

OBIEKT: Dom Kultury w Wolbromiu
ADRES INWESTYCJI: Leśna 2, 32-340 Wolbrom
INWESTOR: Dom Kultury w Wolbromiu
JEDNOSTKA PROJEKTOWA SOUND & SPACE SP. Z O.O.
60-682 POZNAŃ, UL. WŁ. BIEGAŃSKIEGO 61A

Wyniki symulacji akustycznych dla Sali widowiskowej w Domu Kultury w Wolbromiu

Na potrzeby potwierdzenia zgodności projektowanych rozwiązań z załącznikiem
nr x do SIWZ – Opisem Przedmiotu Zamówienia

PROJEKTANT:

mgr inż.
Robert Lebioda

podpis:

.....

Zawartość

1. Część ogólna	4
1.1 Merytoryczna podstawa opracowania	4
1.2 Zakres opracowania.....	4
1.3 Definicje	4
1.3.1 Decybel (dB).....	4
1.3.2 Współczynnik pochłaniania	4
1.3.3 Klasa pochłaniania dźwięku	4
1.3.4 Czas pogłosu RT.....	4
1.3.5 Zrozumiałość mowy STI, RaSTI	5
2. Analiza akustyczna	6
2.1 Wymagania.....	6
2.1.1 Poziom ciśnienia akustycznego	6
2.1.2 Wskaźnik transmisji mowy STI	6
2.2 Symulacja akustyczna.....	6
2.2.1 Model akustyczny	6
2.2.2 System nagłośnieniowy	8
2.2.3 Wyniki symulacji akustycznych.....	8
2.2.3.1 Poziom ciśnienia akustycznego	9
2.2.3.2 Wskaźnik transmisji mowy STI	31
2.2.4 Podsumowanie.....	32

1. Część ogólna

1.1 Merytoryczna podstawa opracowania

[1] Podkłady architektoniczne,

1.2 Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzi analiza systemu nagłośnieniowego w sali kinowej Kina Radość w Wolbromiu.

1.3 Definicje

1.3.1 Decybel (dB)

Stosunek dwóch wielkości wyrażony miarą logarytmiczną. Stosunek ciśnienia akustycznego percypowanego przez ucho ludzkie ma się jak 10000000 (najgłośniejsze dźwięki) do 1 (najcichsze dźwięki). Stosunek chwilowego ciśnienia dźwięku do najmniejszego percypowanego nazywany jest poziomem ciśnienia dźwięku (L_p). Dla decybeli obowiązują prawa logarytmicznego dodawania i odejmowania.

1.3.2 Współczynnik pochłaniania

Współczynnik pochłaniania jest miarą zdolności powierzchni do pochłaniania fal dźwiękowych. Definiowany jest jako stosunek energii fali pochłoniętej do energii fali padającej na przegrodę.

$$\alpha = \frac{E_1}{E_2}$$

gdzie:

E_1 - energia fali pochłoniętej,

E_2 - energia fali padającej.

1.3.3 Klasa pochłaniania dźwięku

Sposób klasyfikacji materiałów dźwiękochłonnych na podstawie zmierzonych krzywych absorpcji - od kategorii A do E według normy EN ISO 11654. Klasa A ma najlepszą dźwiękochłonność, a klasa E najslabszą.

1.3.4 Czas pogłosu RT

Czas pogłosu RT (ang. Reverberation Time) jest jednym z podstawowych kryteriów oceny jakości sal przeznaczonych zarówno dla przedstawień słownych jak i występów muzycznych. Jest to czas, w którym energia dźwiękowa zawarta w stanie ustalonym w pomieszczeniu od kulistego źródła dźwięku

zmaleje po wyłączeniu tego źródła o 60 dB. Dla każdego pomieszczenia, w zależności od funkcji, jak też od jego objętości, zalecane są optymalne przedziały wartości czasu pogłosu i jego optymalna charakterystyka częstotliwościowa.

$$T_{60} = \frac{0,161 V}{S \alpha(f)}$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia w [m³],

S – powierzchnia ścian pomieszczenia,

$\alpha(f)$ - średni współczynnik pochłaniania w danym paśmie częstotliwości.

1.3.5 Zrozumiałość mowy STI, RaSTI

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są współczynniki STI i RaSTI. Odzwierciedlają one w bezpośredni sposób zrozumiałość mowy w pomieszczeniu. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie (MTF – Modulation Transfer Function).

Oprócz wartości współczynników STI w oktawach oblicza się wartość średnią STI_{śr}. Współczynnik STI_{śr} określa zrozumiałość mowy w pomieszczeniu i w zależności od jego wartości następuje ocena globalna pomieszczenia:

Tabela 1. Klasy jakości sal ze względu na współczynnik zrozumiałości mowy.

STI _{śr}	< 0,30	0,30÷0,45	0,45÷0,60	0,60÷0,75	>0,75
Ocena	Zła	Słaba	Dostateczna	Dobra	Znakomita

RaSTI jest parametrem określającym zrozumiałość mowy na podstawie uproszczonej metody pomiarowej parametru STI.

2. Analiza akustyczna

2.1 Wymagania

Zgodnie z wymaganiami OPZ spełnione muszą wymogi w zakresie minimalnego poziomu ciśnienia akustycznego na widowni, równomierności pokrycia dźwiękiem widowni oraz minimalnej wartości wskaźnika transmisji mowy STI.

2.1.1 Poziom ciśnienia akustycznego

System nagłośnienia musi za pomocą gron głośnikowych lewego, prawego i zestawów frontfill zapewnić pełne, równomierne pokrycie dźwiękiem widowni takie, że maksymalne odchylenie standardowe od średniego poziomu ciśnienia akustycznego na widowni nie może przekraczać 3 dB w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000 oraz 10000Hz.

Dodatkowo, system nagłośnienia musi za pomocą zestawów głośnikowych lewego, prawego i zestawów frontfill generować szerokopasmowo poziom ciśnienia akustycznego na powierzchni widowni nie mniejszy niż 120dB.

2.1.2 Wskaźnik transmisji mowy STI

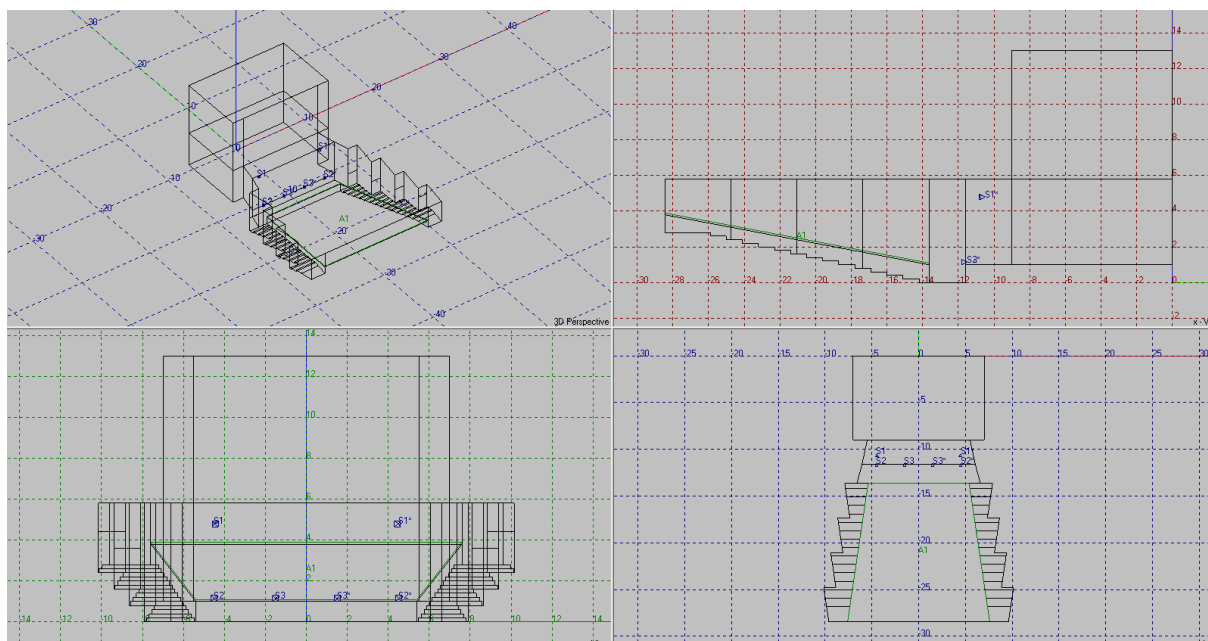
Współczynnik zrozumiałości mowy na całej powierzchni widowni musi zostać utrzymany na poziomie co najmniej 0,8.

2.2 Symulacja akustyczna

2.2.1 Model akustyczny

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.4. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 2722,1 m³, powierzchnia efektywna to: 1710,8 m².

Rysunek 1 przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



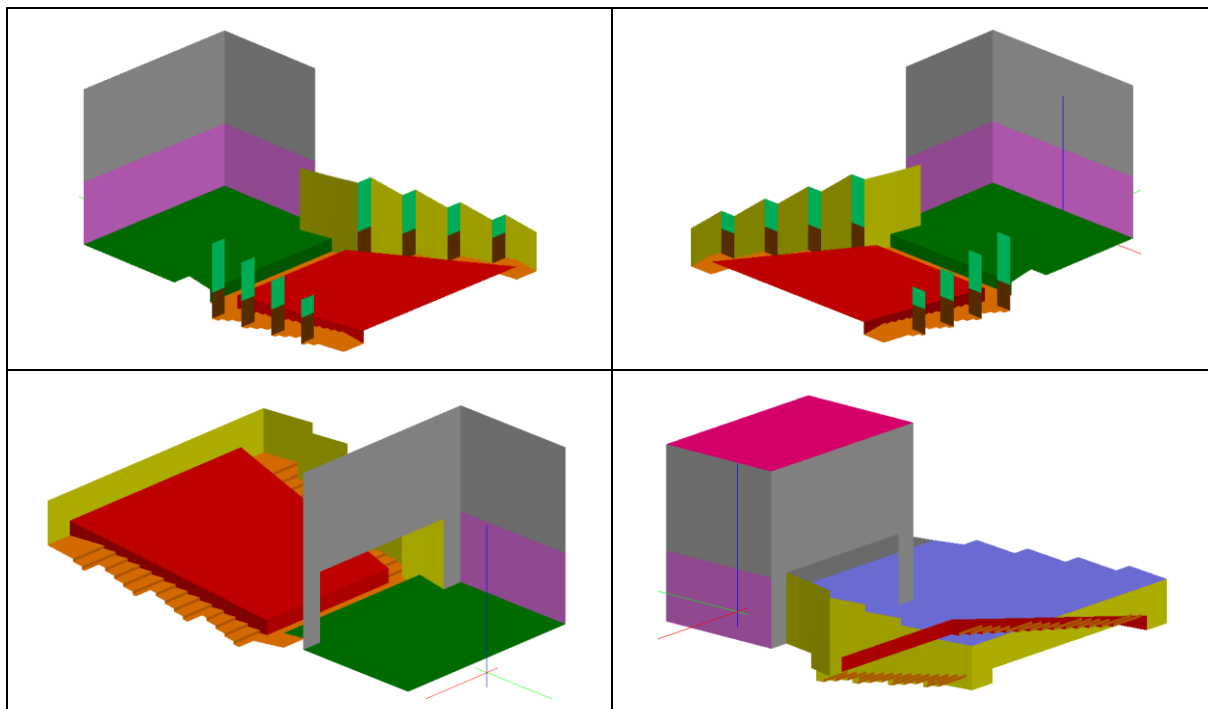
Rysunek 1. Geometria modelu numerycznego sali teatralnej

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem akustyki oraz architektury.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.4, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów. Przedstawione w poniższej tabeli wartości powierzchni są powierzchniami przyjmowanymi do modelu akustycznego i mogą różnić się od wartości rzeczywistych.

Tabela 2. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktawowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Powierzchnia twarda		345,4	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Kurtyna		153,6	0,05	0,12	0,35	0,48	0,38	0,36
Sufit widowni		314,8	0,29	0,10	0,02	0,04	0,07	0,09
Okładziny dźwiękochłonne z wełną mineralną (8 cm)		218,4	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Okładziny dźwiękochłonne bez wełny mineralnej		27,0	0,04	0,04	0,15	0,30	0,50	0,60
Fotele kinowe z widzami		230,8	0,50	0,70	0,85	0,95	0,95	0,90
Podłoga drewniana na podestach		168,1	0,20	0,15	0,10	0,08	0,08	0,05
Sufit sceny		126,0	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Podłoga drewniana na betonie		105,2	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05
Drzwi pełne		20,8	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07



Rysunek 2. Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

2.2.2 System nagłośnieniowy

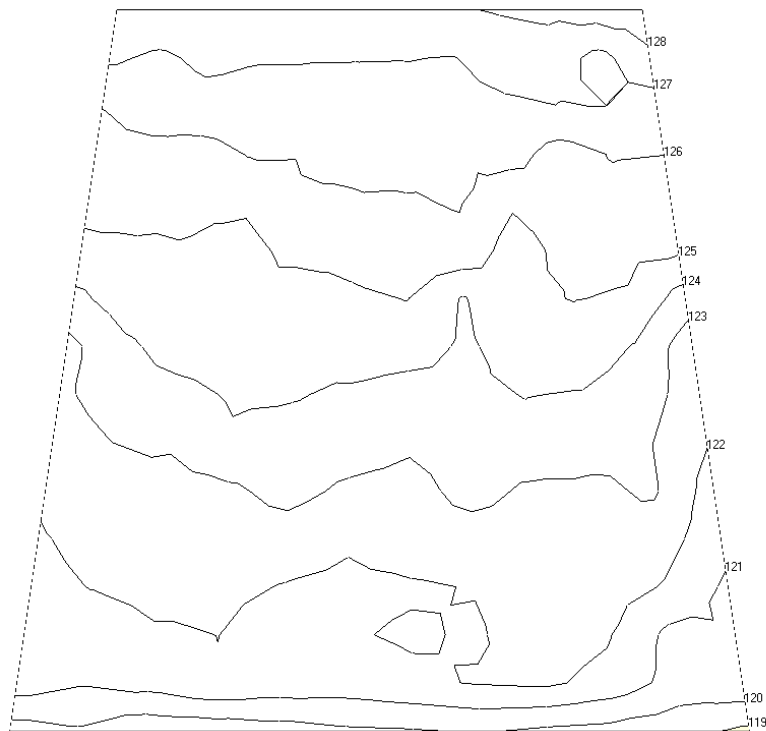
Do modelu akustycznego wprowadzono poniższe urządzenia:

- Estradowe zestawy głośnikowe (lewy i prawy) Adamson IS7,
- Zestawy frontfill (4 sztuki) Adamson P8.

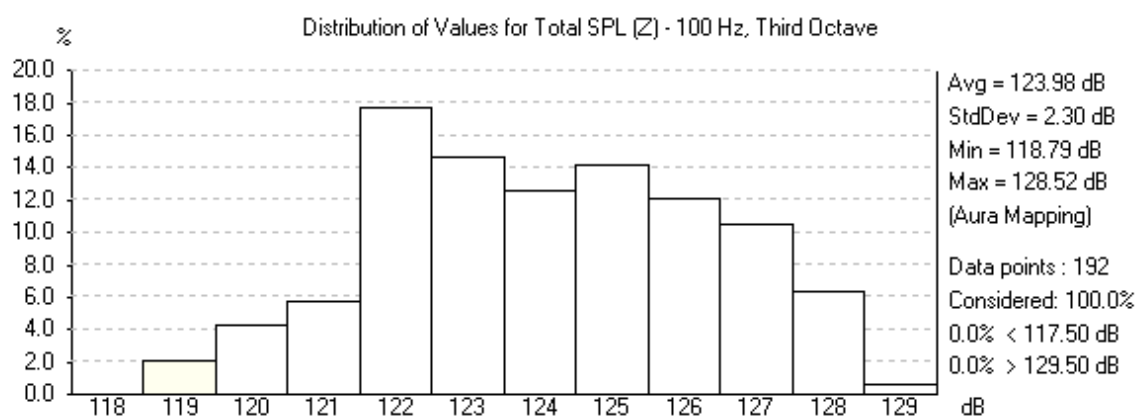
2.2.3 Wyniki symulacji akustycznych

Symulacja akustyczna została przeprowadzona metodą geometryczną z wykorzystaniem modułu AURA. Analizę przeprowadzono dla sali z widownią. Powierzchnia odsłuchowa została zlokalizowana w miejscu widowni. Jako źródła dźwięku wykorzystano proponowany system nagłośnieniowy.

2.2.3.1 Poziom ciśnienia akustycznego

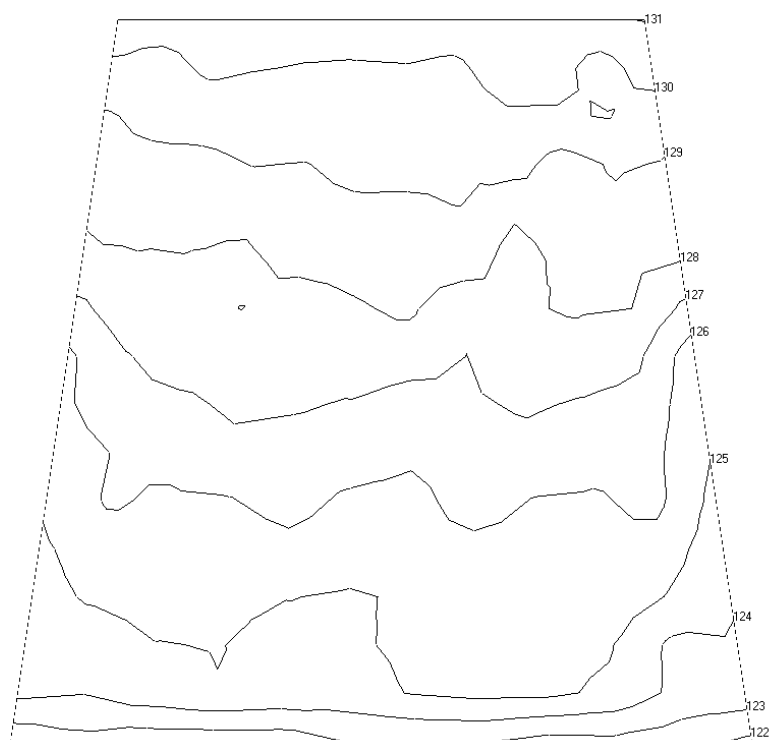


Rysunek 3. Rozkład poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 100 Hz

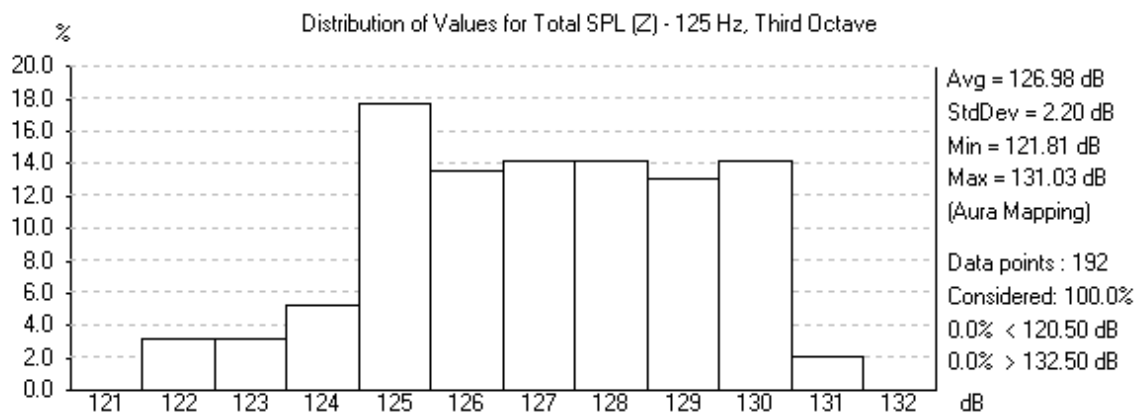


Rysunek 4. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 100 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 100 Hz spełniony.

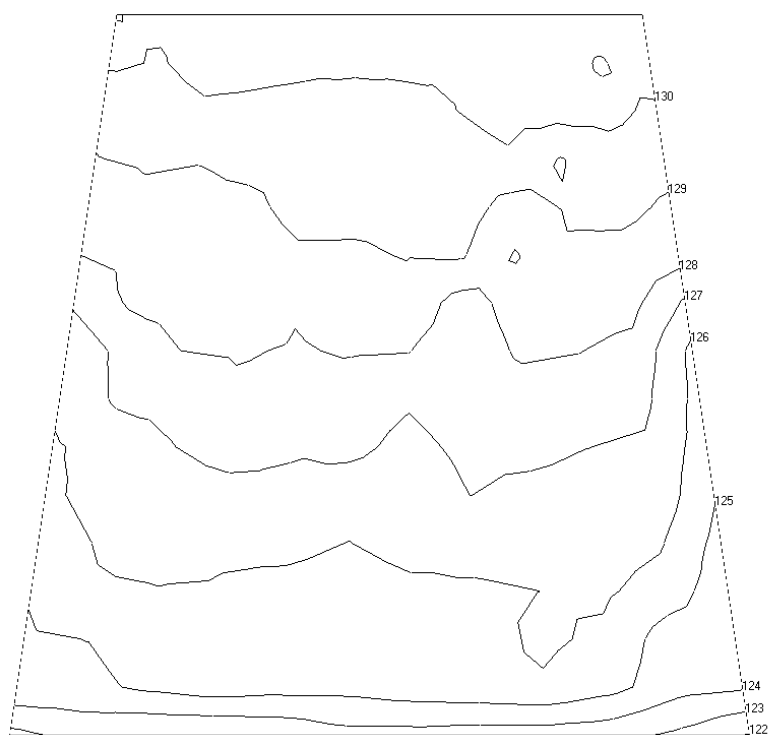


Rysunek 5. Rozkład poziomy ciśnienia kustycznego dla pasma 125 Hz

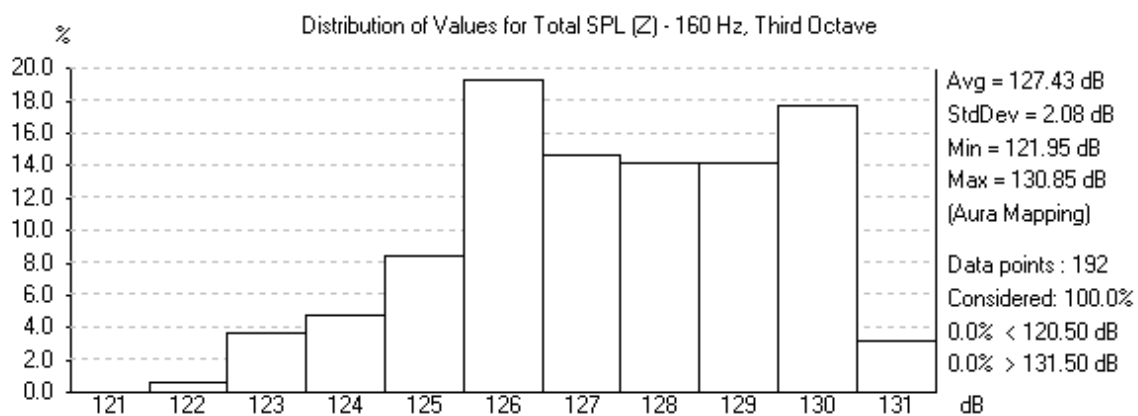


Rysunek 6. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 125 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 125 Hz spełniony.

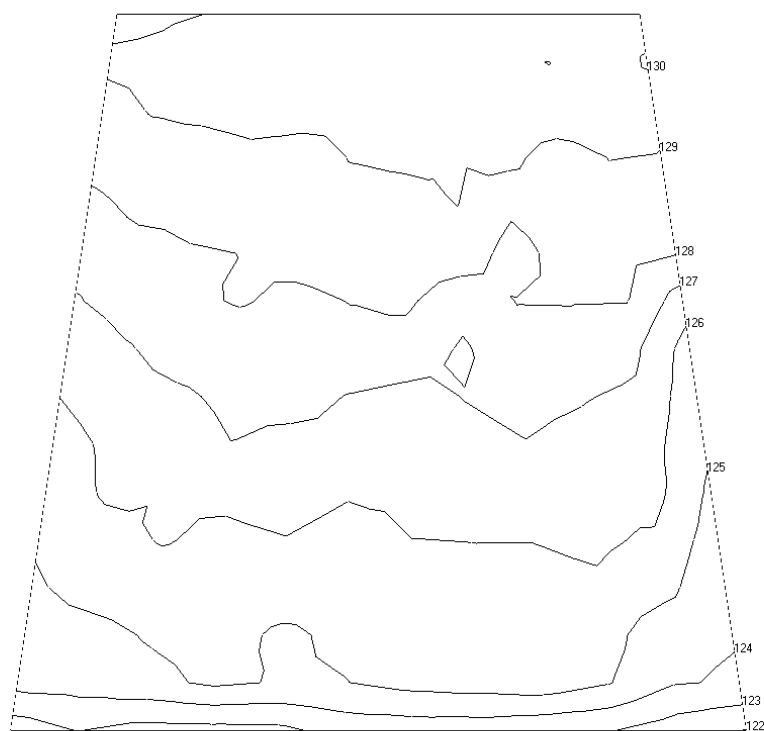


Rysunek 7. Rozkład poziomy ciśnienia kustycznego dla pasma 160 Hz

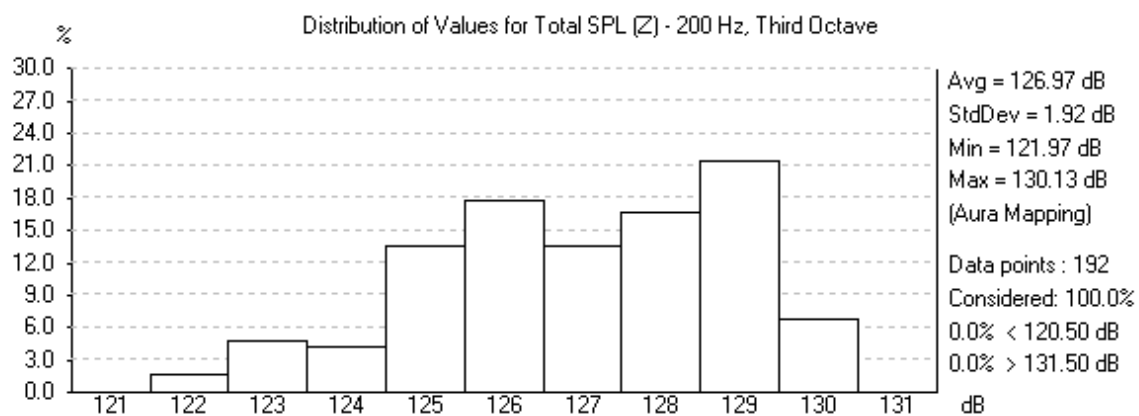


Rysunek 8. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 160 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 160 Hz spełniony.

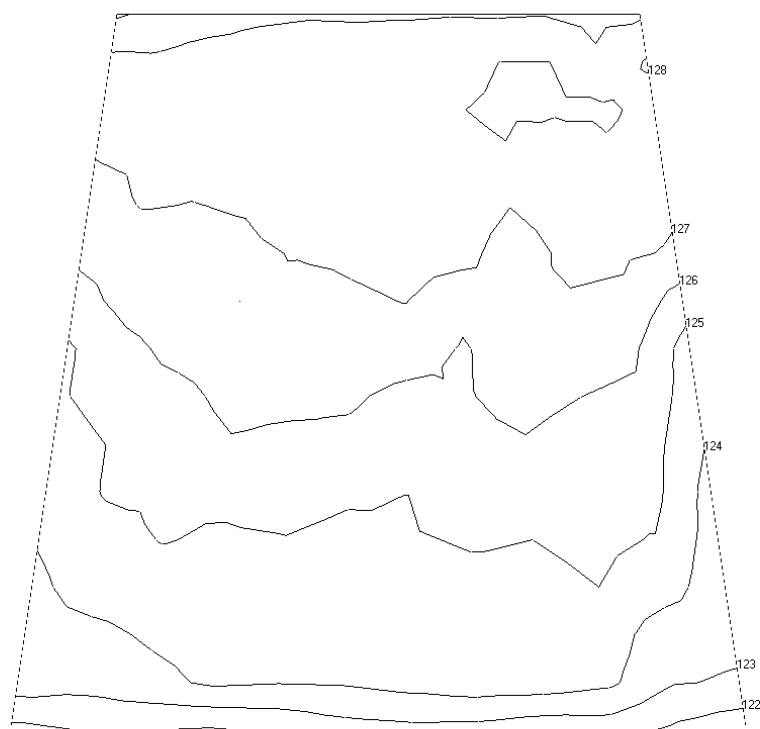


Rysunek 9. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 200 Hz

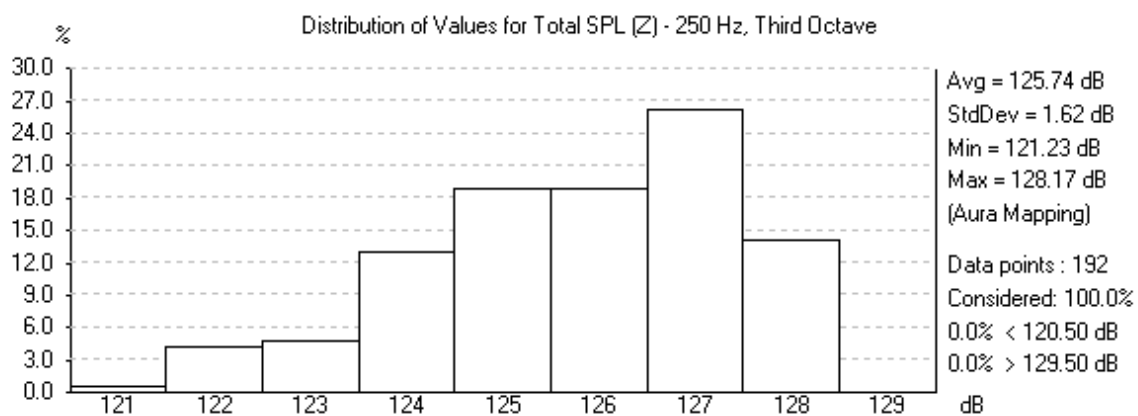


Rysunek 10. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 160 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 200 Hz spełniony.

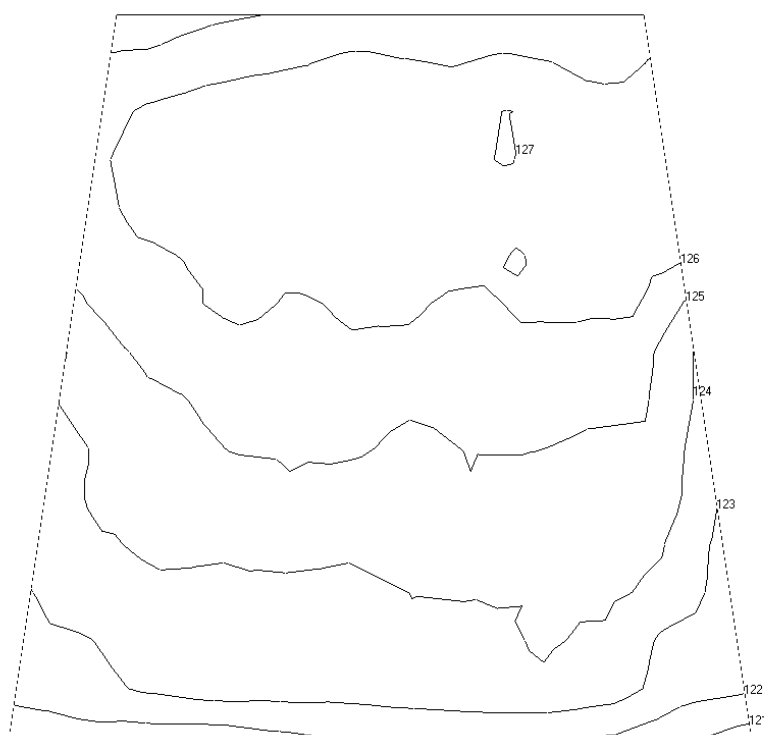


Rysunek 11. Rozkład poziomy ciśnienia kustycznego dla pasma 250 Hz

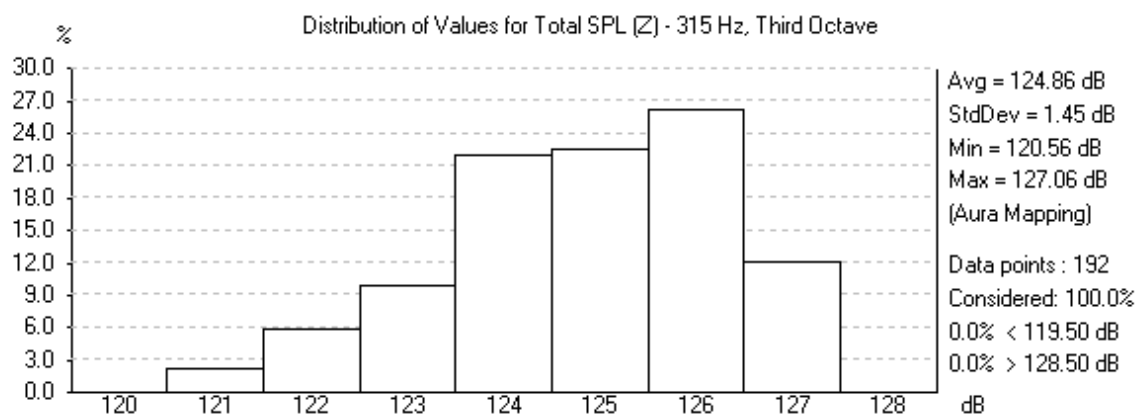


Rysunek 12. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 250 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 250 Hz **spełniony**.

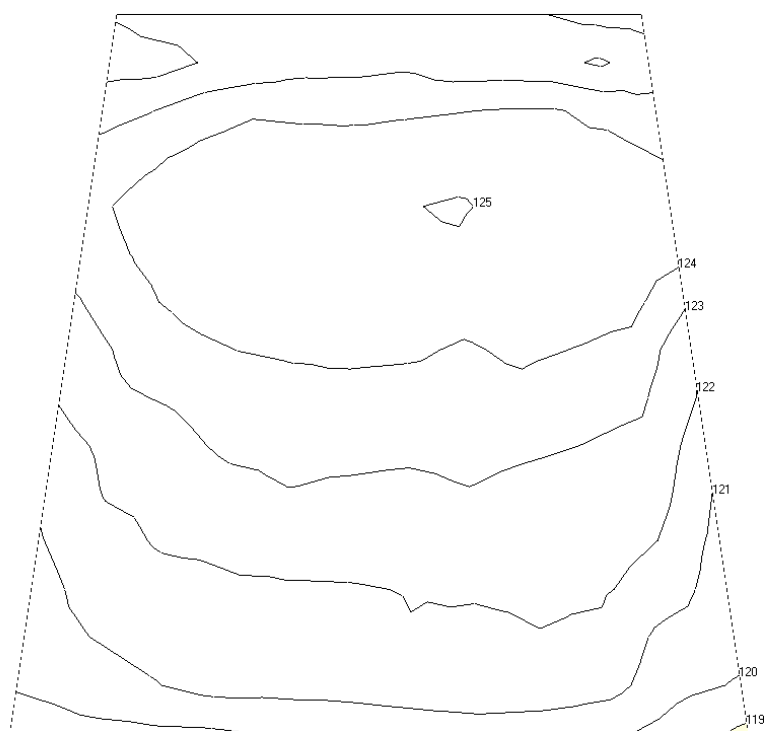


Rysunek 13. Rozkład poziomy ciśnienia kustycznego dla pasma 315 Hz

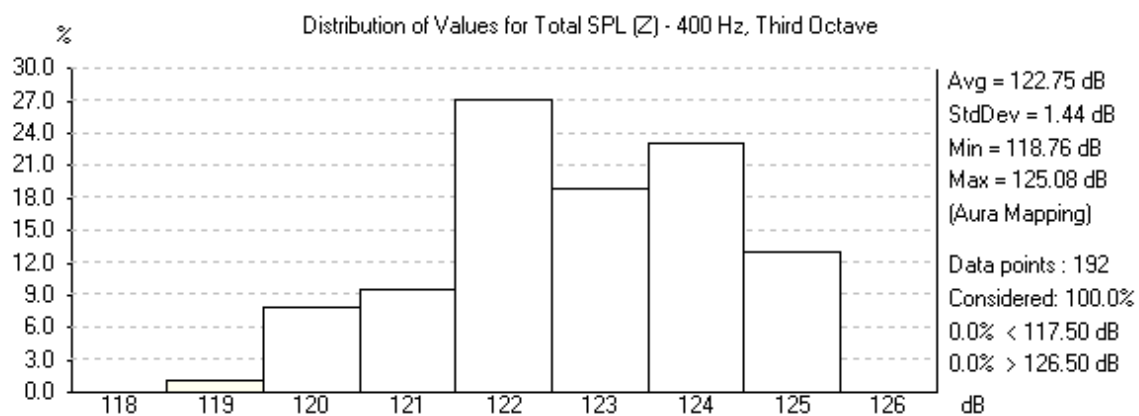


Rysunek 14. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 315 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 315 Hz spełniony.

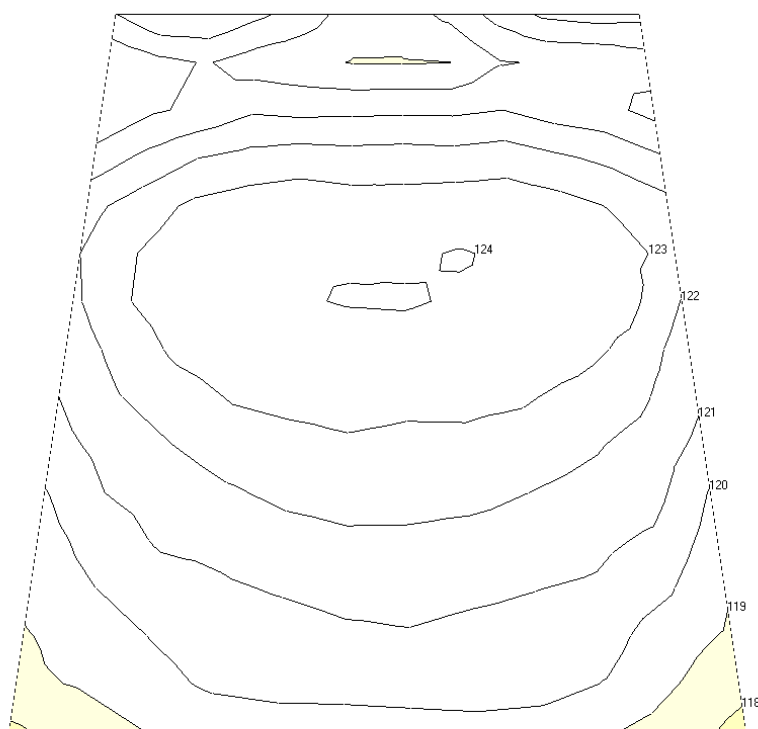


Rysunek 15. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 400 Hz

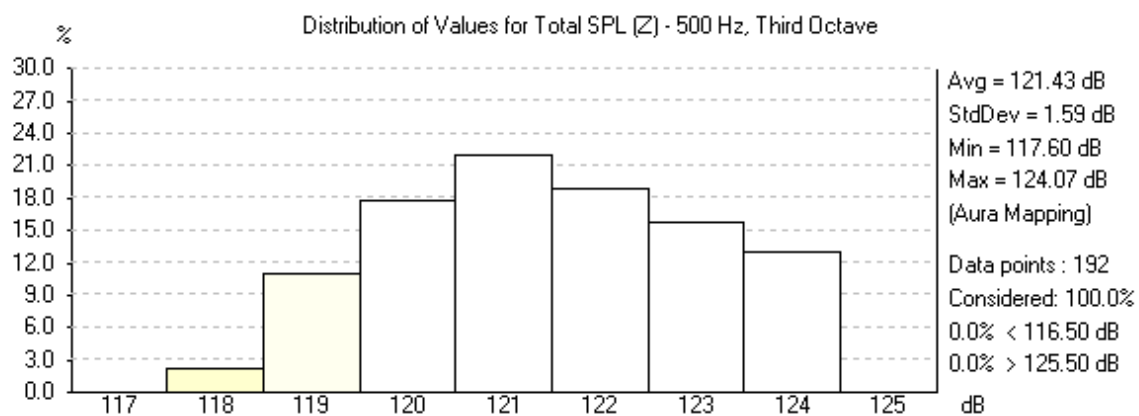


Rysunek 16. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 400 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 400 Hz spełniony.

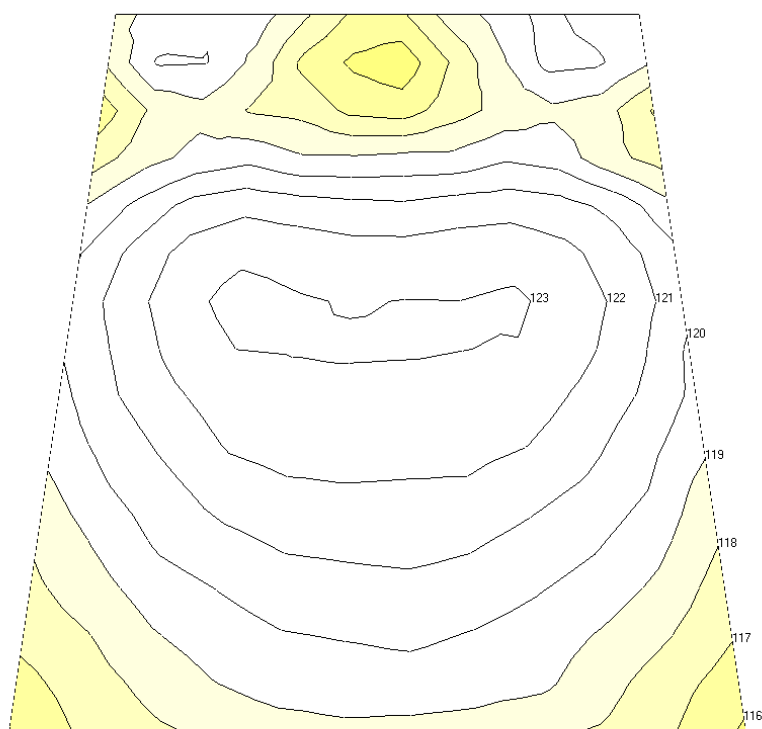


Rysunek 17. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 500 Hz

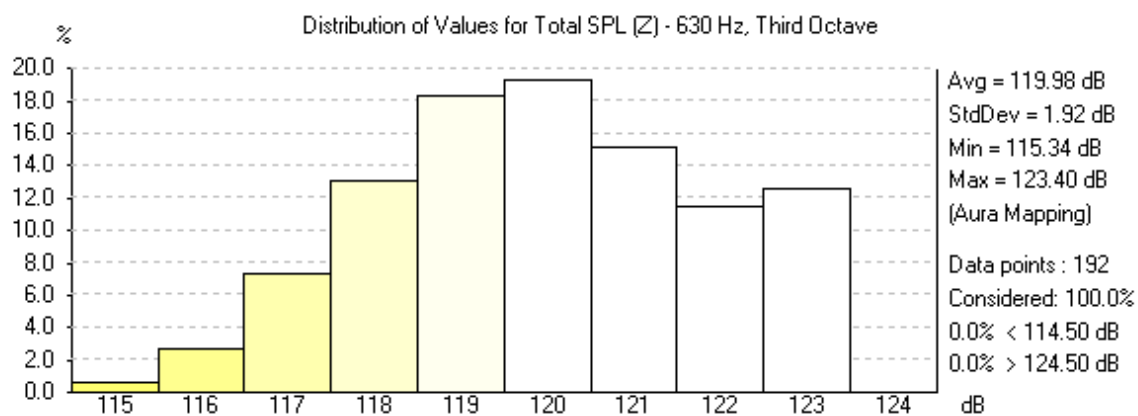


Rysunek 18. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 500 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 500 Hz spełniony.

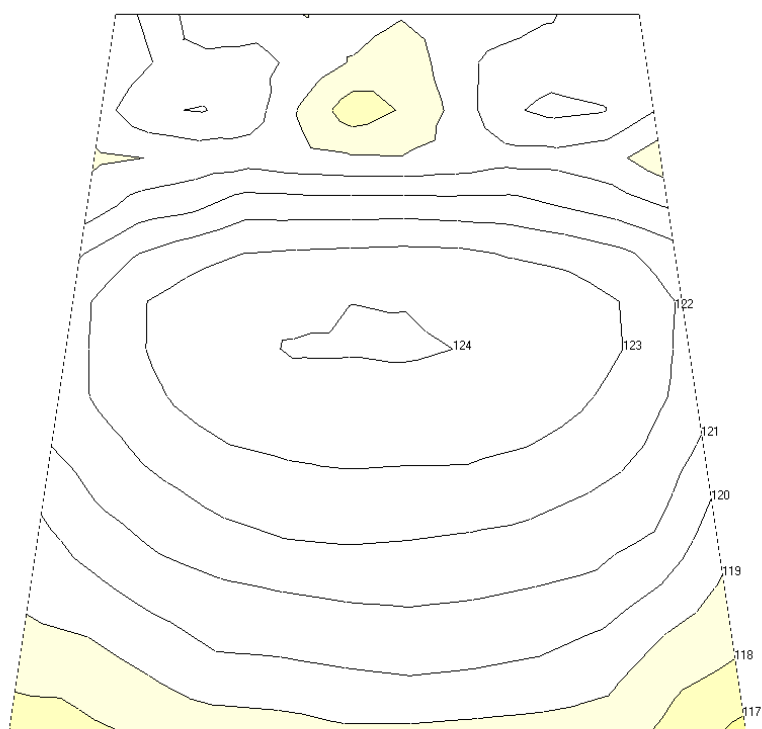


Rysunek 19. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 630 Hz

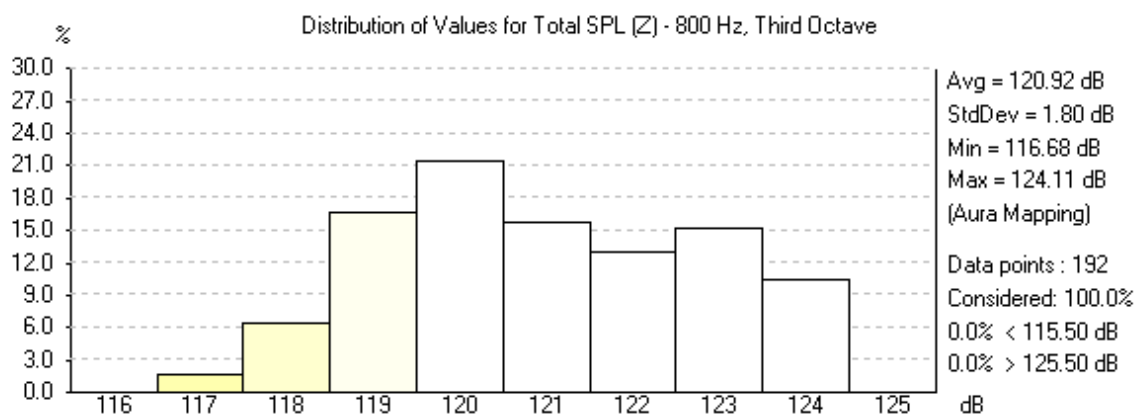


Rysunek 20. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 630 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 630 Hz spełniony.

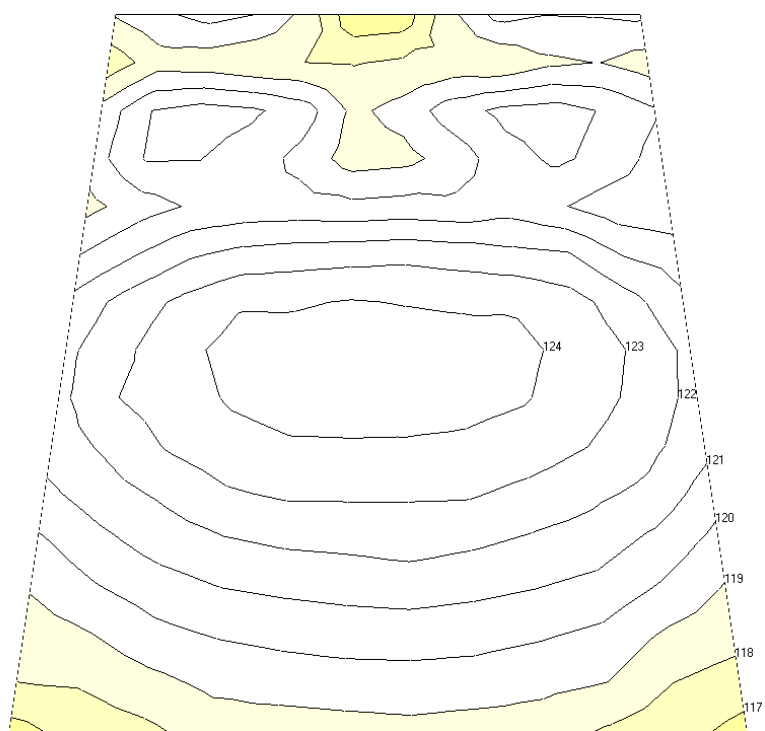


Rysunek 21. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 800 Hz

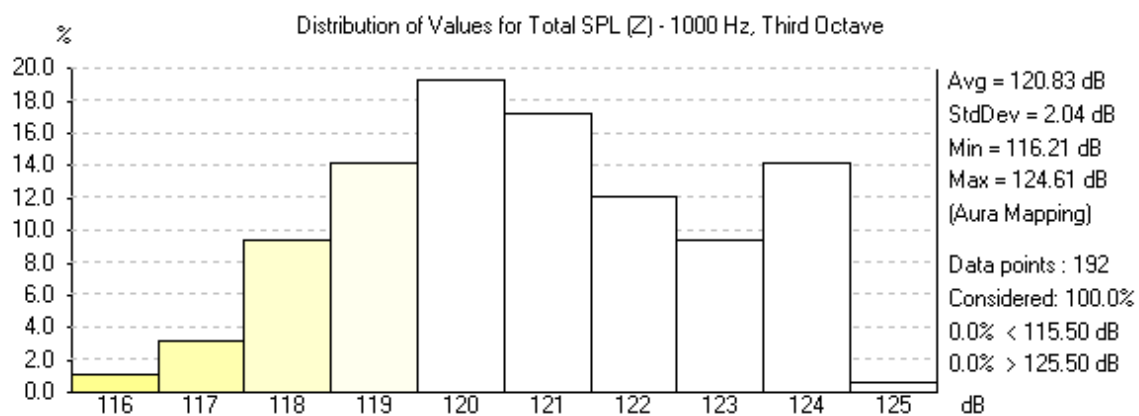


Rysunek 22. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 800 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 800 Hz spełniony.

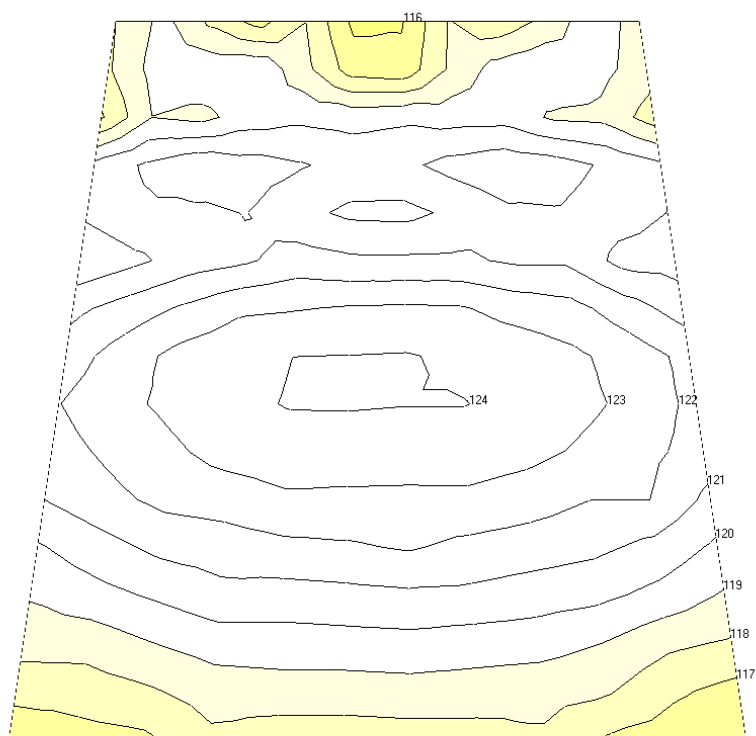


Rysunek 23. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 1000 Hz

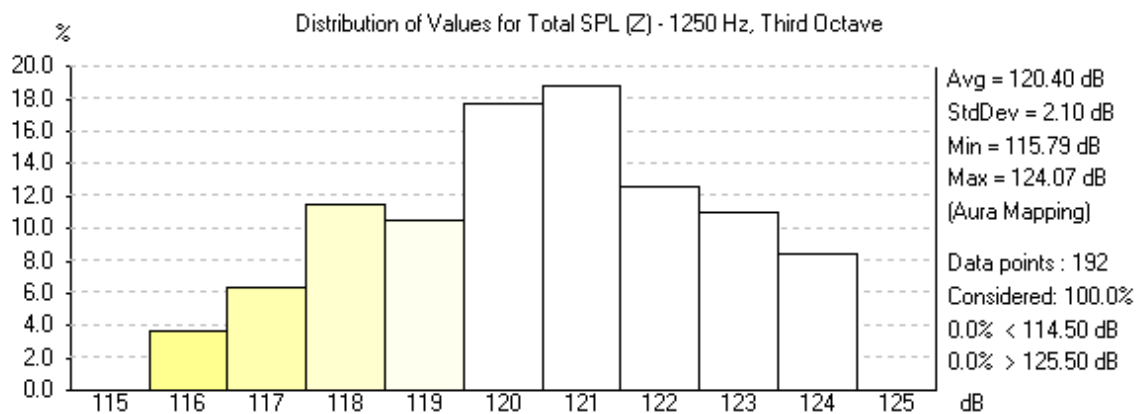


Rysunek 24. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 1000 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 1000 Hz spełniony.

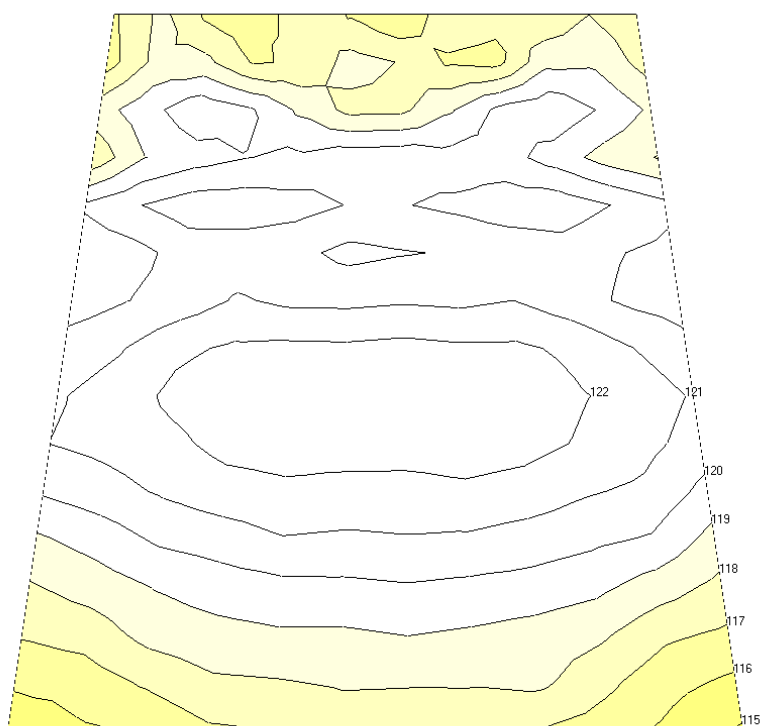


Rysunek 25. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 1250 Hz

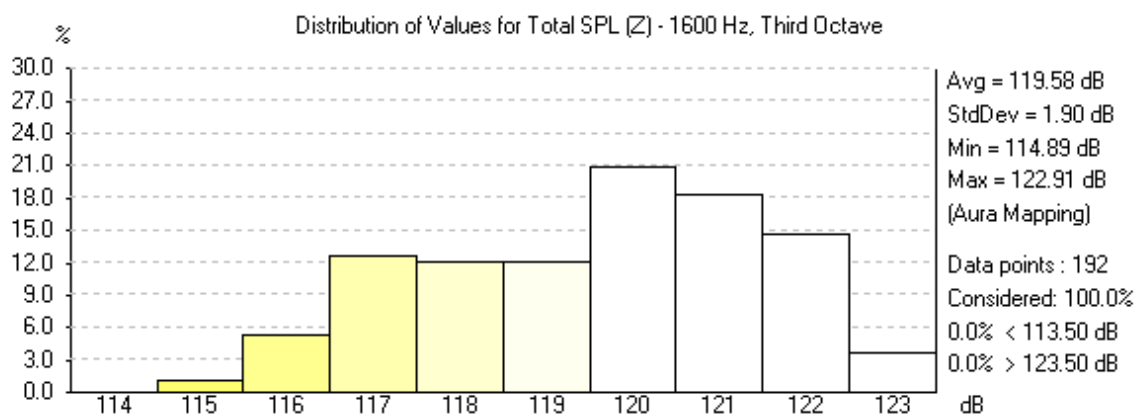


Rysunek 26. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 1250 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 1250 Hz spełniony.

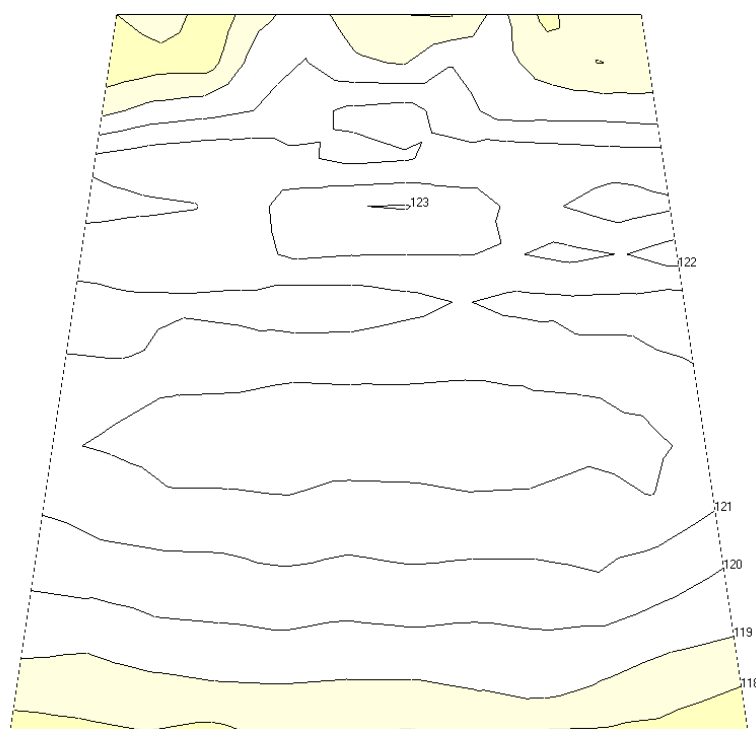


Rysunek 27. Rozkład poziomego ciśnienia kustycznego dla pasma 1600 Hz

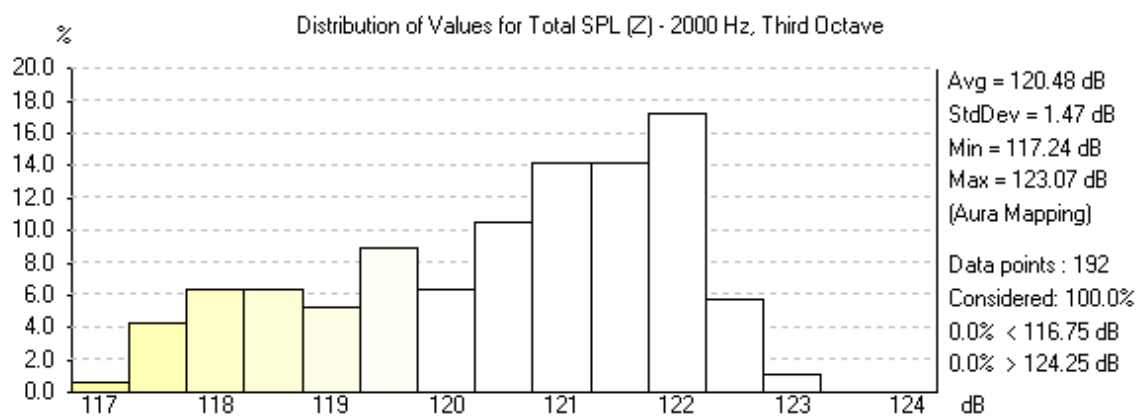


Rysunek 28. Dystrybucja wartości poziomego ciśnienia akustycznego dla pasma 1600 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 1600 Hz spełniony.

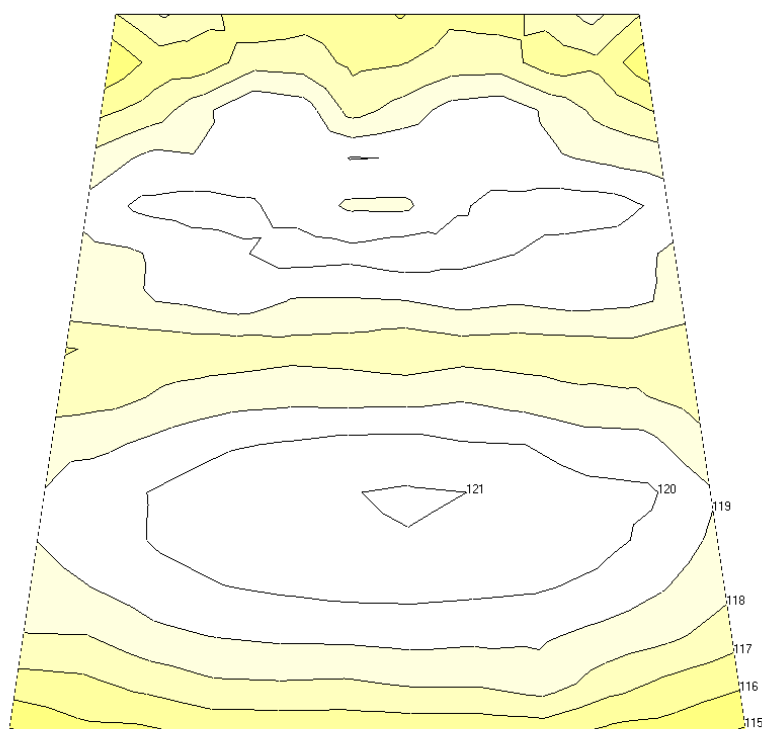


Rysunek 29. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 2000 Hz

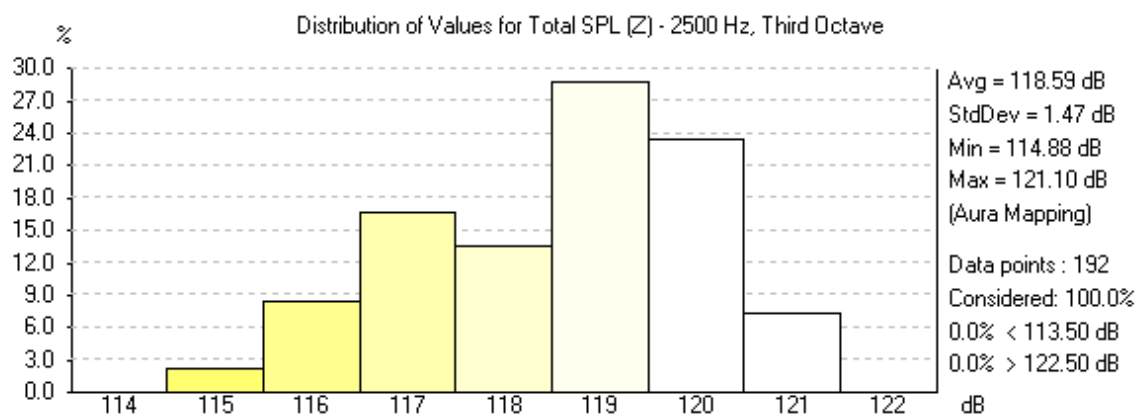


Rysunek 30. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 1600 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 2000 Hz spełniony.

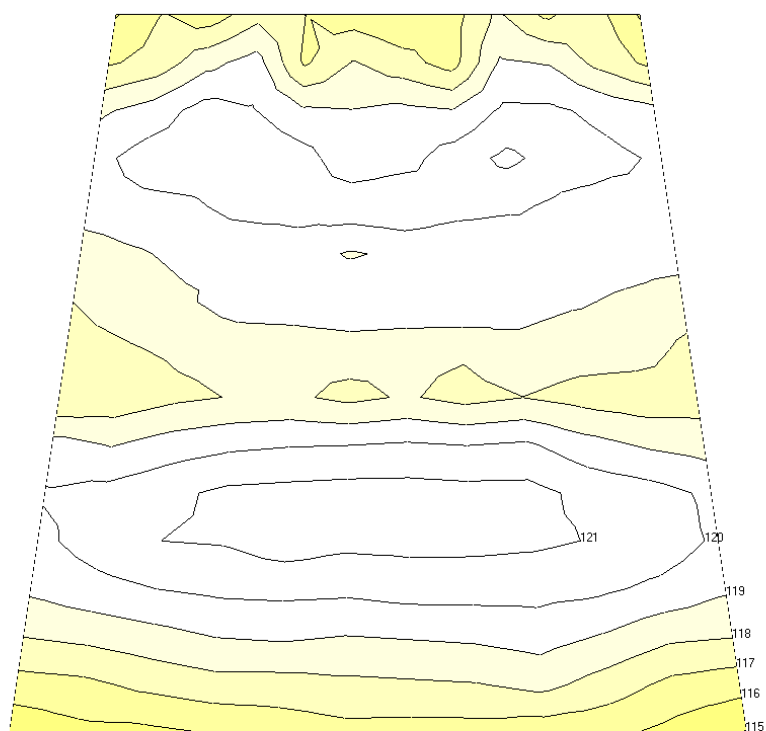


Rysunek 31. Rozkład poziomego ciśnienia kustycznego dla pasma 2500 Hz

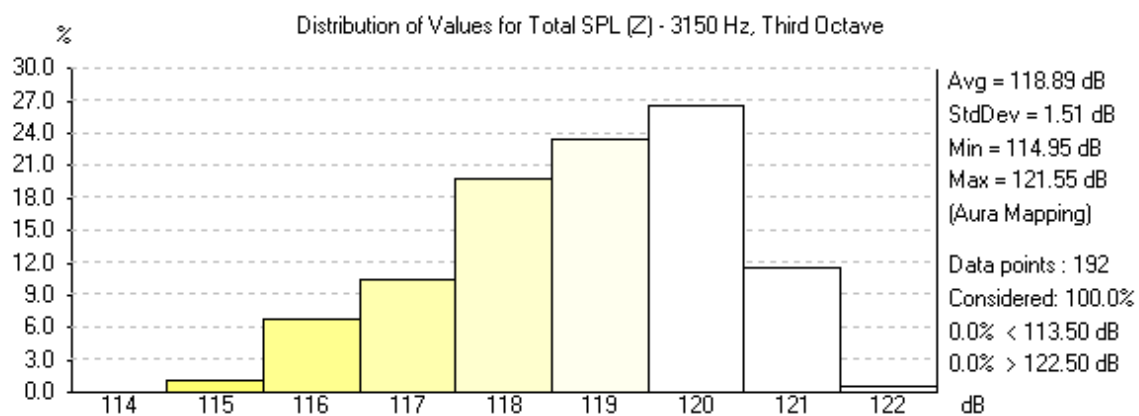


Rysunek 32. Dystrybucja wartości poziomego ciśnienia akustycznego dla pasma 2500 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 2500 Hz spełniony.

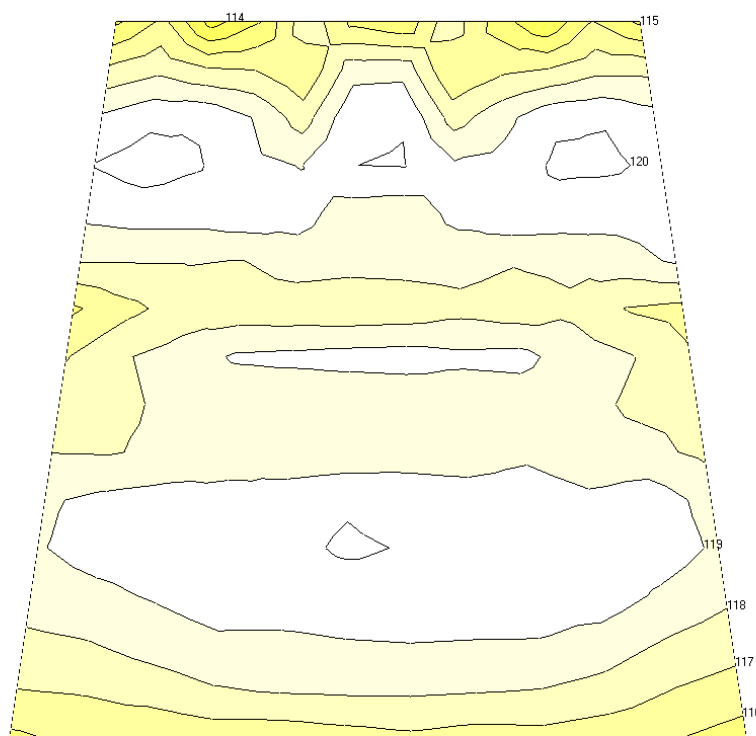


Rysunek 33. Rozkład poziomego ciśnienia kustycznego dla pasma 3150 Hz

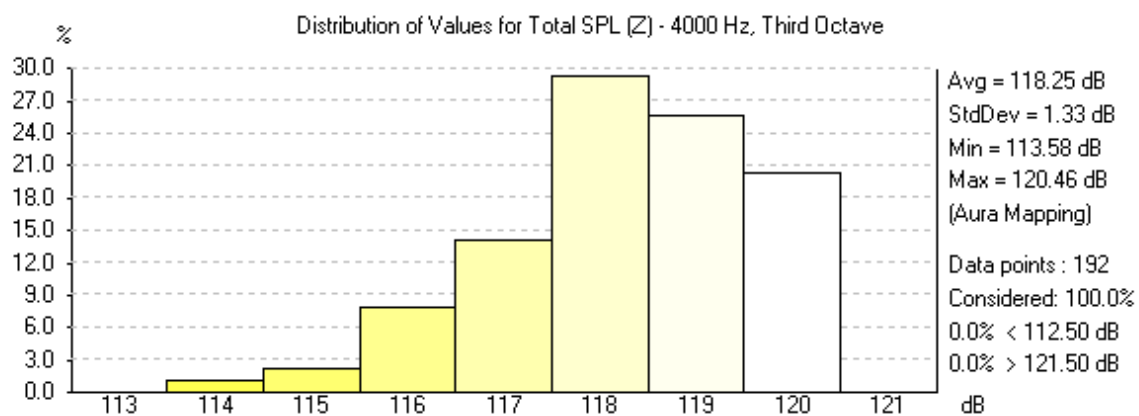


Rysunek 34. Dystrybucja wartości poziomego ciśnienia akustycznego dla pasma 3150 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 3150 Hz spełniony.

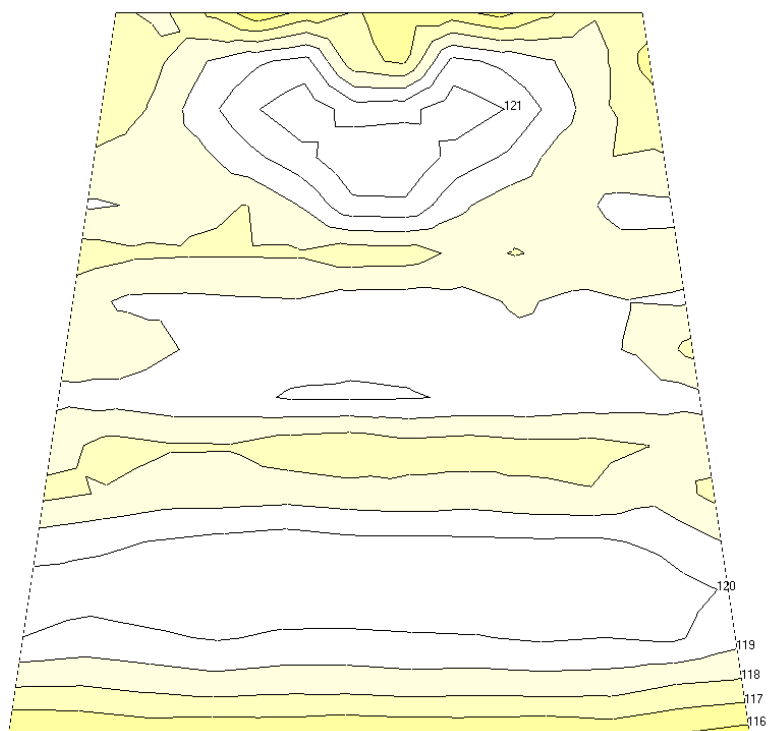


Rysunek 35. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 4000 Hz

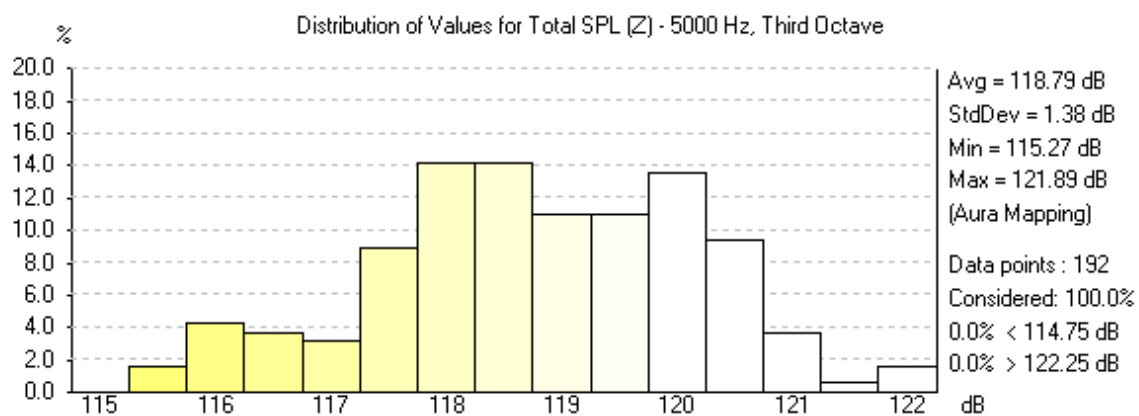


Rysunek 36. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 4000 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 4000 Hz spełniony.

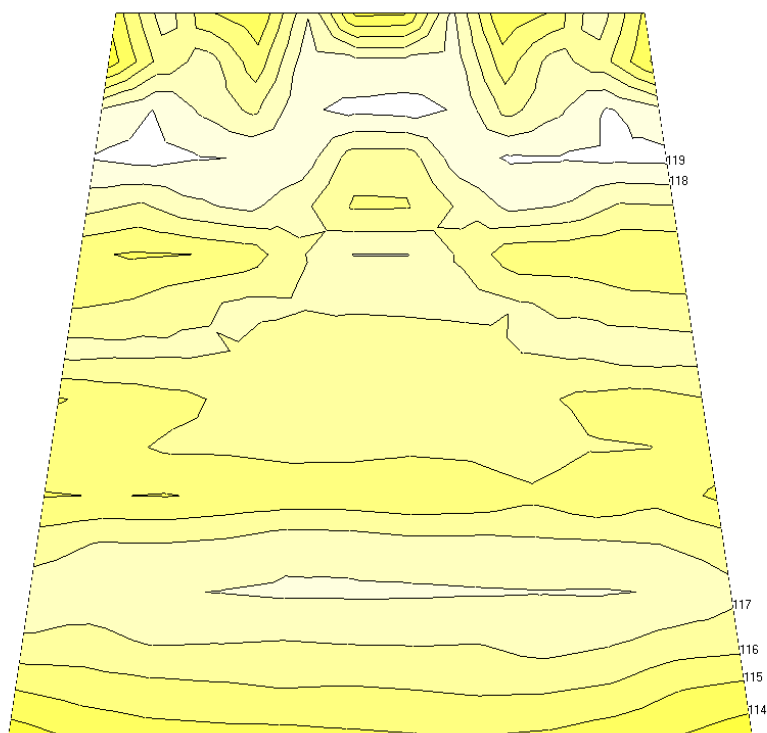


Rysunek 37. Rozkład poziomego ciśnienia kustycznego dla pasma 5000 Hz

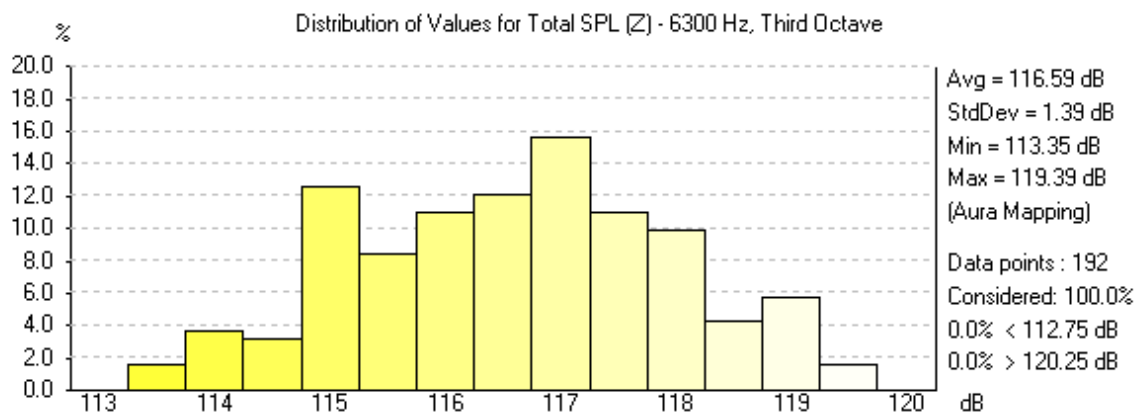


Rysunek 38. Dystrybucja wartości poziomego ciśnienia akustycznego dla pasma 5000 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 5000 Hz spełniony.

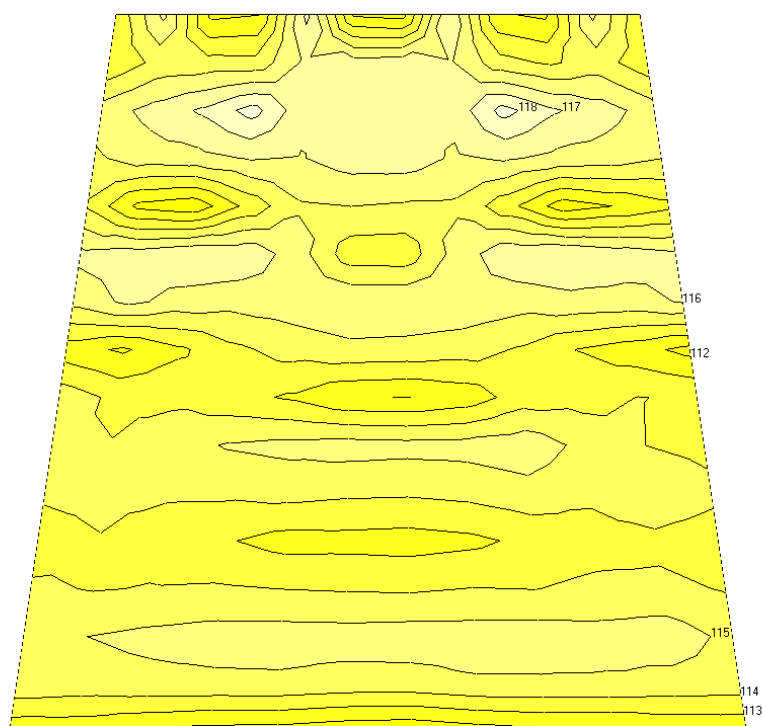


Rysunek 39. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 6300 Hz

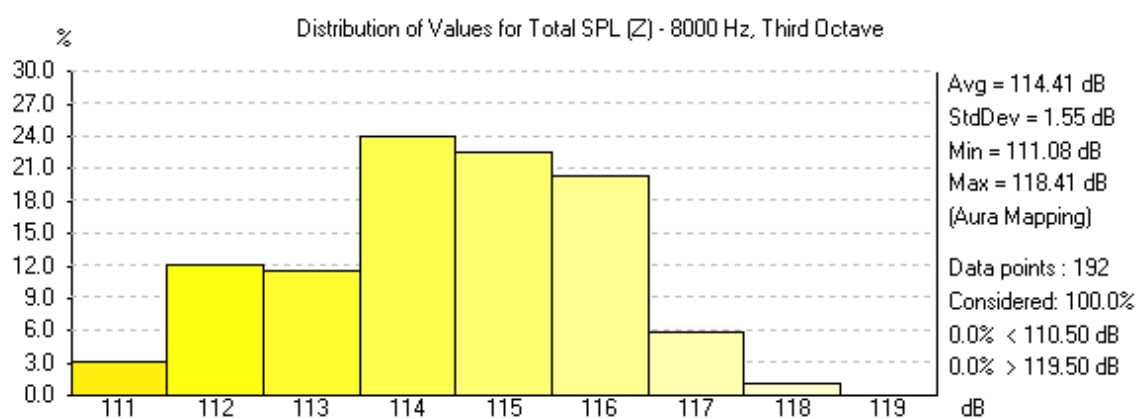


Rysunek 40. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 6300 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 6300 Hz spełniony.

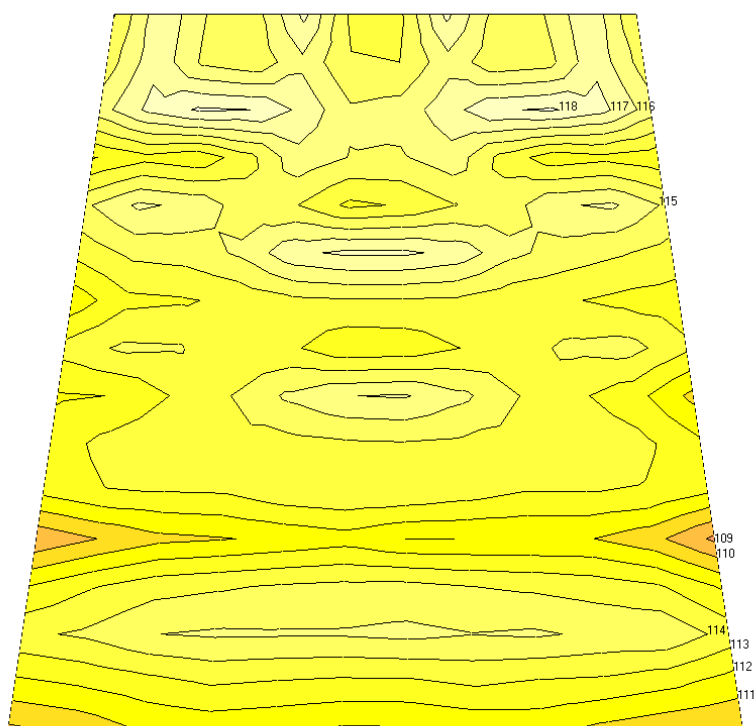


Rysunek 41. Rozkład poziomego ciśnienia kustycznego dla pasma 8000 Hz

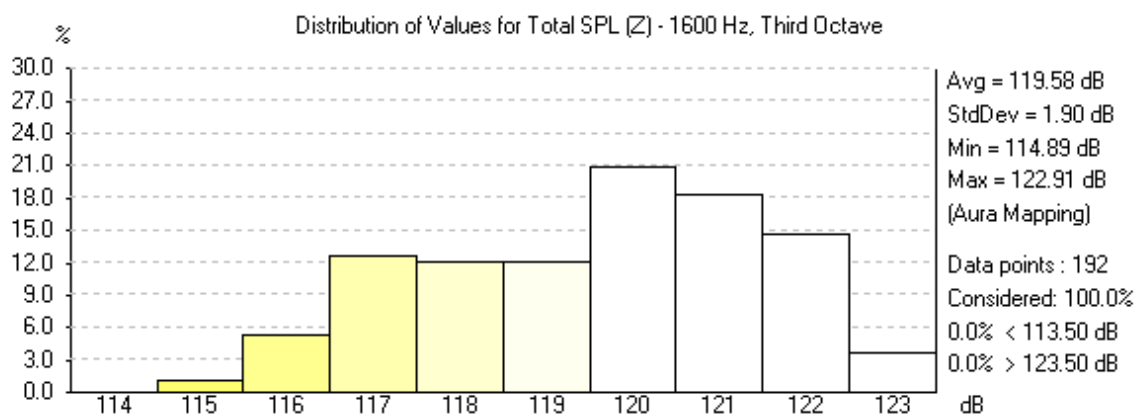


Rysunek 42. Dystrybucja wartości poziomego ciśnienia akustycznego dla pasma 8000 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 8000 Hz spełniony.

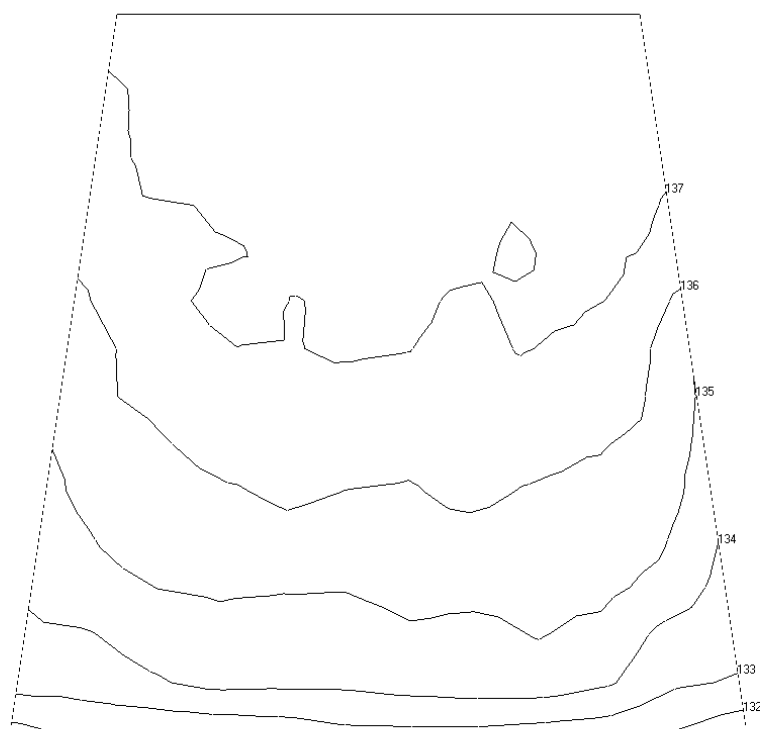


Rysunek 43. Rozkład poziomu ciśnienia kustycznego dla pasma 10000 Hz

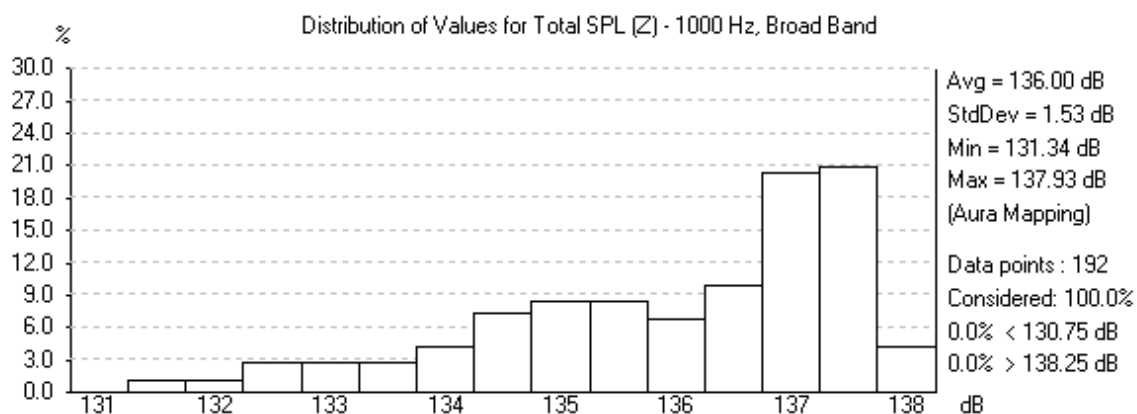


Rysunek 44. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla pasma 10000 Hz

Warunek pokrycia dźwiękiem powierzchni widowni dla pasma tercjowego 10000 Hz spełniony.



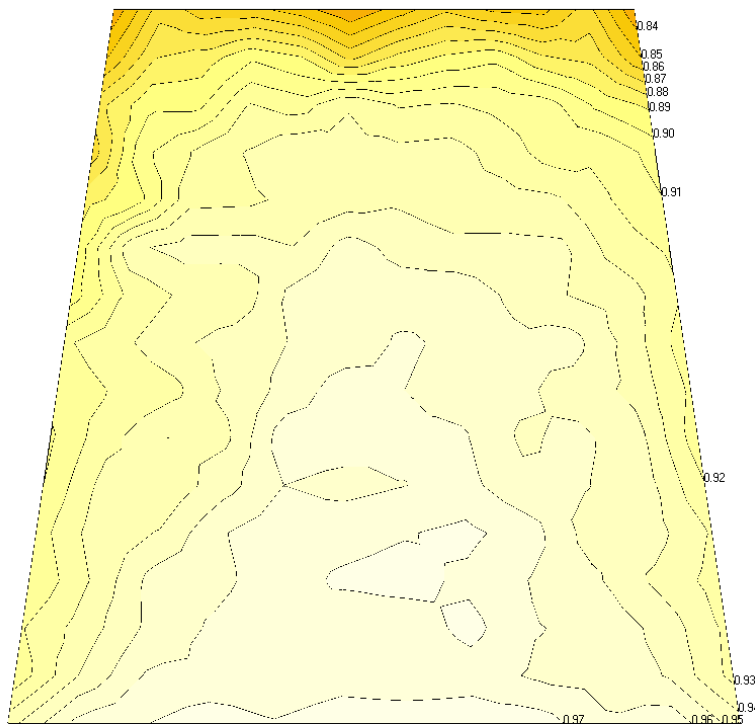
Rysunek 45. Rozkład poziomy ciśnienia kustycznego dla sygnału szerokopasmowego



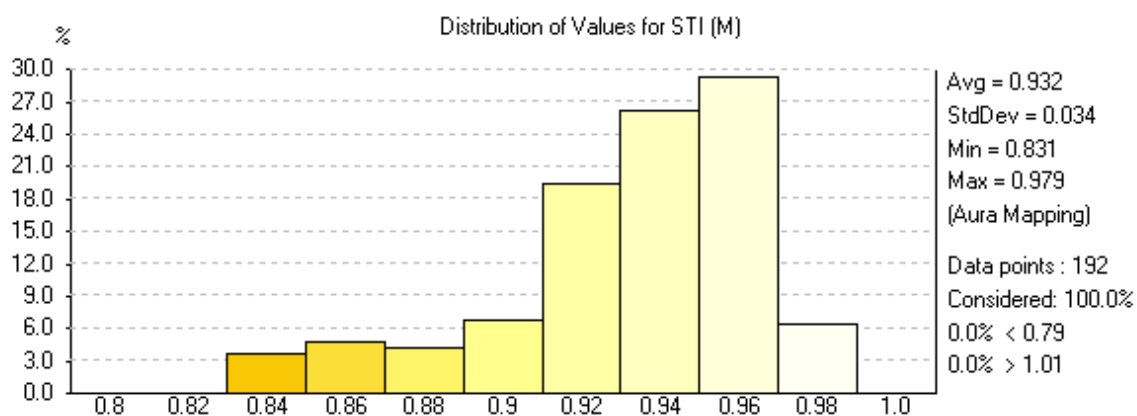
Rysunek 46. Dystrybucja wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla sygnału szerokopasmowego

Warunek generowania przez system nagłośnienia dźwięku o poziomie ciśnienia akustycznego $\geq 120\text{dB}$ dla sygnału szerokopasmowego **spełniony**.

2.2.3.2 Wskaźnik transmisji mowy STI



Rysunek 47. Rozkład wartości parametru STI na obszarze widowni



Rysunek 48. Dystrybucja wartości parametru STI na obszarze widowni

Warunek zachowania na całej powierzchni widowni parametru zrozumiałości mowy STI na poziomie powyżej 0,8 **spełniony**.

2.2.4 Podsumowanie

Przedstawione w opracowaniu wyniki symulacji akustycznych przedstawiające wartości poziomu ciśnienia akustycznego, równomierności pokrycia widowni oraz wskaźnika STI spełniają wymogi postawione systemowi nagłośnienia oraz adaptacji akustycznej. Potwierdza to prawidłowy dobór systemu nagłośnienia