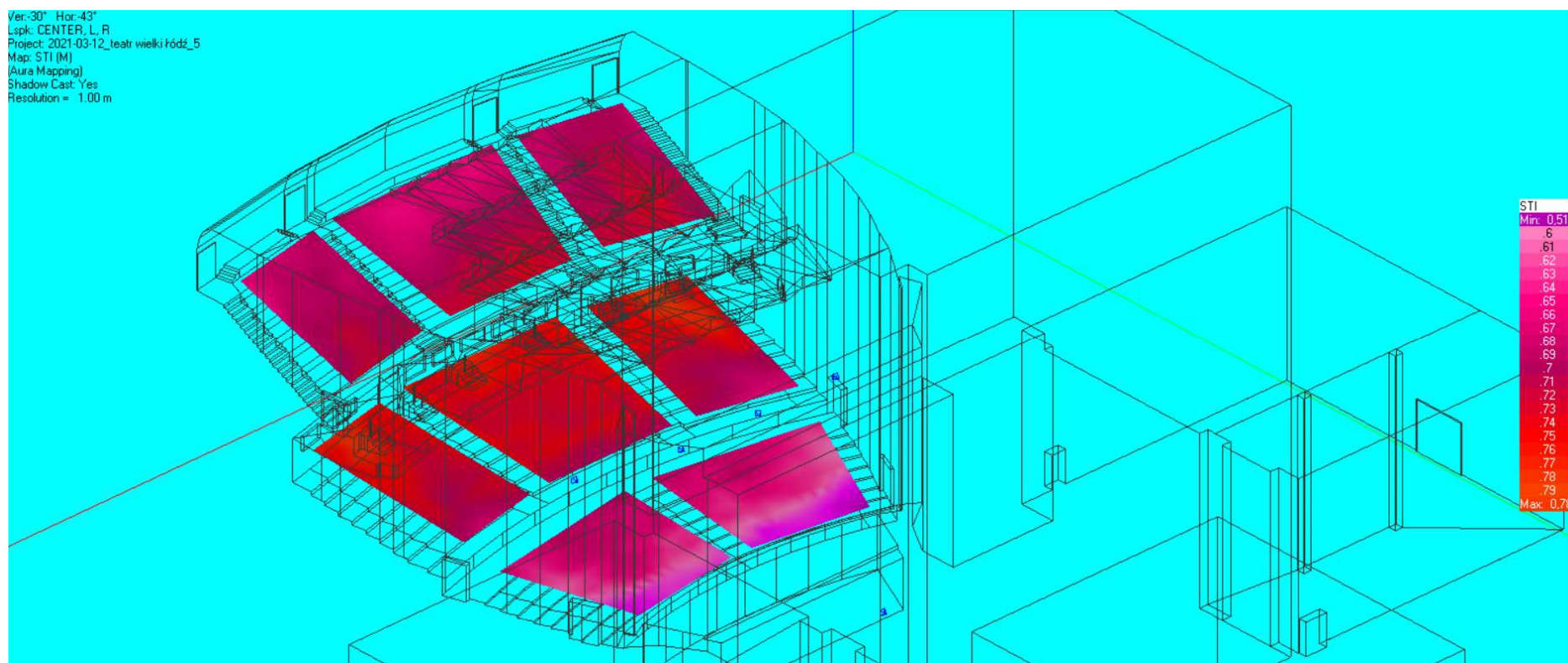
Rys. 5 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk bezpośredni, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład procentowy



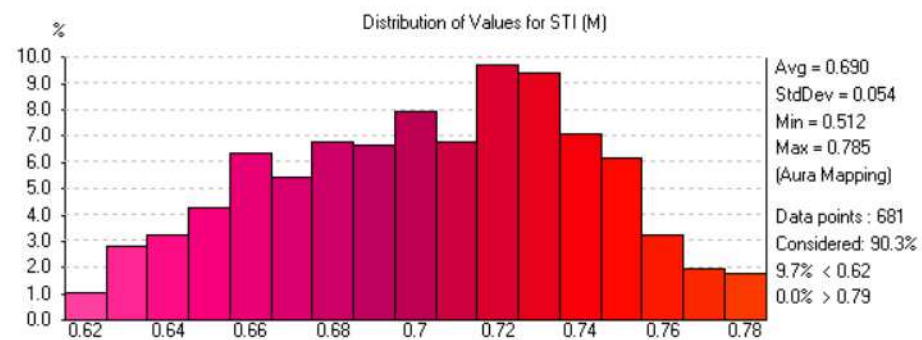
Rys. 6 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład na widowni



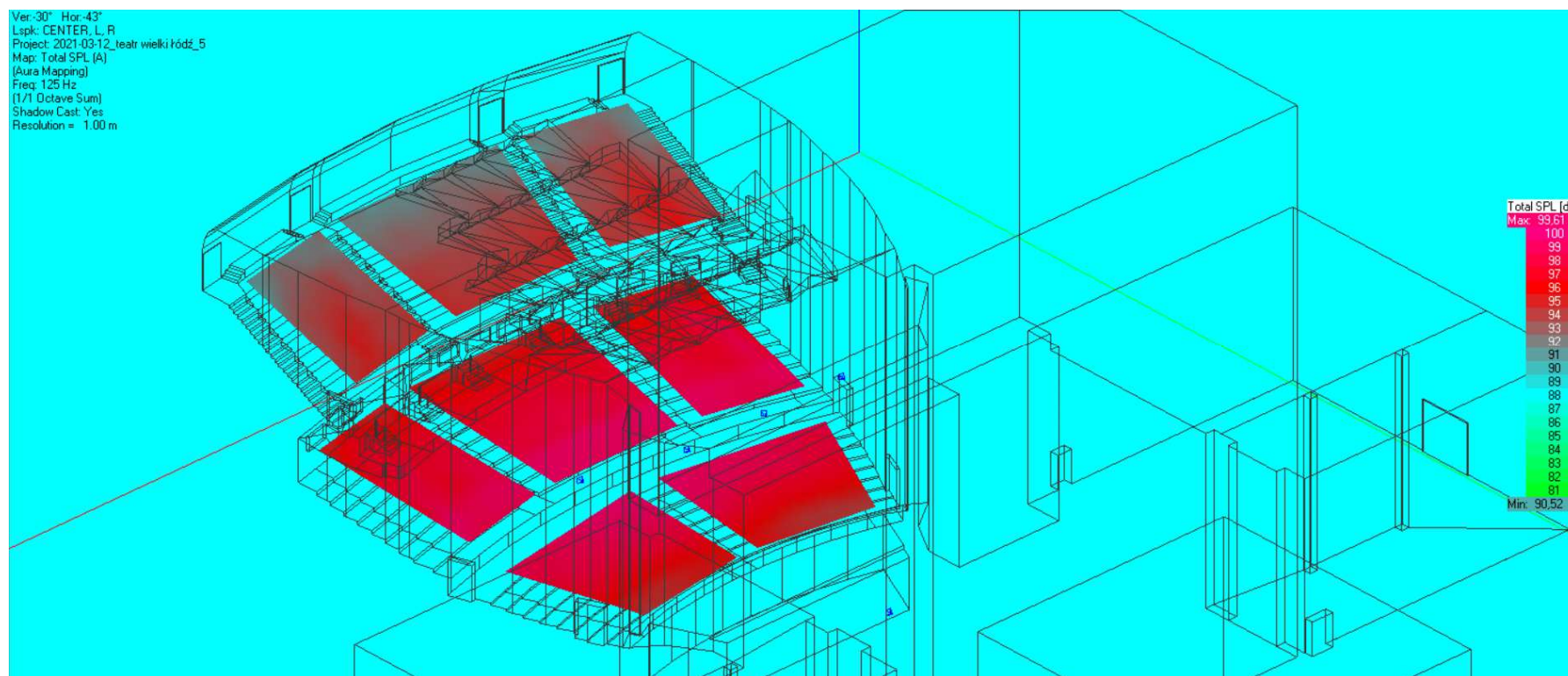
Rys. 7 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład procentowy



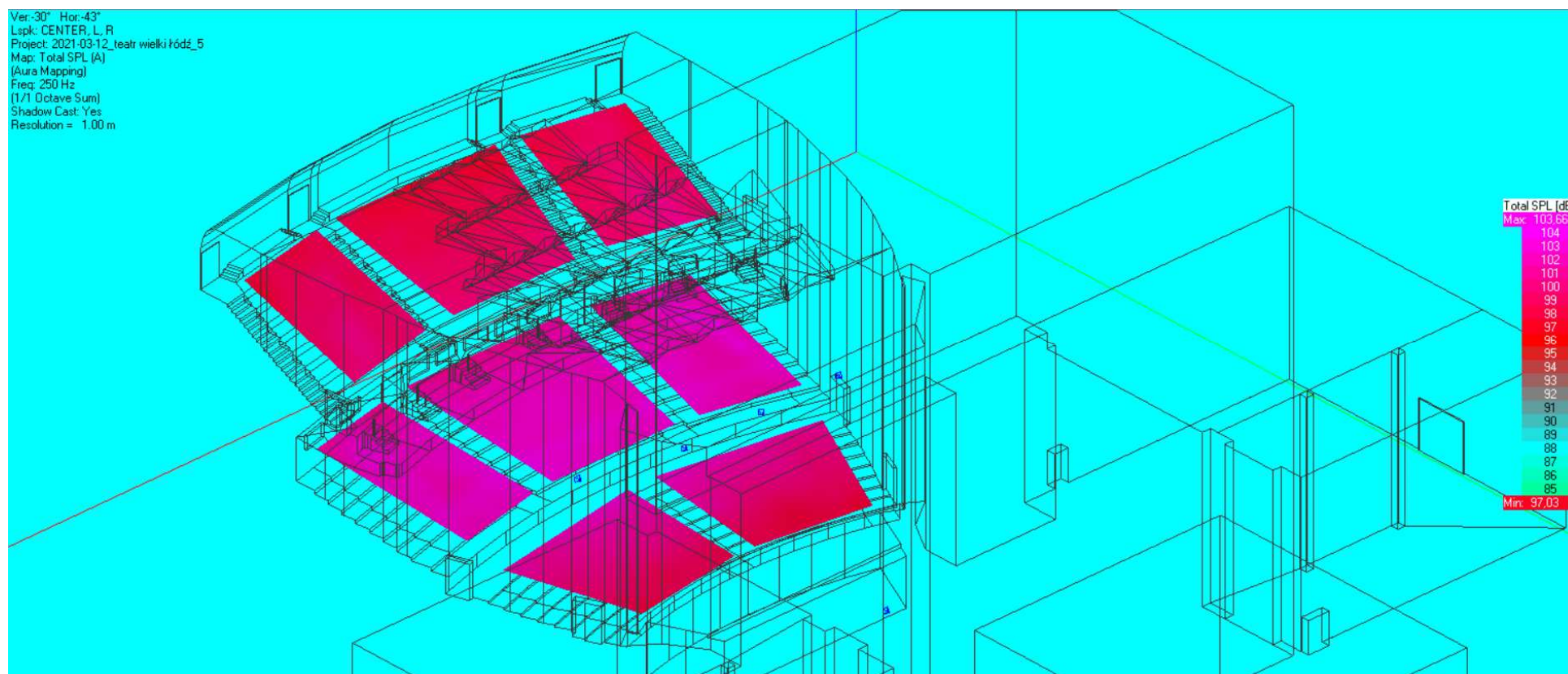
Rys. 8 – wskaźnik transmisji mowy STI – rozkład na widowni



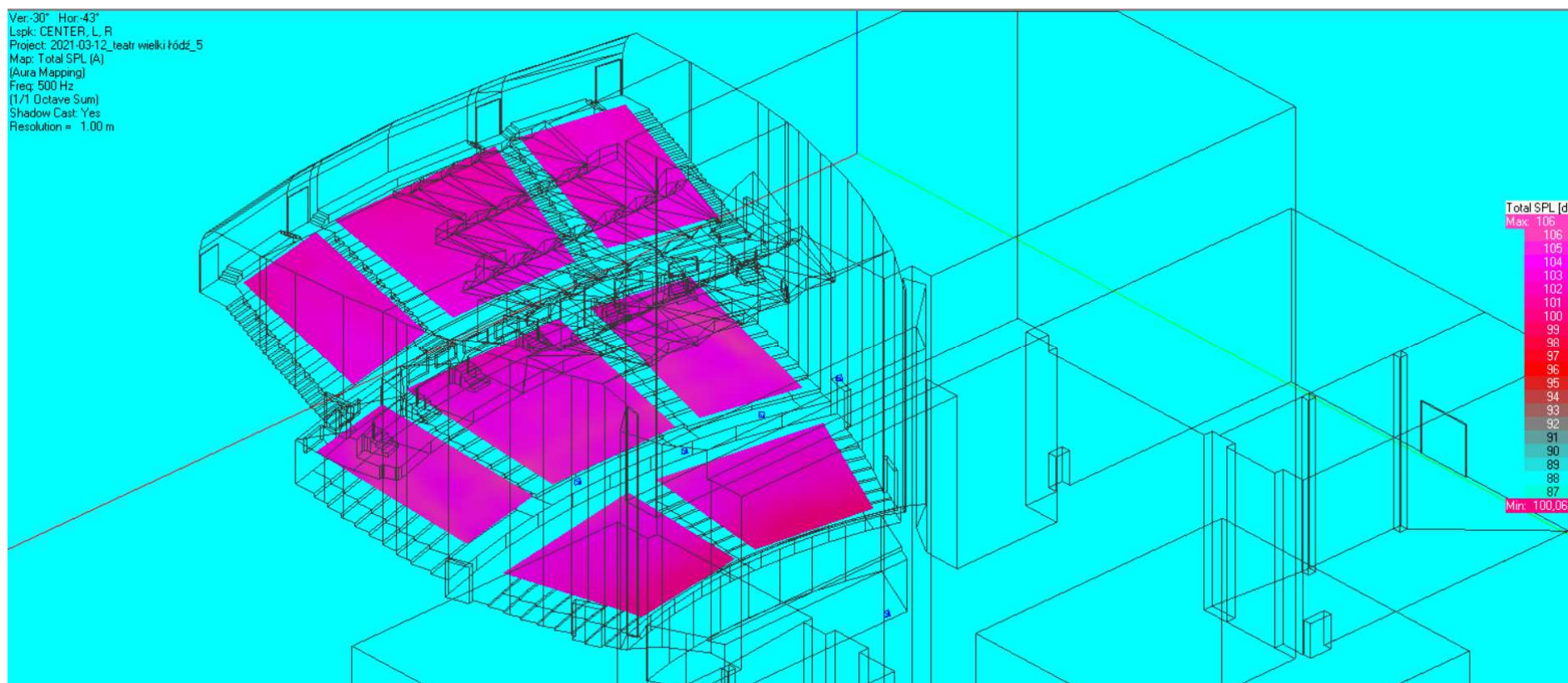
Rys. 9 – wskaźnik transmisji mowy STI – rozkład procentowy



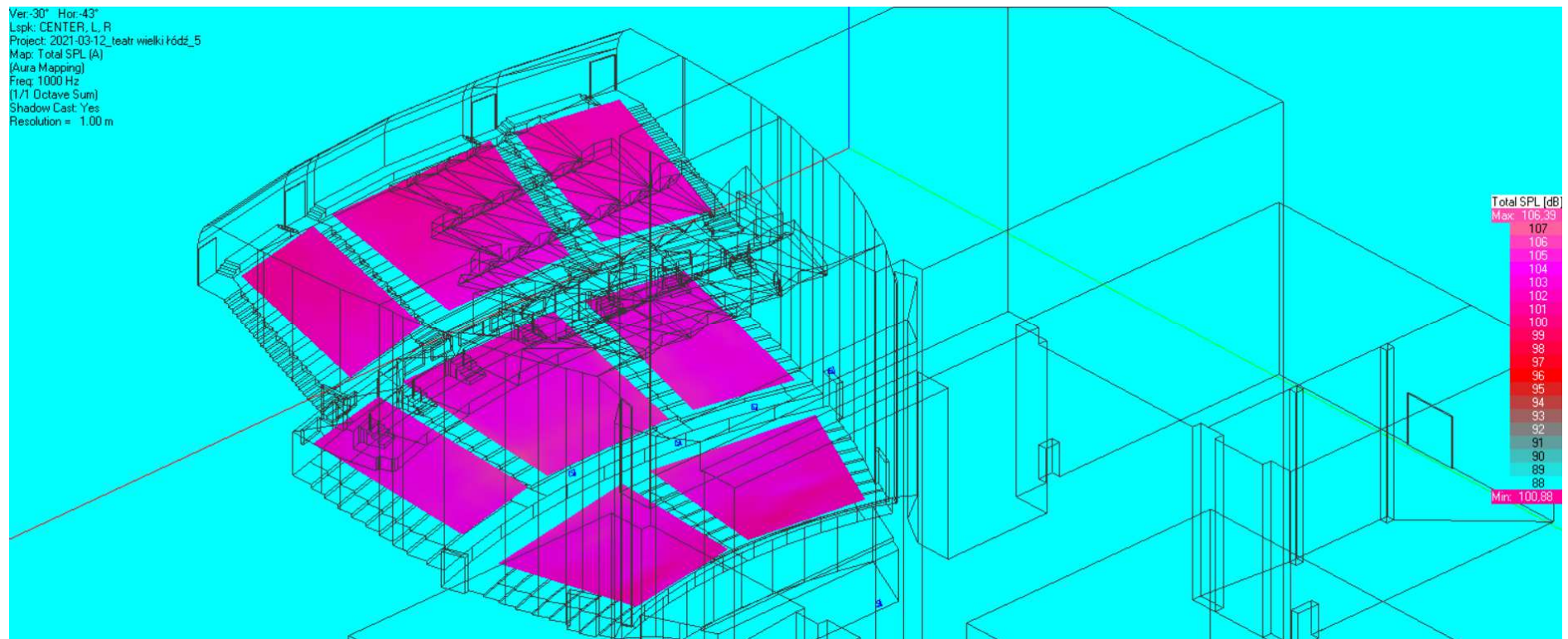
Rys. 10 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 125Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



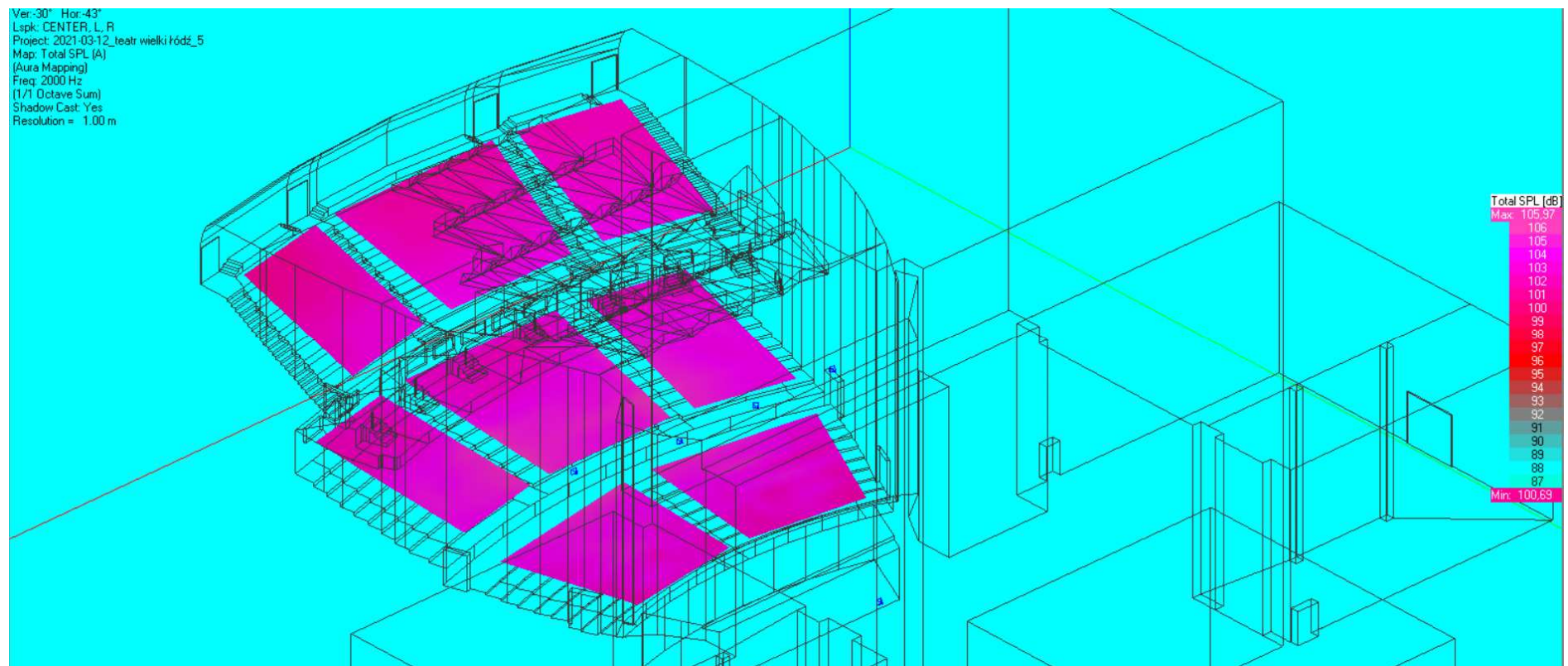
Rys. 11 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 250Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



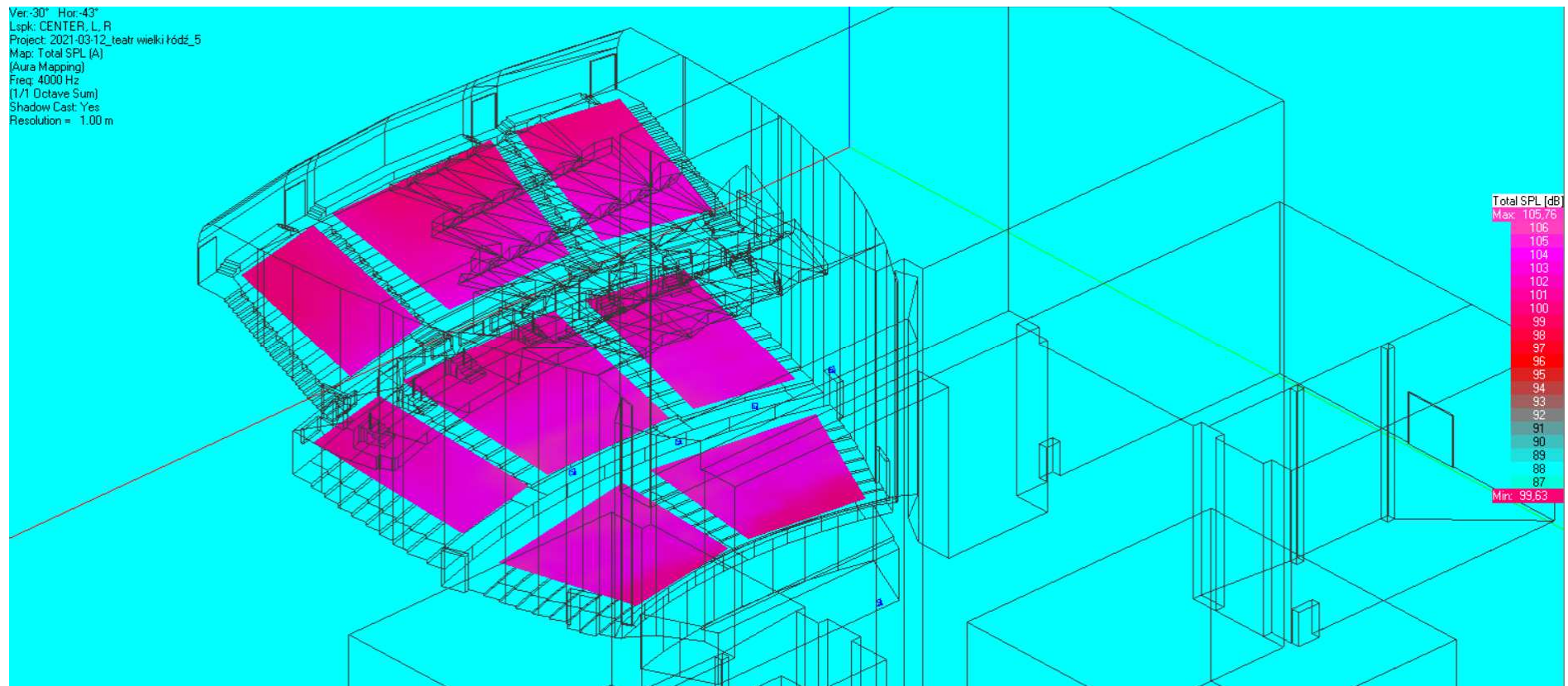
Rys. 12– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 500Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



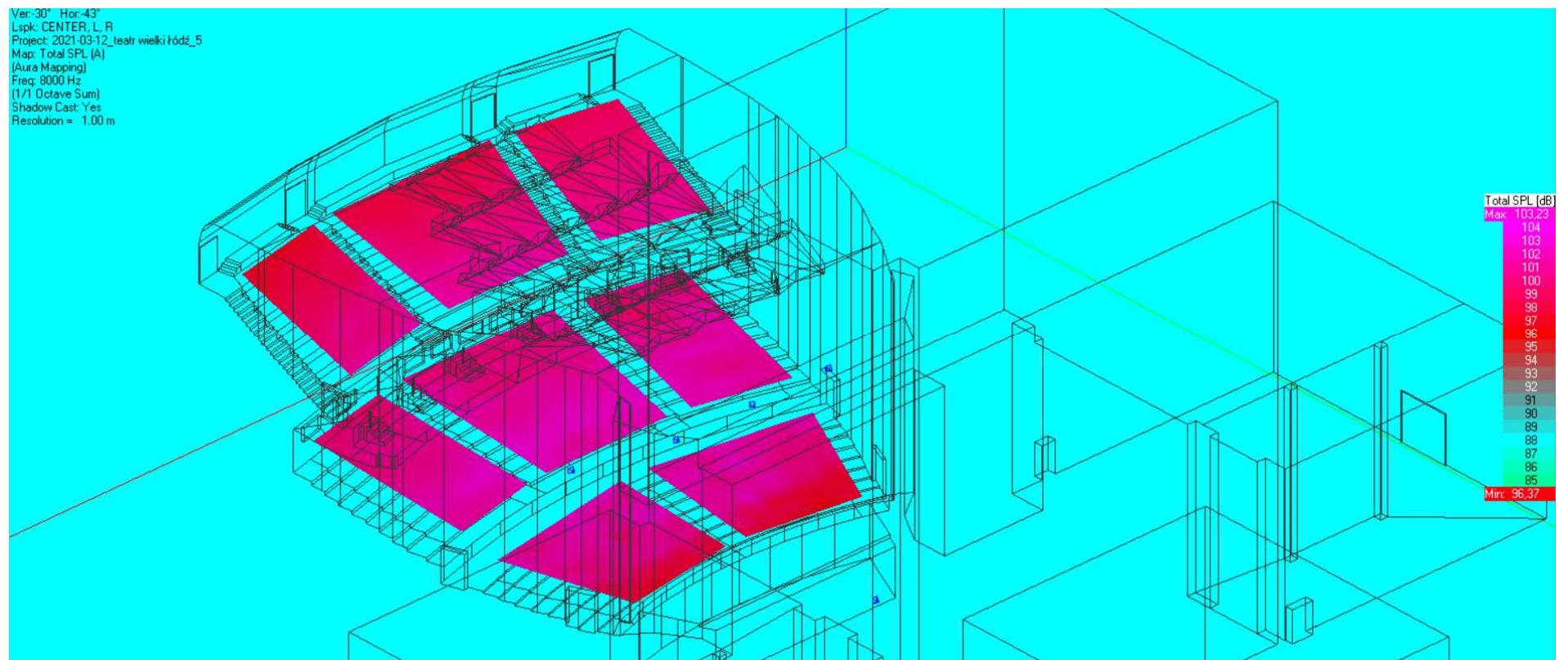
Rys. 13– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 1kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



Rys. 14– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 2kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



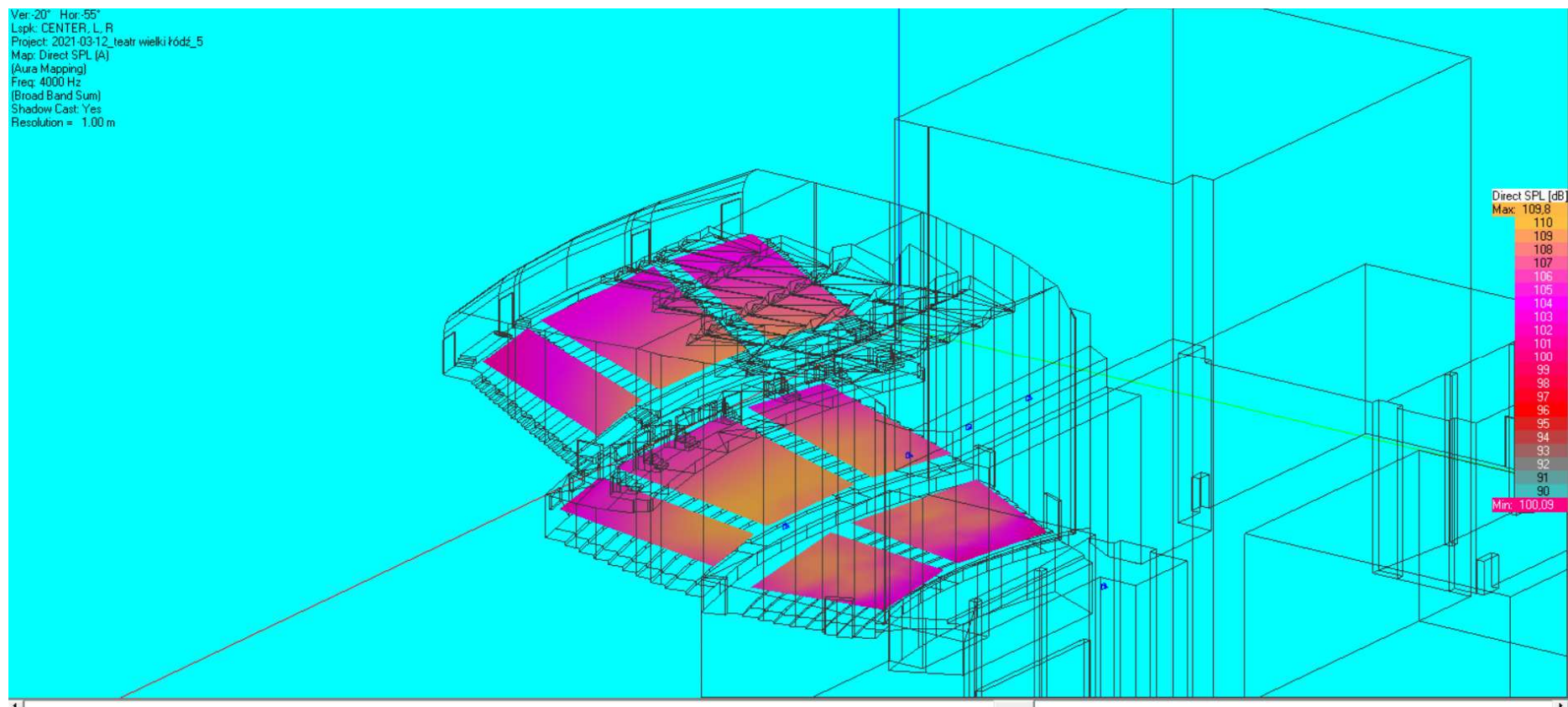
Rys. 15– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 4kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



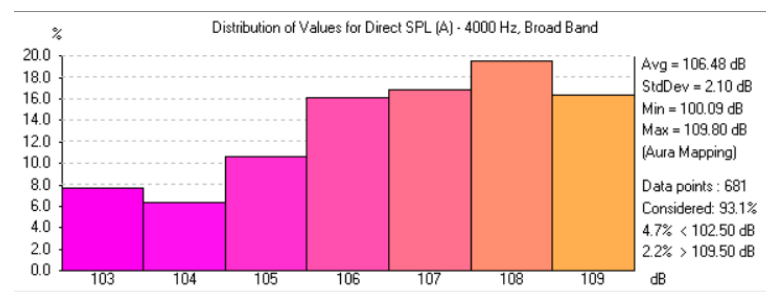
Rys. 16– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 8kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni

1.4. Wariant o szerszym rozstawie gron

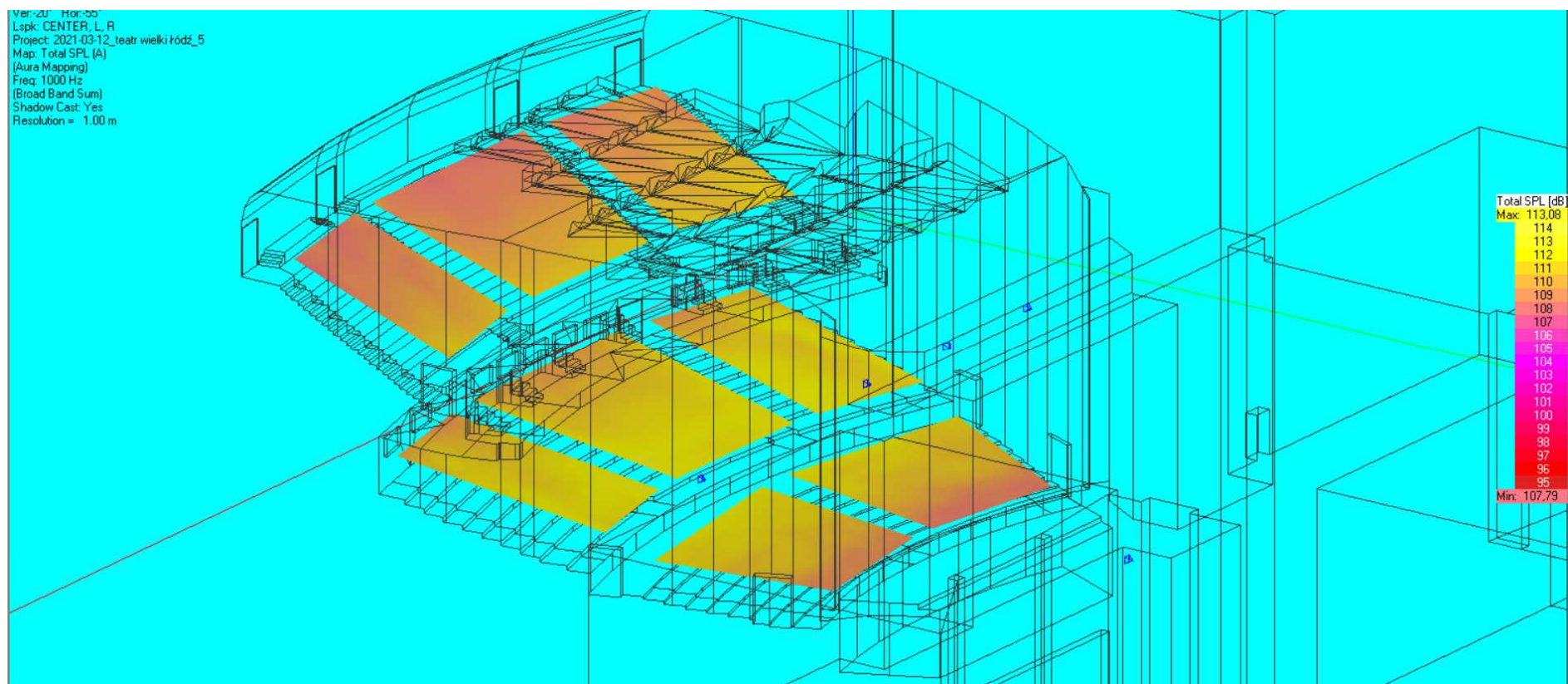
Poniżej przedstawiono uzyskane wyniki poziomu ciśnienia akustycznego dla dwóch gron głośnikowych (rozstaw szerszy – 12m).



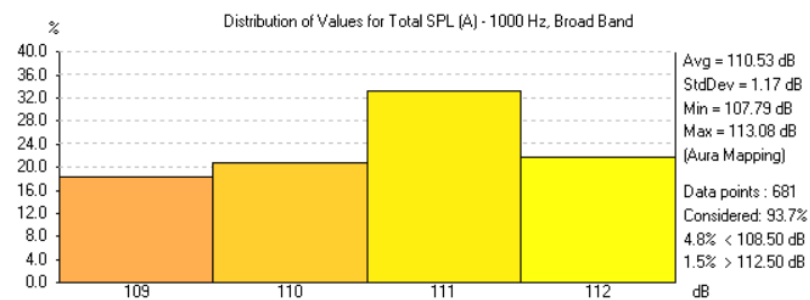
Rys. 17 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk bezpośredni, sygnał szerokopasmowy, krzywa A– rozkład na widowni



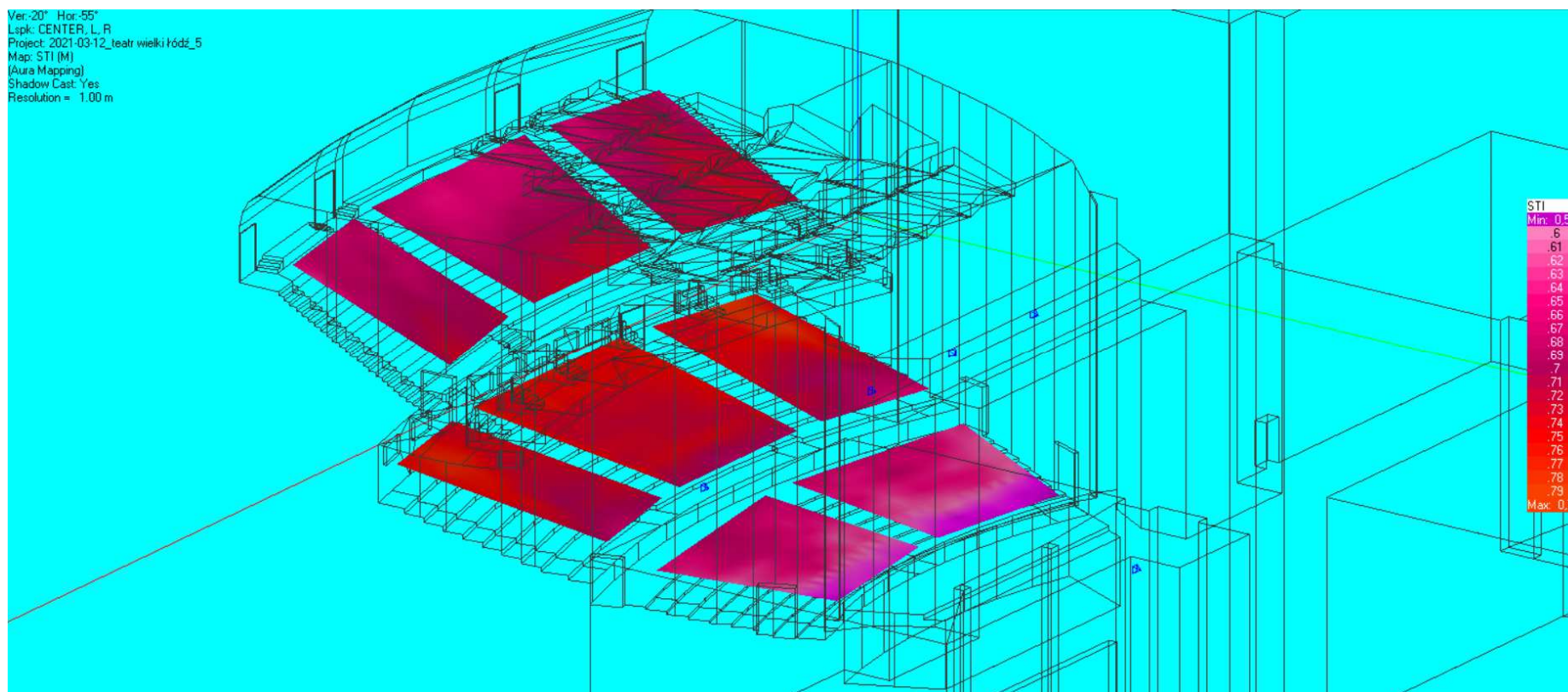
Rys. 18– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk bezpośredni, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład procentowy



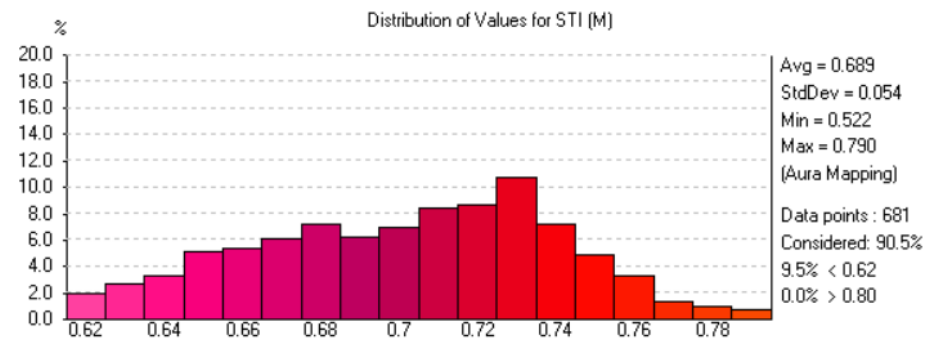
Rys. 19 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład na widowni



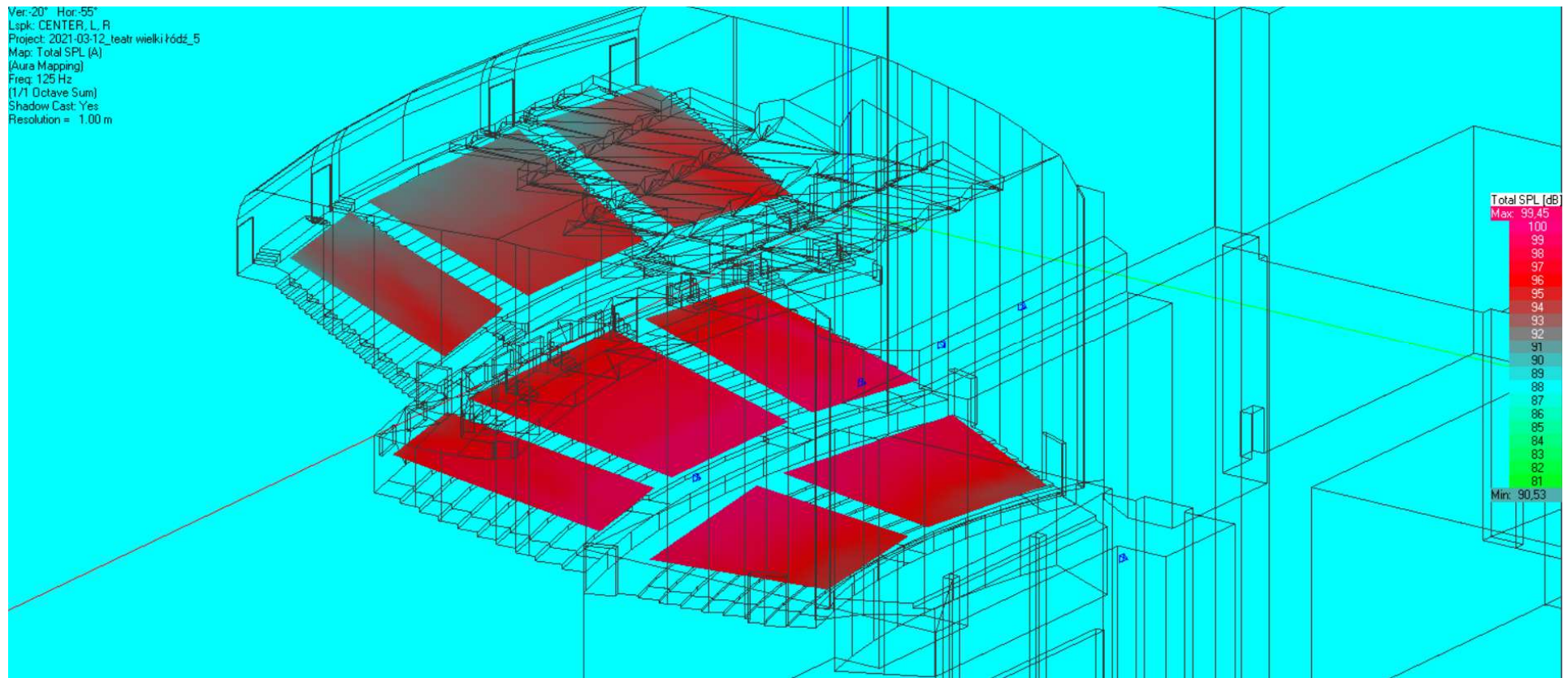
Rys. 20 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład procentowy



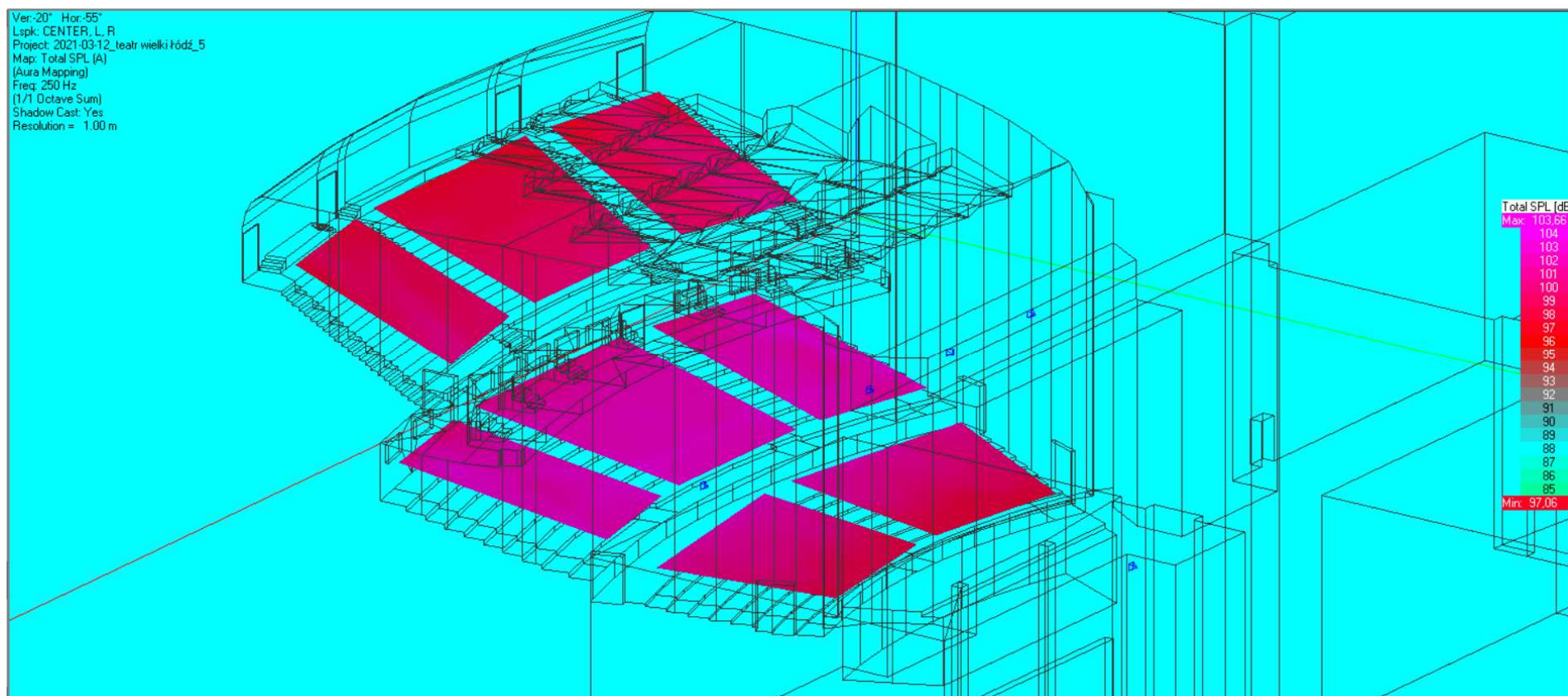
Rys. 21 – wskaźnik transmisji mowy STI – rozkład na widowni



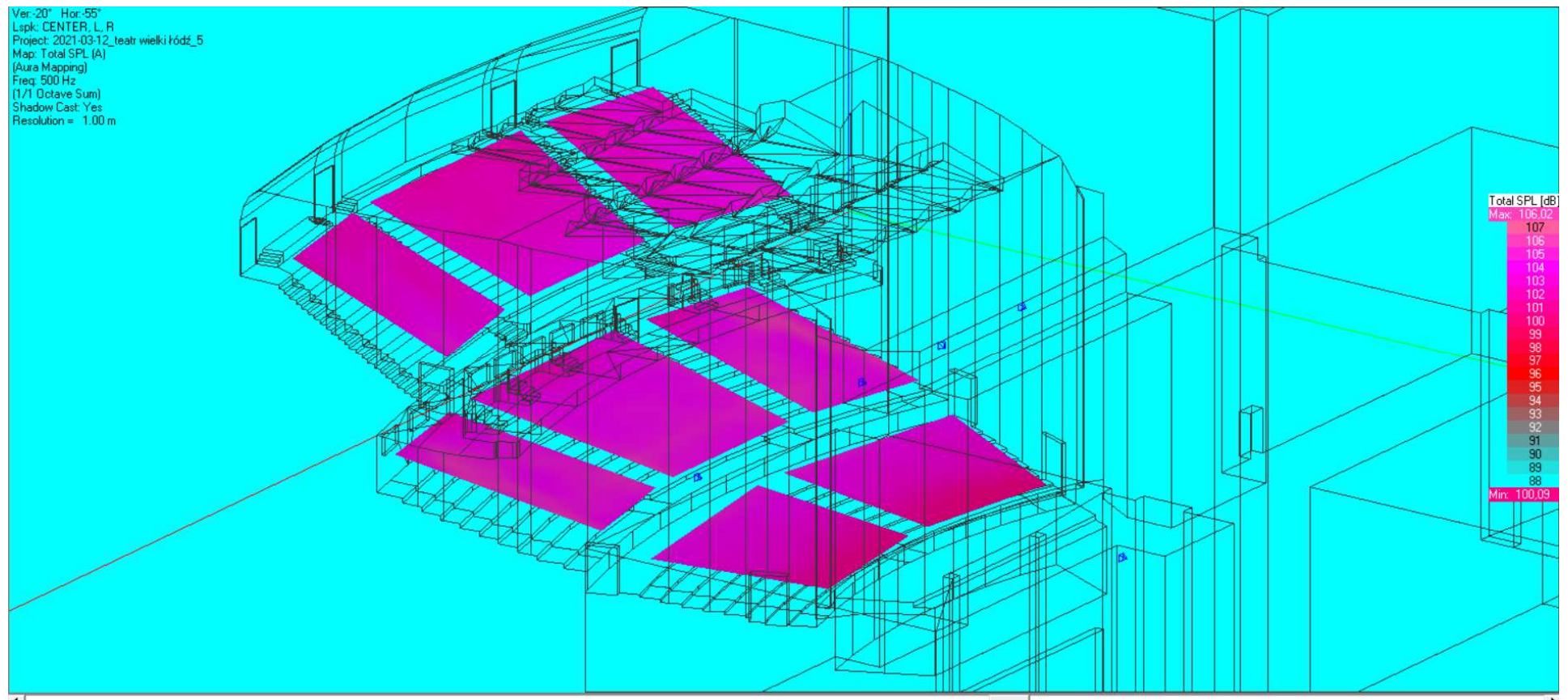
Rys. 22 – wskaźnik transmisji mowy STI – rozkład procentowy



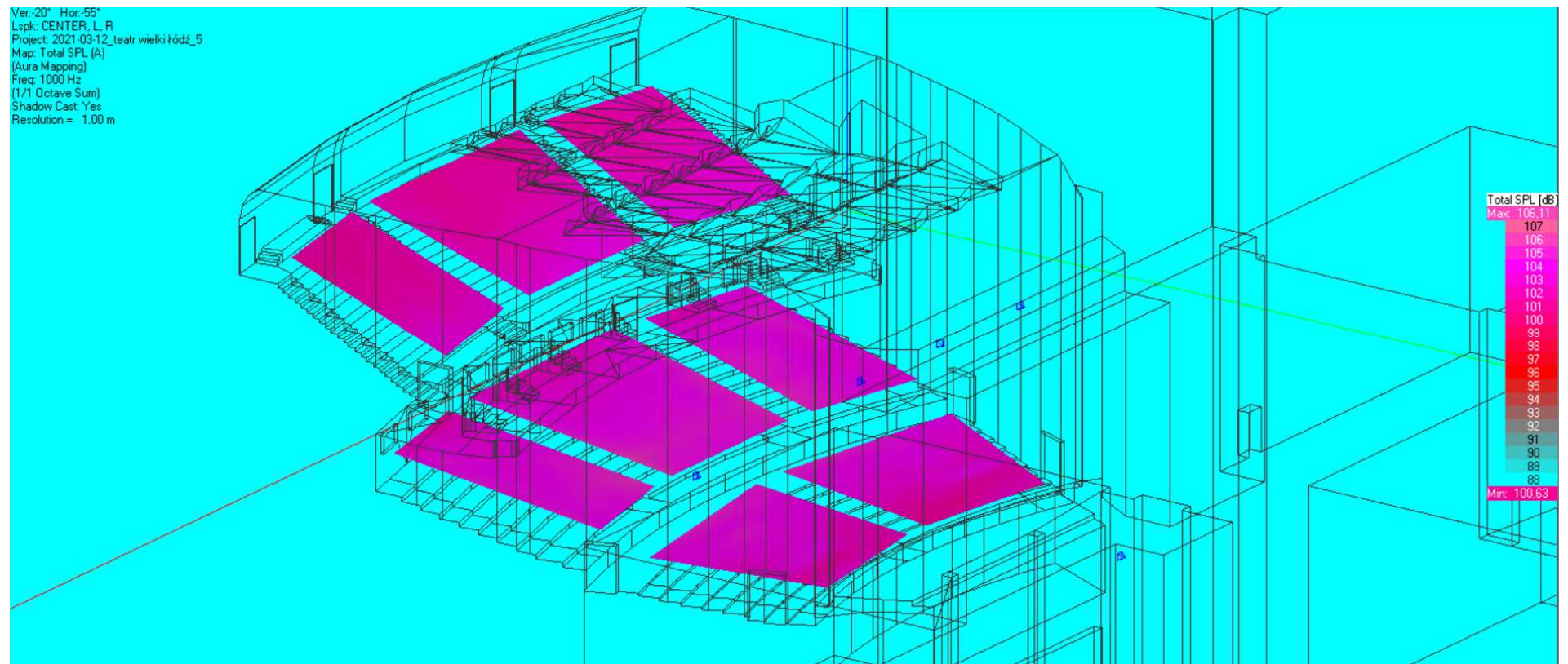
Rys. 23 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 125Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



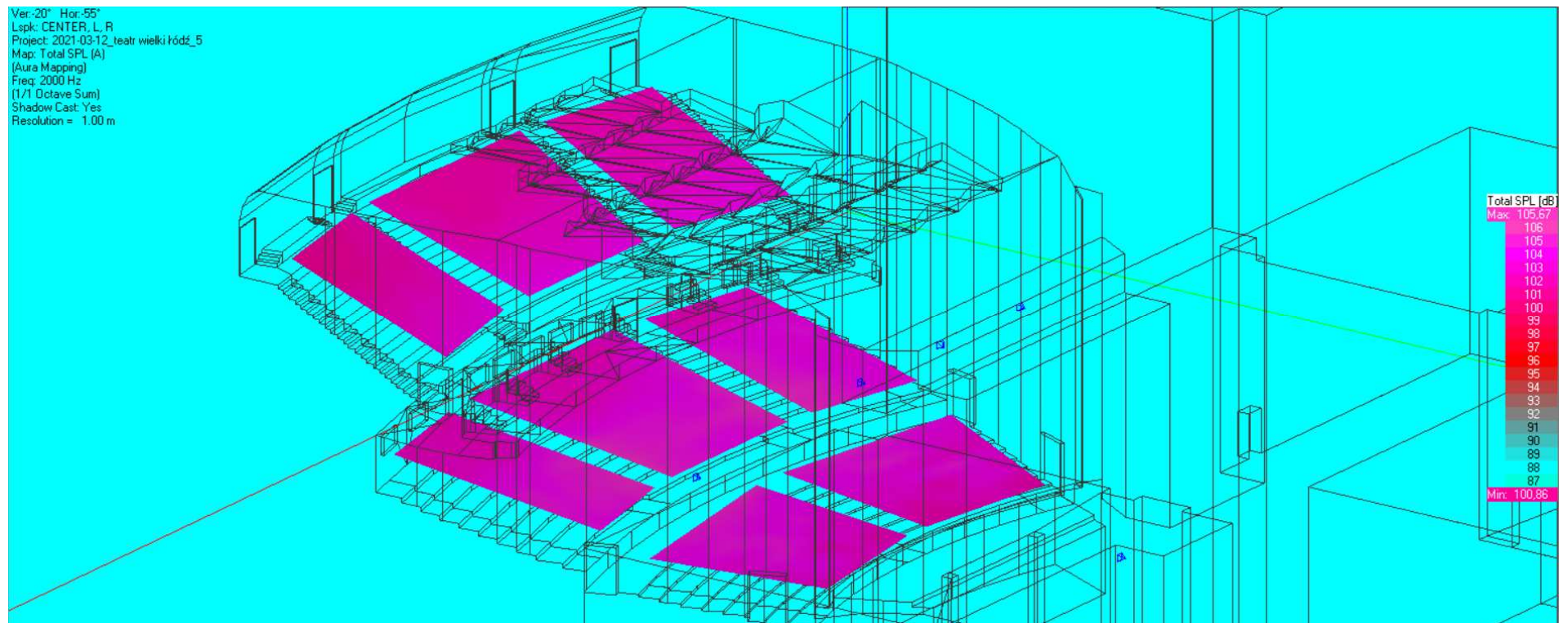
Rys. 24 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 250Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



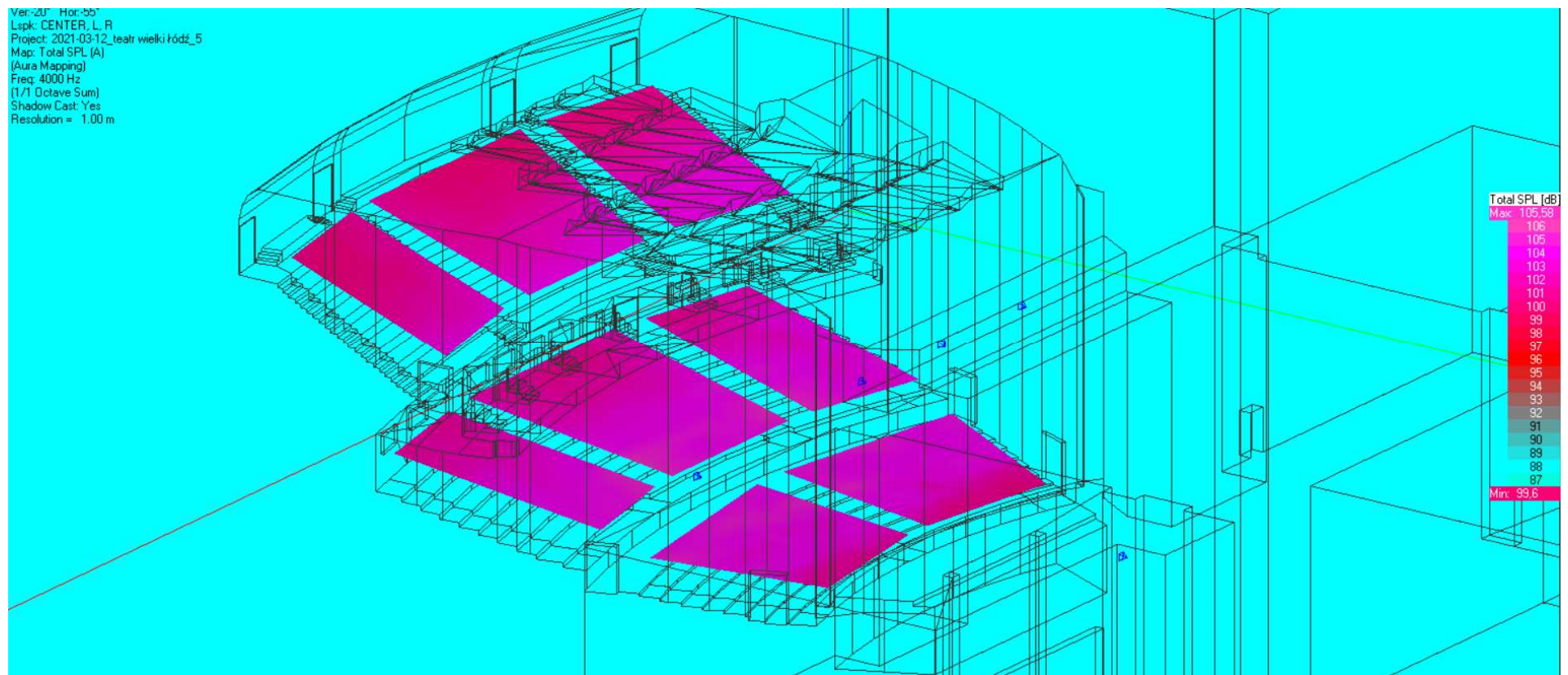
Rys. 25– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 500Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



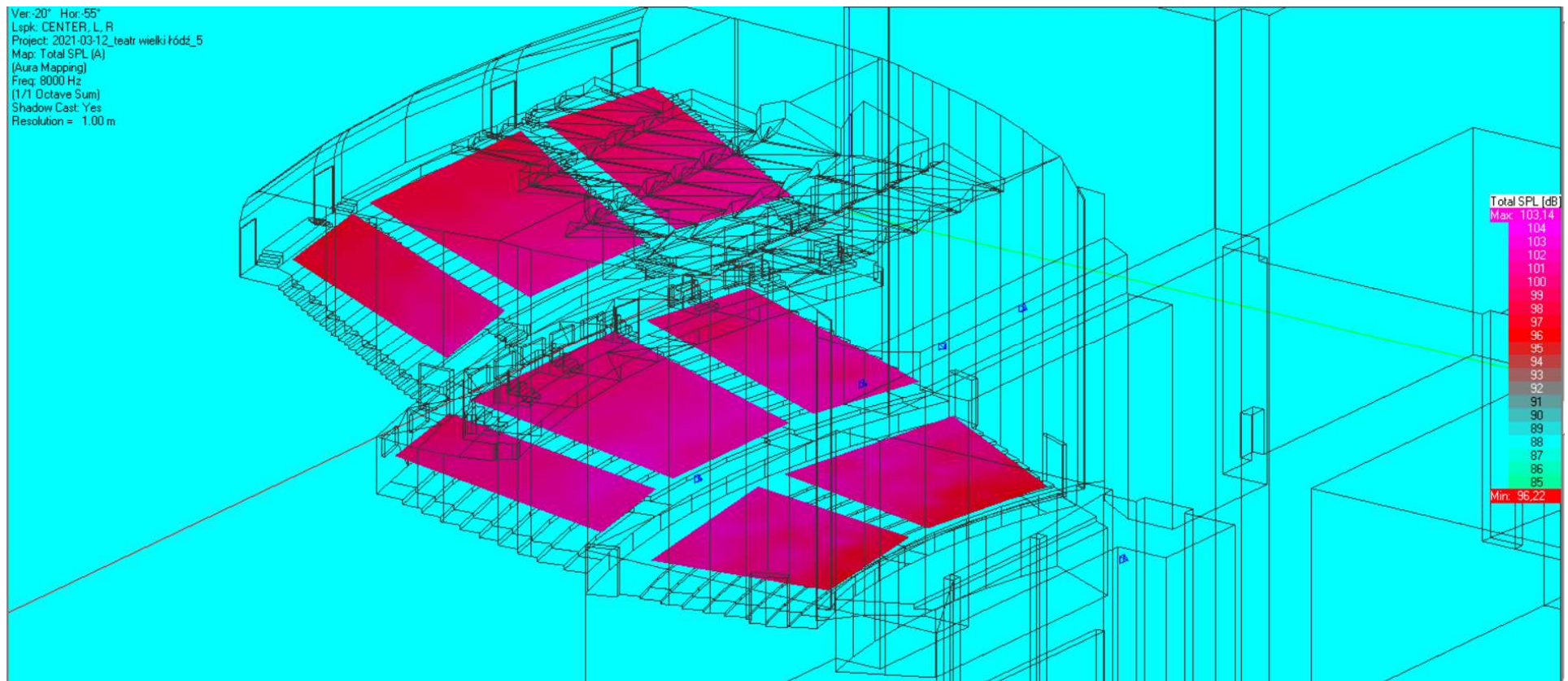
Rys. 26– poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 1 kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



Rys. 27 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 2kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



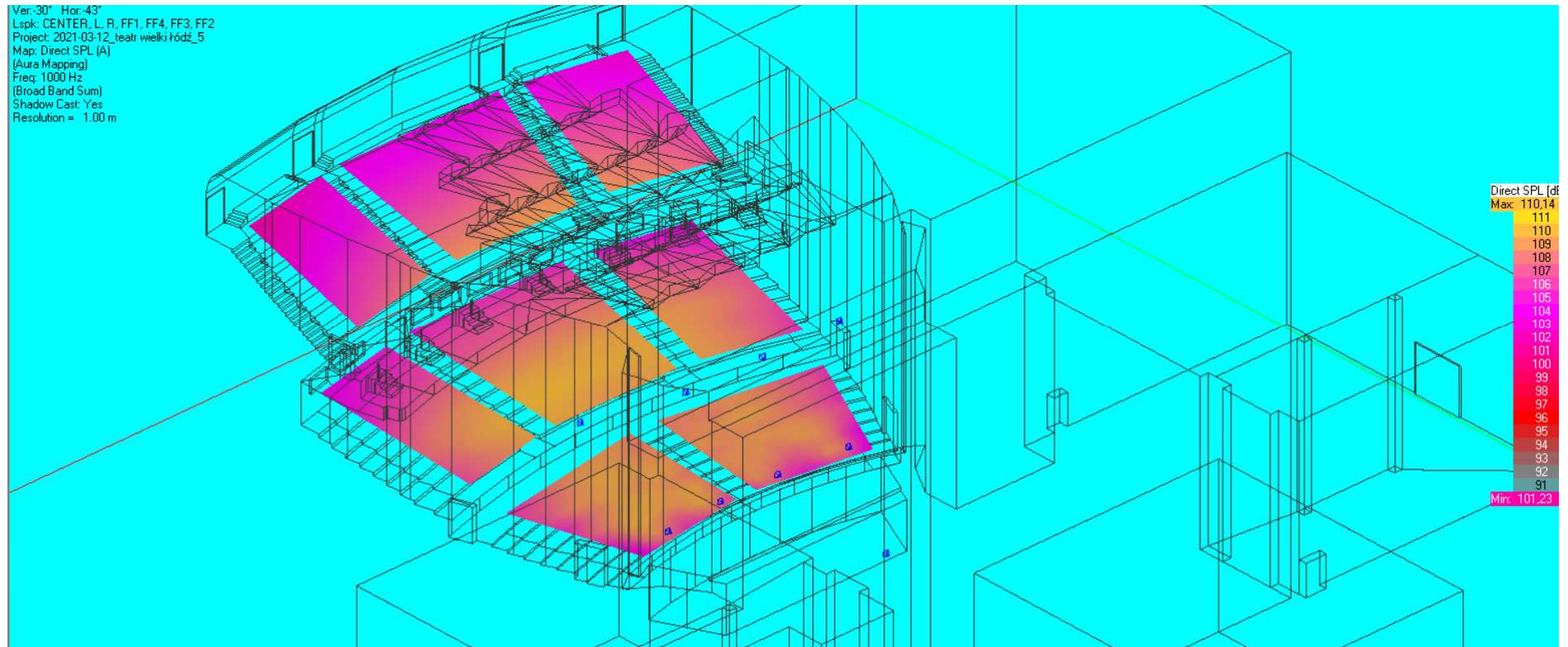
Rys. 28 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 4kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



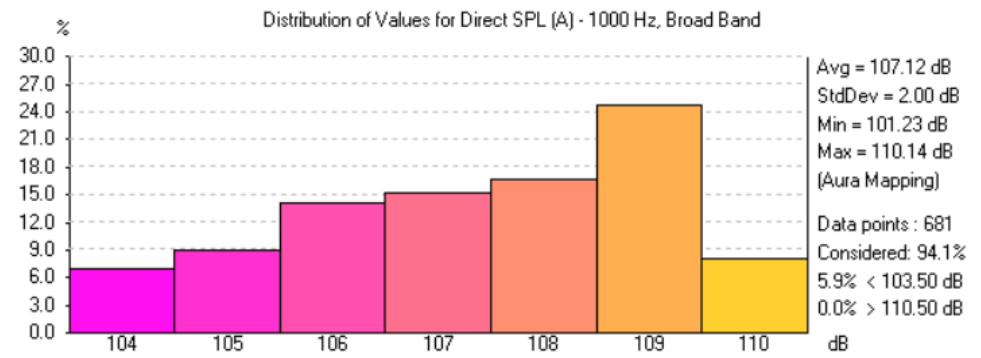
Rys. 29 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 8kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni

1.5. Wariant o szerszym rozstawie gron oraz zestawami głośnikowymi typu front fill

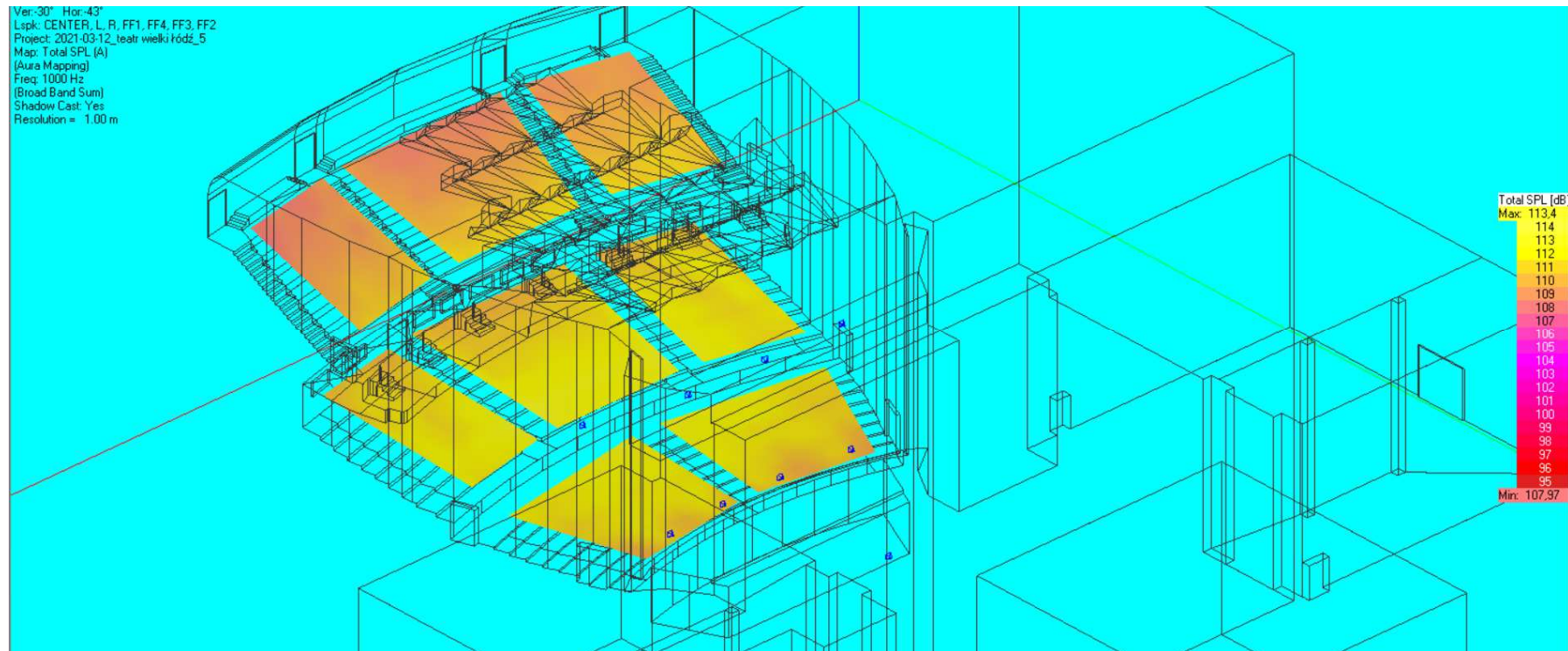
Poniżej przedstawiono uzyskane wyniki poziomu ciśnienia akustycznego dla dwóch gron głośnikowych (rozstaw szerszy – 12m).



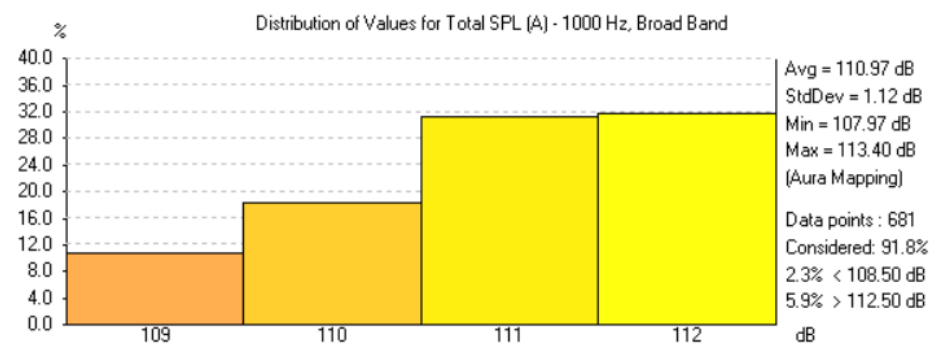
Rys. 30 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk bezpośredni, sygnał szerokopasmowy, krzywa A– rozkład na widowni



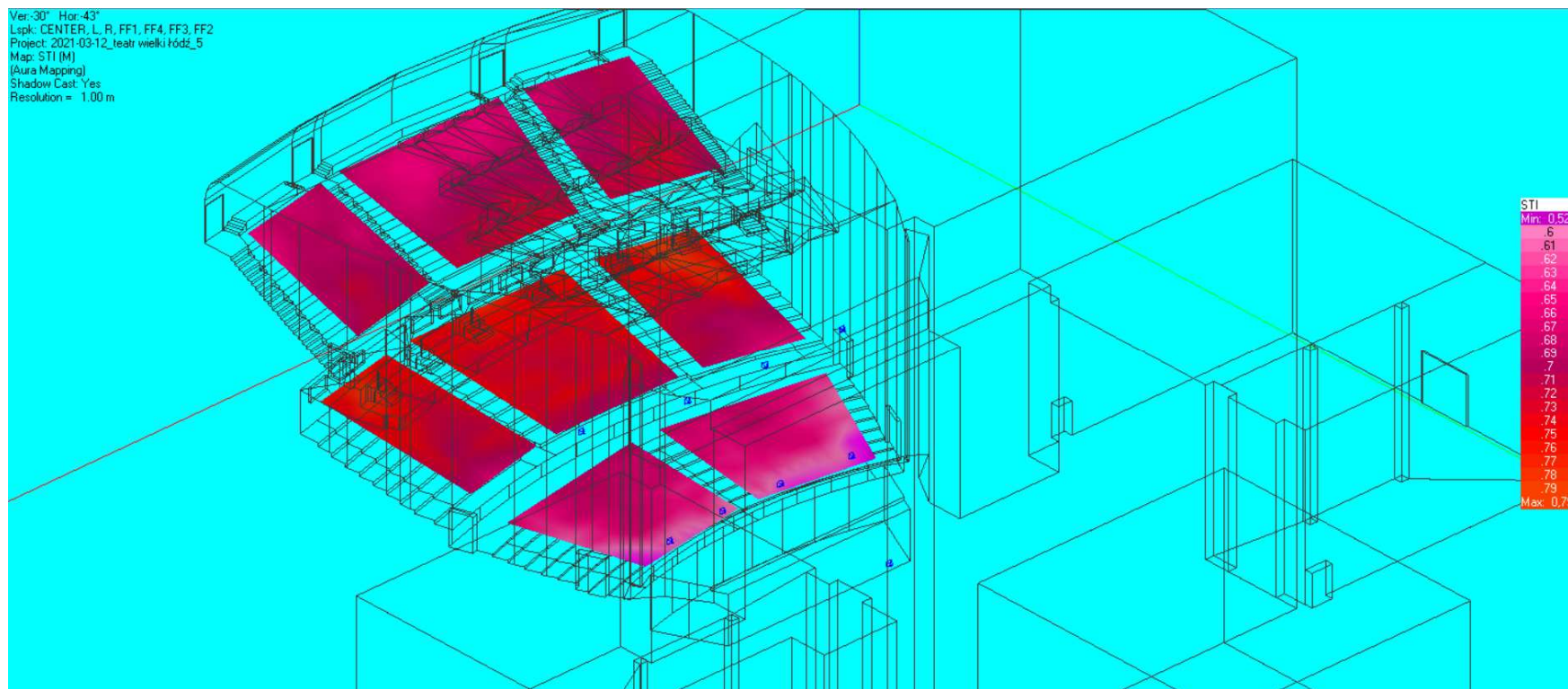
Rys. 31 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk bezpośredni, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład procentowy



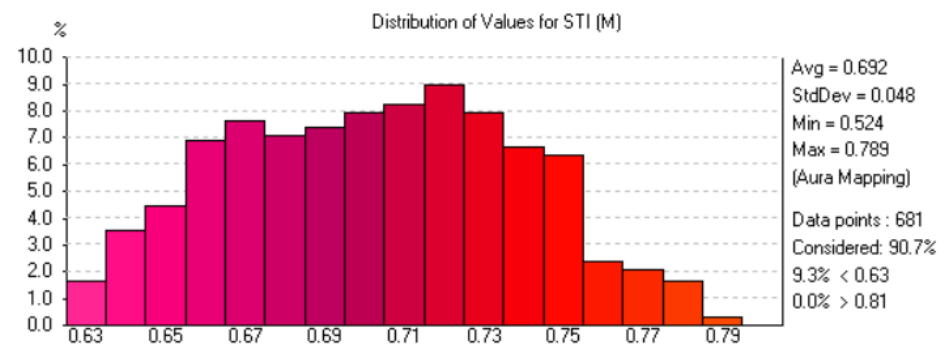
Rys. 32 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład na widowni



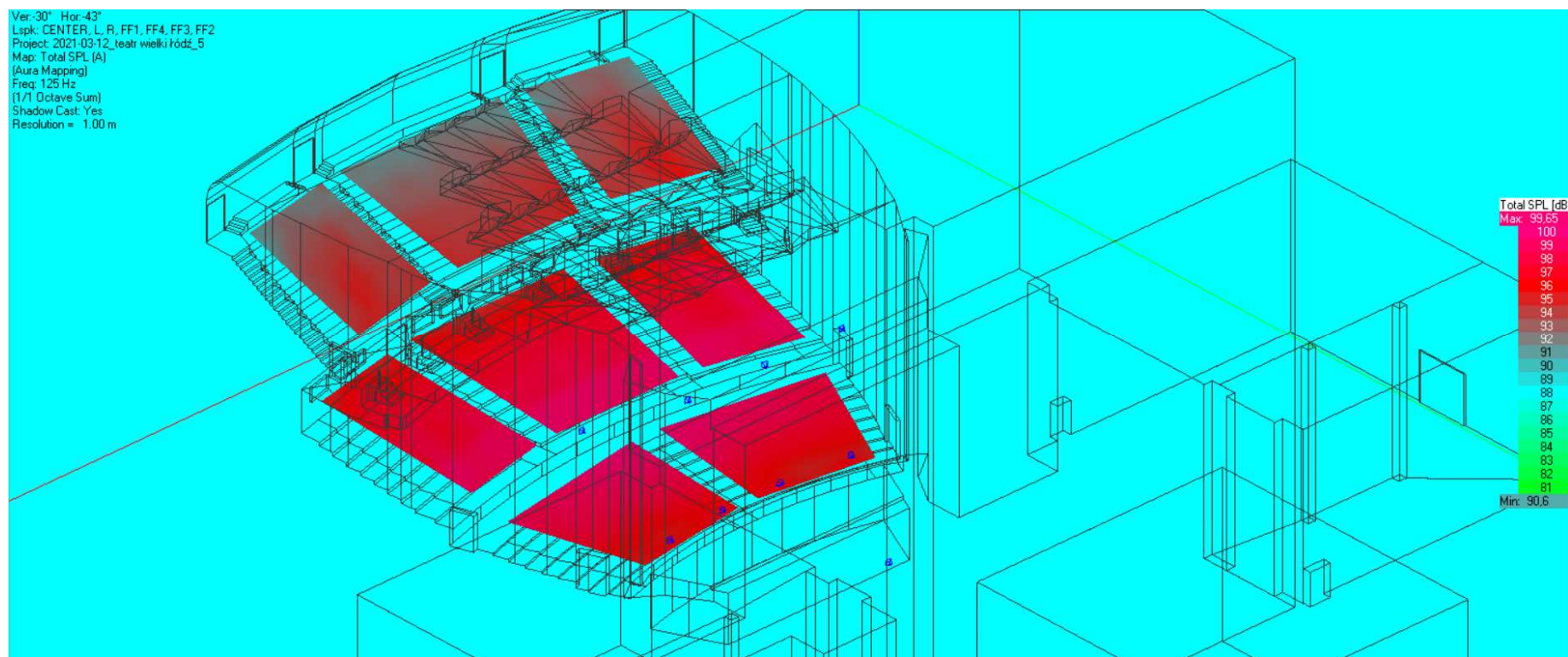
Rys. 33 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, sygnał szerokopasmowy, krzywa A – rozkład procentowy



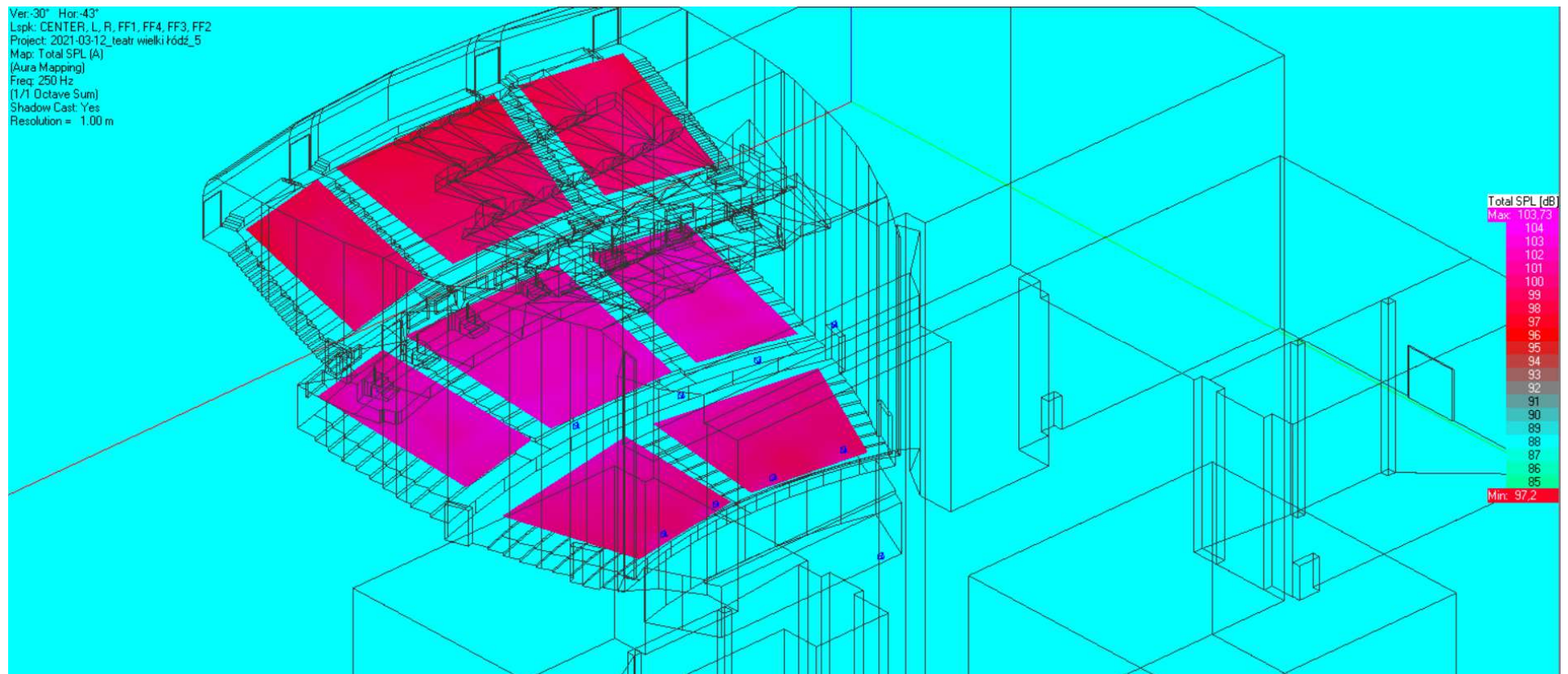
Rys. 34 – wskaźnik transmisji mowy STI – rozkład na widowni



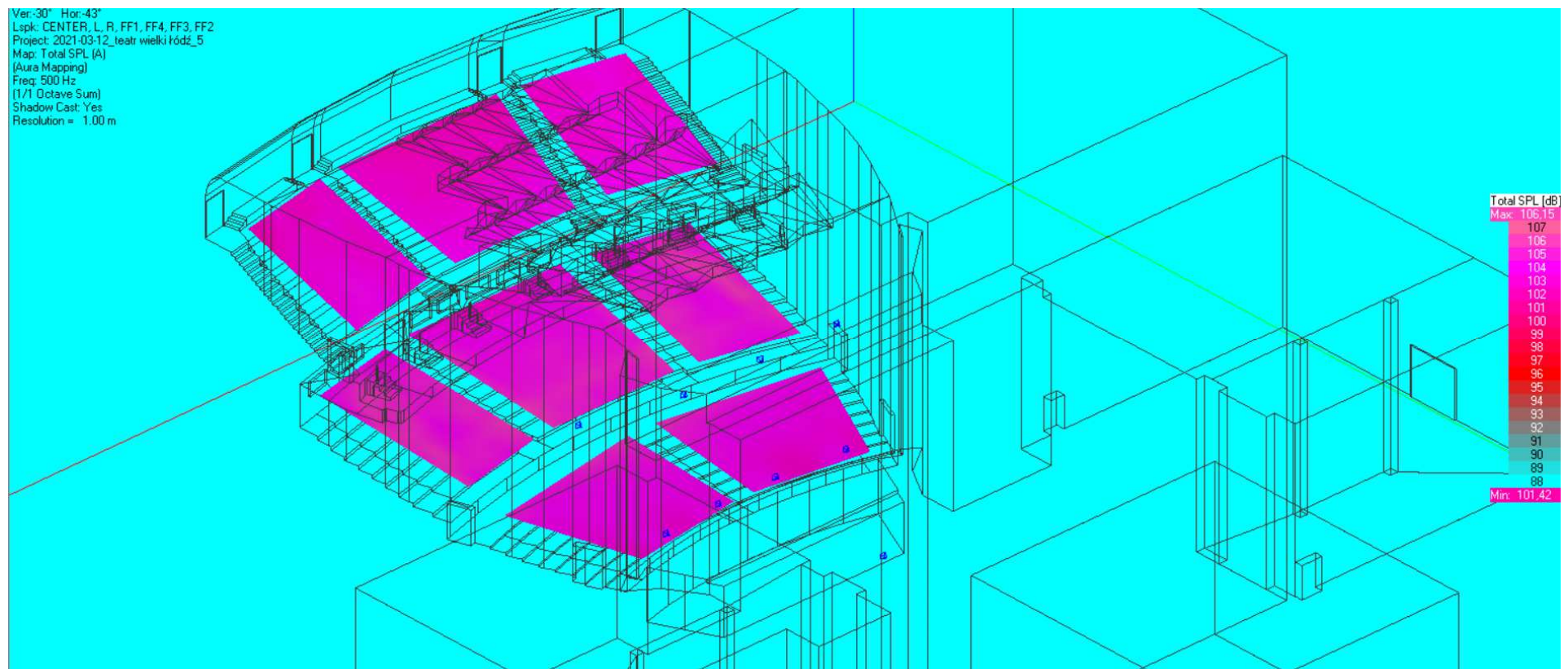
Rys. 35 – wskaźnik transmisji mowy STI – rozkład procentowy



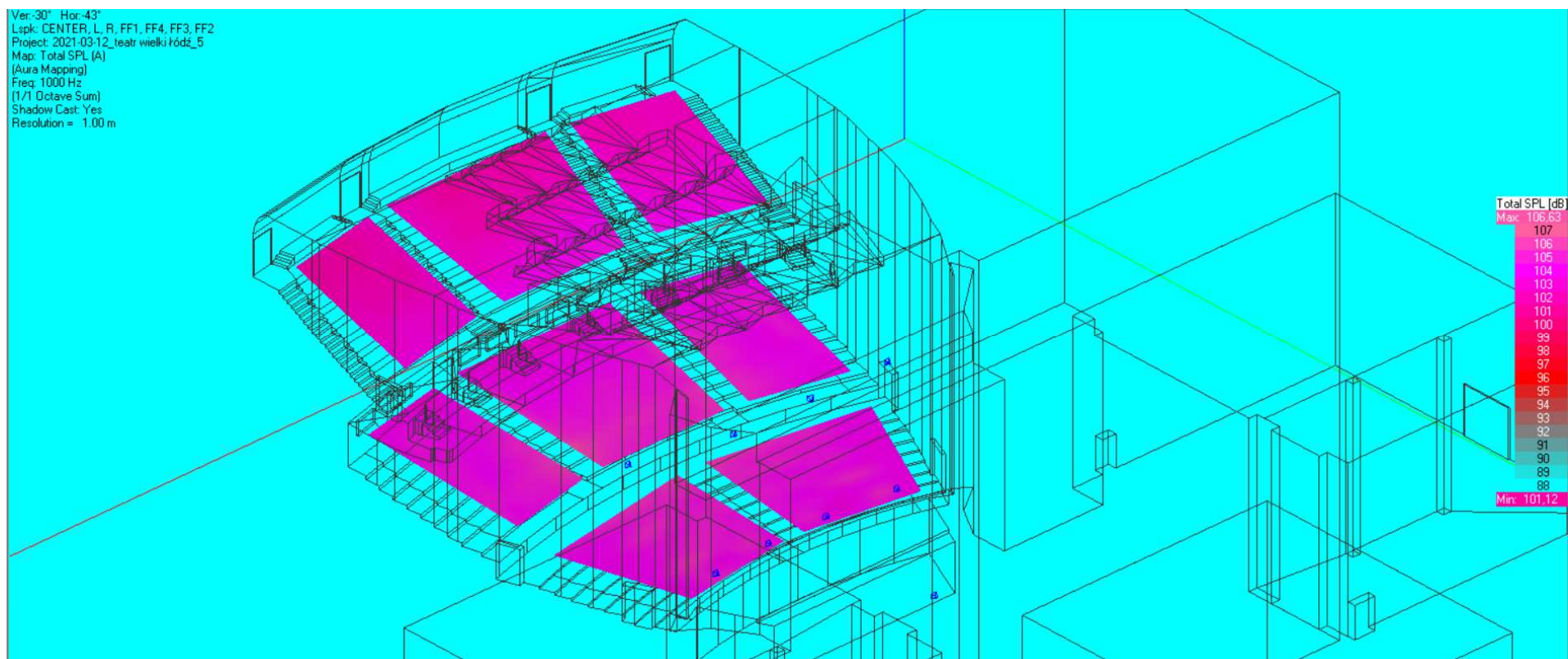
Rys. 36 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 125Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



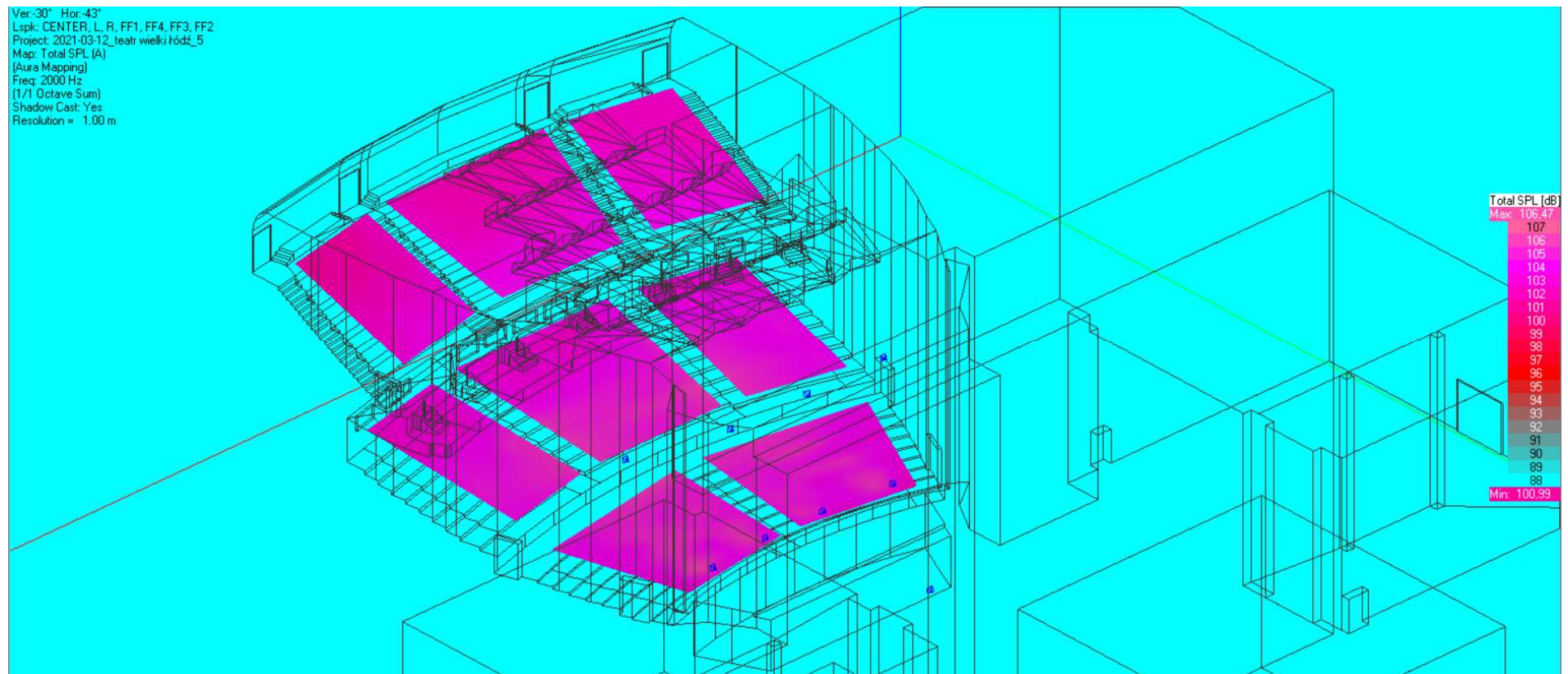
Rys. 37 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 250Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



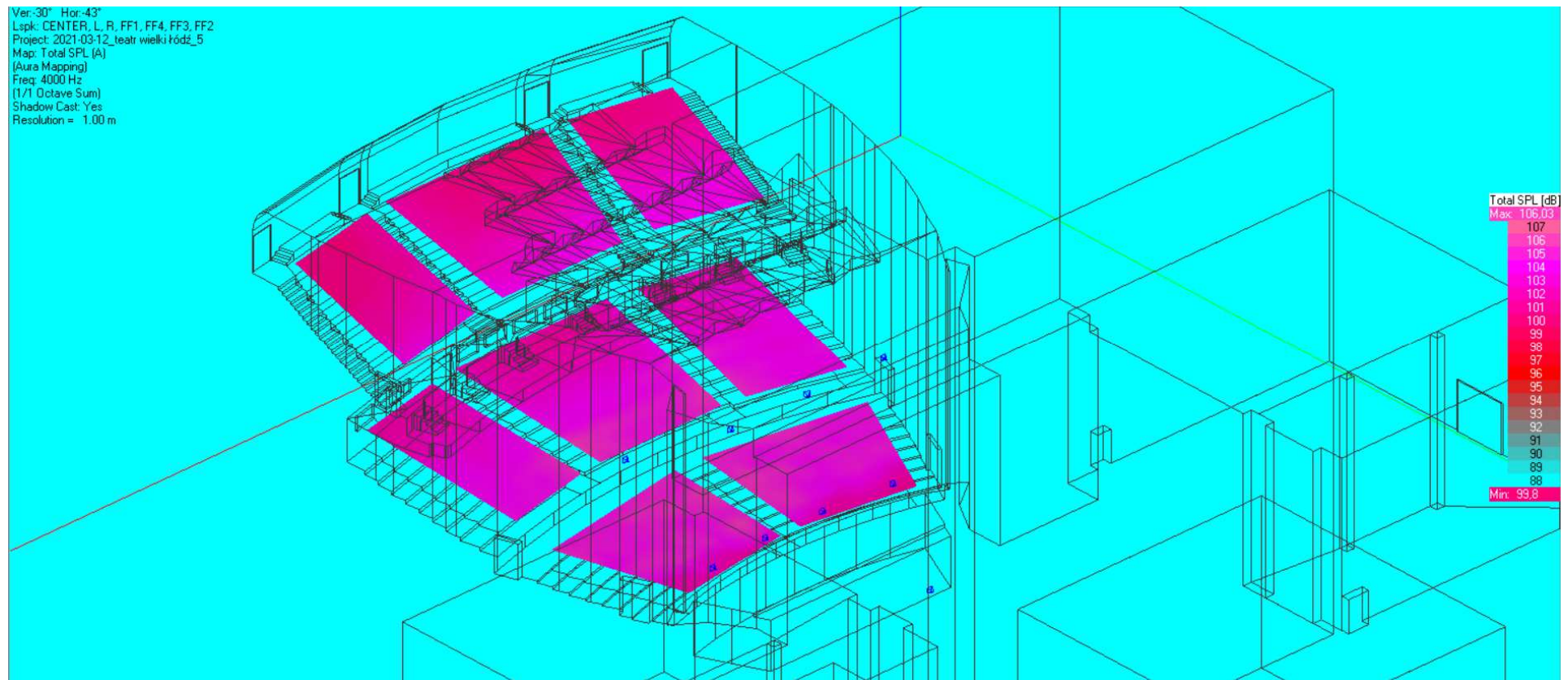
Rys. 38 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 500Hz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



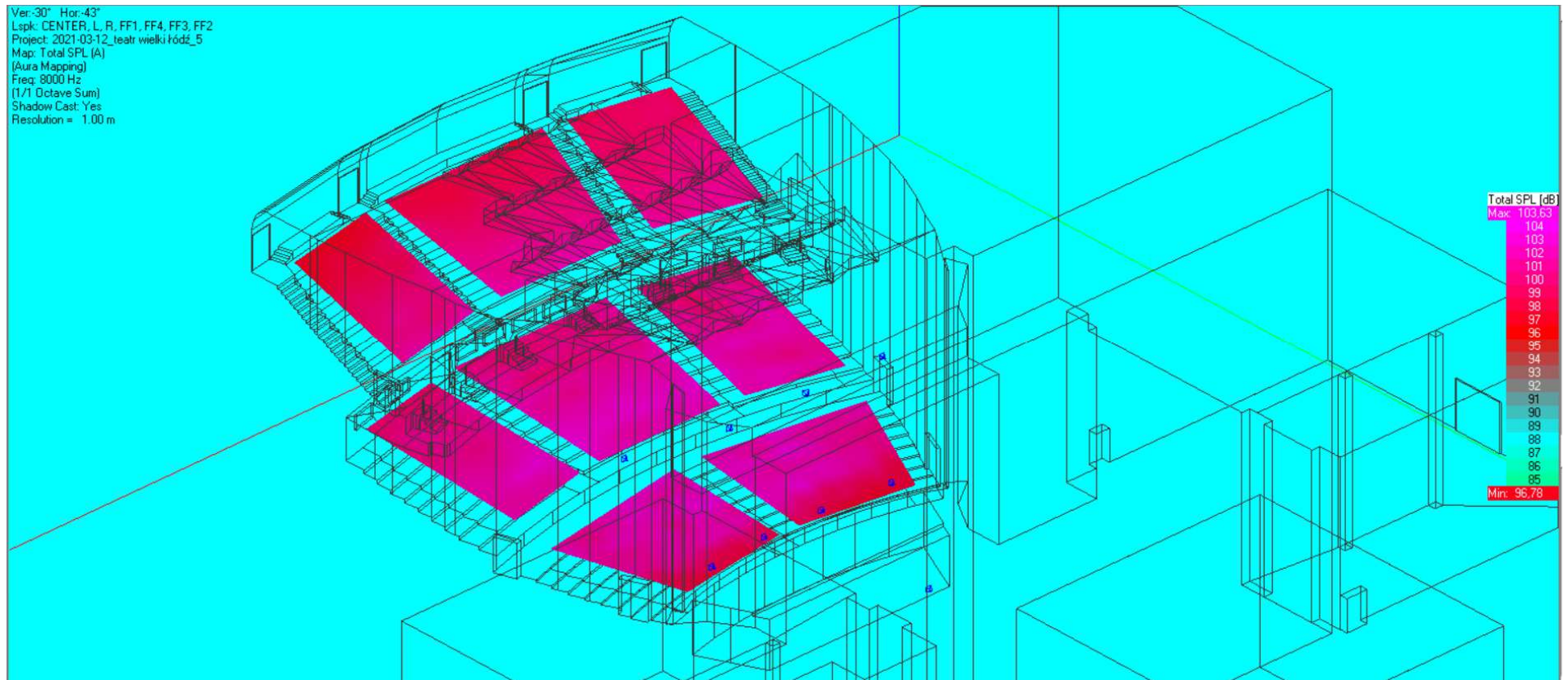
Rys. 39 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 1 kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



Rys. 40 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 2kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



Rys. 41 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 4kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni



Rys. 42 – poziom ciśnienia akustycznego – dźwięk całkowity, 8kHz - szerokość oktawy, krzywa A – rozkład na widowni

1.6. Wnioski końcowe

Przeprowadzone symulacje akustyczne miały na celu weryfikację pod względem wymagań poziomu ciśnienia akustycznego i nierównomierności poziomu ciśnienia akustycznego, wskaźnika zrozumiałości mowy STI oraz ocenę jakości systemu nagłośnieniowego wymaganego do zastosowania w dużej Sali Widowiskowej Teatru Wielkiego w Łodzi.

Dla Teatru Wielkiego w Łodzi najbardziej wymagającymi pod względem poziomu ciśnienia akustycznego mogą być koncerty muzyki rockowej z wykorzystaniem systemu nagłośnieniowego. Dla tego typu wydarzeń artystycznych (przy mocnej rock'owej lub pop'owej muzyce) wymagany jest poziom ciśnienia akustycznego 106dB (A) lub wyższy. Symulowany system nagłośnieniowy spełnia te wymagania. Dodatkowo dla systemów nagłośnieniowych nierównomierność poziomu sygnału 6dB lub niżej charakteryzuje systemy dobrej lub bardzo dobrej jakości. Symulacje wskazują na spełnienie tych wymagań. Wartości minimalne współczynnika zrozumiałości mowy STI na poziomie 0,62 i 0,63 wskazują na klasyfikację D odpowiadającą salom koncertowym.

Symulacje wskazują na trzy istotne czynniki:

- Minimalna liczba modułów typu line array dla tego typu Sali, w celu zapewnienia odpowiedniego pokrycia całej widowni i odpowiedniej kierunkowości grona wynosi 8;
- Wymagane jest zastosowanie zestawów głośnikowych typu front fill w celu zapewnienia odpowiedniej lokalizacji aktora/artysty na scenie dla pierwszych rzędów widowni oraz w celu zapewnienia sygnału szerokopasmowego dla pierwszych rzędów widowni;
- Zastosowane moduły typu line array o tak szerokim paśmie przenoszenia, mogą pracować bez konieczności zastosowania głośników niskotonowych, w wielu wydarzeniach artystycznych.