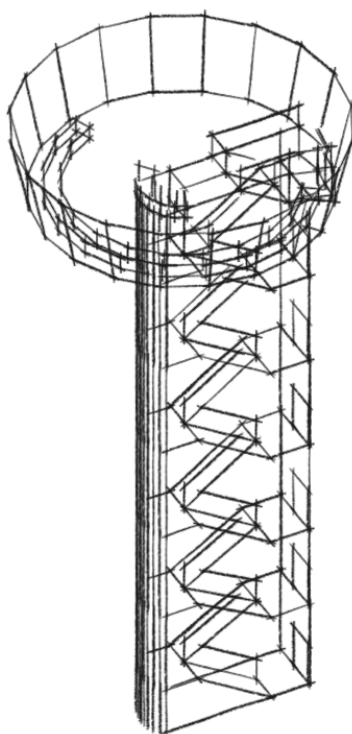


Symulacje akustyczne

**LOTNISKO WIEŻA
SYSTEM DSO**



LUTY 2012

Opracował: mgr. Kamil Słowikowski

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie.....	3
2. Dane wejściowe symulacji	4
2.1 Wieża - pomieszczenie.....	6
2.1.1 Wizualizacja obiektu.....	6
2.1.2 Czas pogłosu	8
2.1.3 Głośniki	8
2.2 Klatka schodowa	9
2.2.1 Wizualizacja obiektu.....	9
2.2.2 Czas pogłosu	11
2.2.3 Głośniki	11
3. Wyniki symulacji.....	12
3.1 Wieża - pomieszczenie.....	13
3.2 Klatka schodowa	15
3.2.1 Wariant 1 – bez adaptacji akustycznej.....	15
3.2.2 Wariant 2 –adaptacja akustyczna	17
4. Podsumowanie wyników	19
Odniesienia:.....	22

Wprowadzenie

Opracowanie obejmuje prezentację i analizę wyników symulacji akustycznej dla zaprojektowanego systemu DSO, a także sugestie dotyczące działań mających na celu poprawę parametrów akustycznych.

W analizie użyto głośników ściennych MCR-SWSM6 oraz głośników sufitowych ABT-S2010.

2. Dane wejściowe symulacji

Do wykonania analiz akustycznych wykorzystano trójwymiarowy model obiektu zbudowany na podstawie przekazanej dokumentacji architektonicznej. Obiekt został podzielony na dwa odrębne pomieszczenia: wieża - pomieszczenie oraz klatka schodowa, ze względu na przegrody akustyczne, które izolują obie przestrzenie. Klatka schodowa została zasymulowana dla 2 wariantów: wariant 1 bez adaptacji akustycznej, wariant 2 z adaptacją akustyczną. Materiały wykończeniowe dobrano zgodnie z dostarczonym projektem wykończenia wnętrza. Symulacje akustyczne przeprowadzono przy następujących założeniach:

- Na potrzeby symulacji przyjęto tło na poziomie 72 dBA, co odpowiada głośnej mowie, zgodnie z normą PN-EN ISO 9921 o rozkładzie widmowym odpowiadającym mowie męskiej, zgodnie z normą PN-EN 60268-16.
- Zastosowano czas pogłosu wyliczony przez program EASE w na podstawie materiałów wykończeniowych wnętrza

W symulacji akustycznej zastosowano 2 rodzaje głośników:

- głośniki naścienne MCR-SWSM6
- głośniki sufitowe ABT-S2010

Czas pogłosu, jaki użyto w symulacji, został obliczony przez program EASE na podstawie interpolacji echogramu dla RT30. Średni czas pogłosu zgodnie z normą PN-EN ISO 3382 określono na podstawie pasm 1/3 oktaowych z zakresu od 400 do 1 250 Hz.

Tabela 1 Średnie czasy pogłosu analizowanych pomieszczeń

Pomieszczenie	Średni czas pogłosu [s]
wieża	1,28
klatka schodowa wariant 1	3,41
klatka schodowa wariant 2	1,23

W symulacji analizie poddano następujące parametry:

- Poziom dźwięku całkowitego [TOTAL SPL (A)]
- Wartość wskaźnika transmisji mowy STI - wyznaczany na podstawie MTI (Modulation Transfer Indices), z uwzględnieniem tła akustycznego

Przedstawione parametry obliczono na powierzchniach odsłuchu (pomiaru) rozmieszczonych na wysokości 1,5m.

Przy doborze typu i rozmieszczenia głośników kierowano się doświadczeniem projektantów oraz wynikami symulacji akustycznych przeprowadzanych w środowisku EASE.

W symulacji przyjęto poniższe ustawienia:

Metoda symulacji: AURA simulation

Liczba cząstek: 5000

Długość odpowiedzi [ms]: 3000

Rozpraszanie [%]: 20

Metoda rozpraszania: Standard

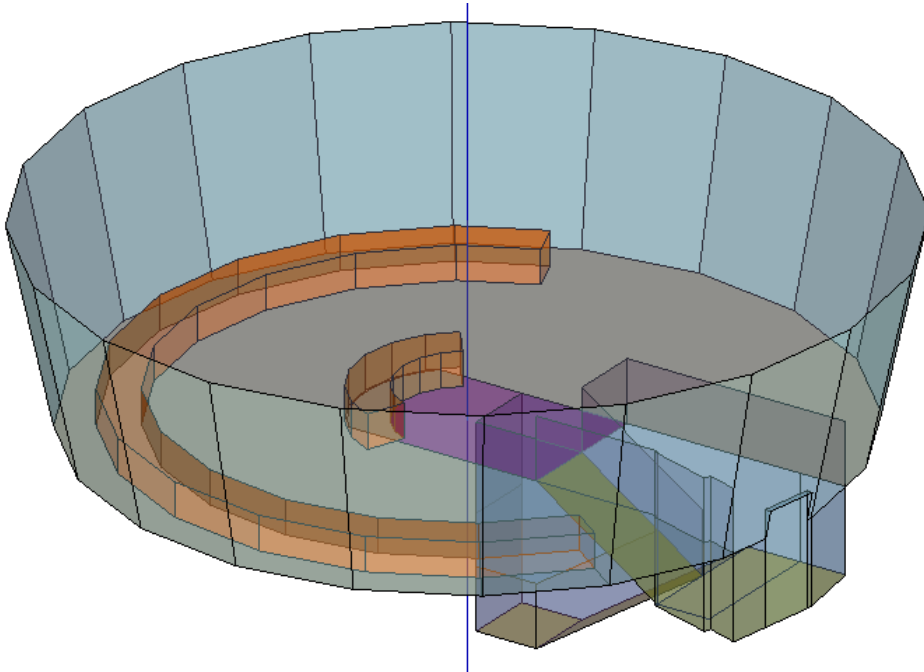
Wysokość słuchacza: 1,5m

Metoda obliczeniowa: Pink Noise

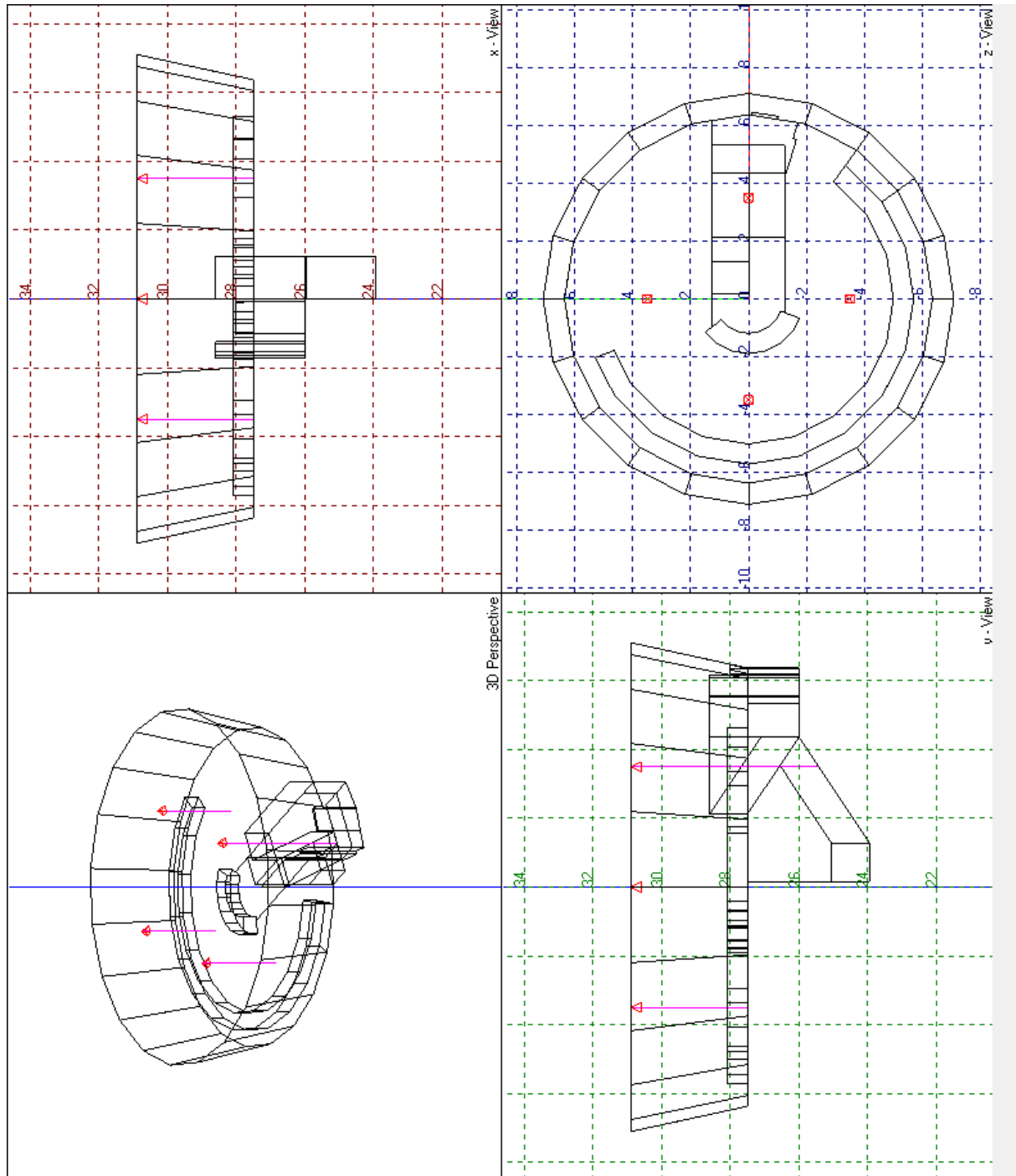
Mapowanie: szerokopasmowe ważone krzywą korekcyjną A

2.1 Wieża - pomieszczenie

2.1.1 Wizualizacja obiektu



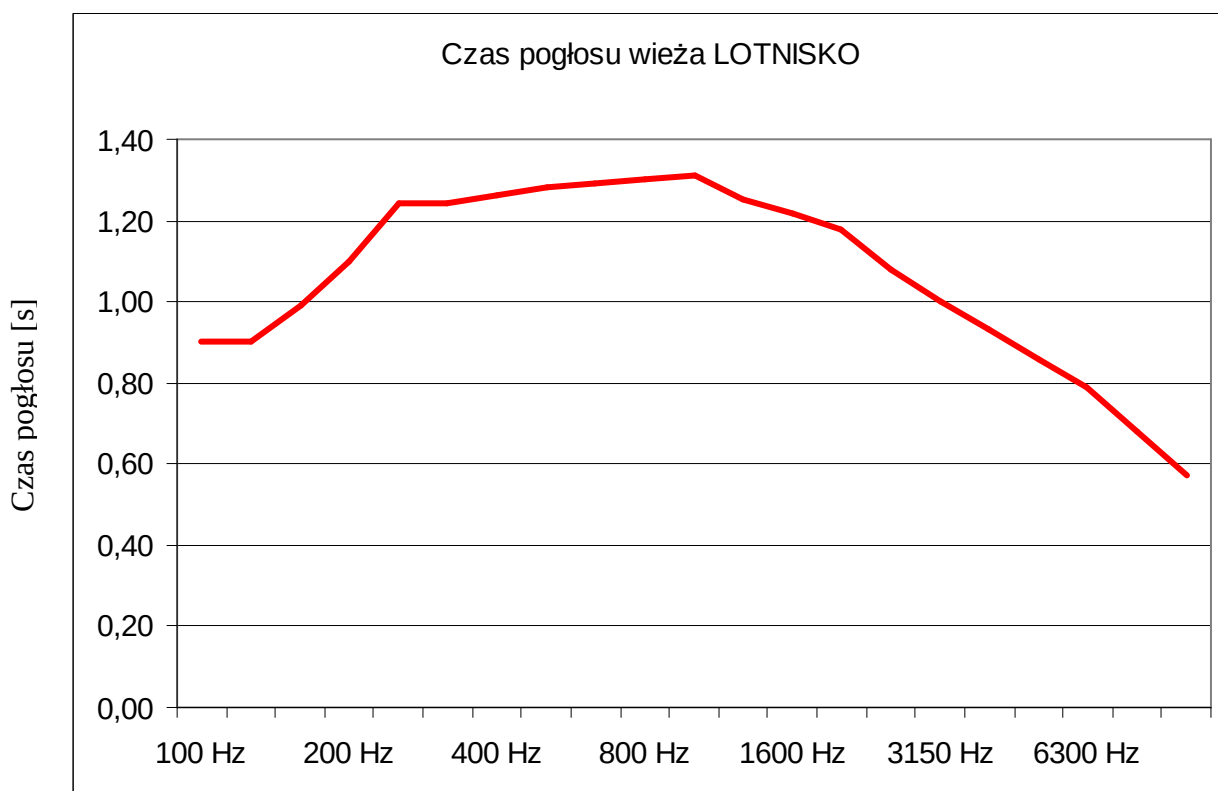
Rysunek 1 Model 3D obiektu



Rysunek 2 Widok pomieszczenia w programie EASE

2.1.2 Czas pogłosu

Czas pogłosu został obliczony przez symulator akustyczny EASE na podstawie interpolacji echogramu dla RT30. Uzyskaną charakterystykę częstotliwościową czasu pogłosu przedstawia rysunek 4:



Rysunek 3 Wykres czasu pogłosu

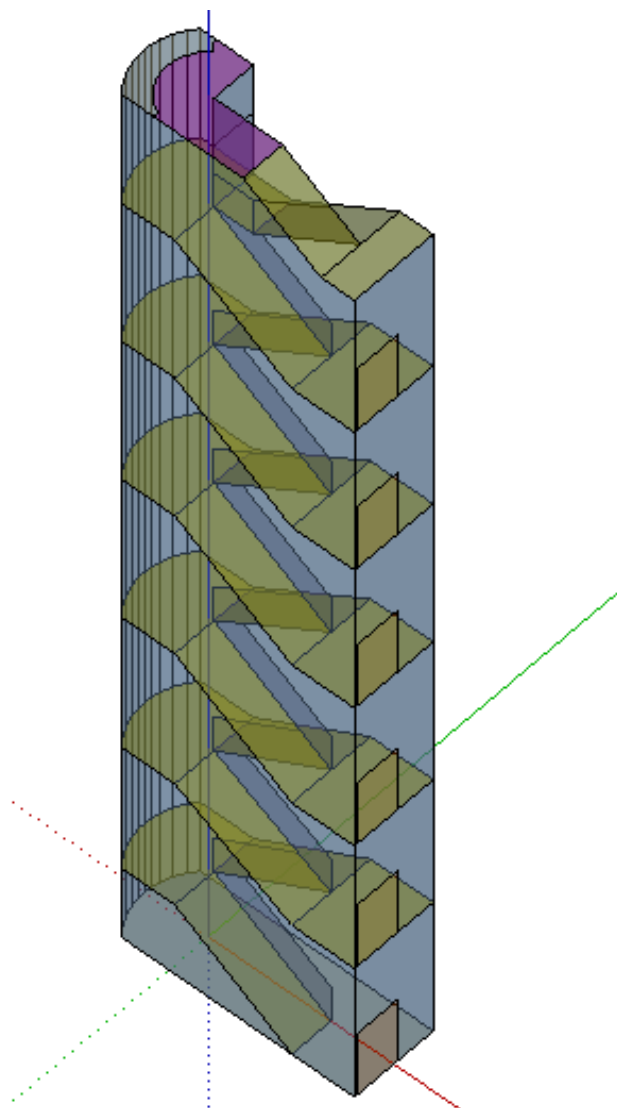
Średni czas pogłosu liczony zgodnie z normą PN-EN ISO 3382 wynosi: 1,28

2.1.3 Głośniki

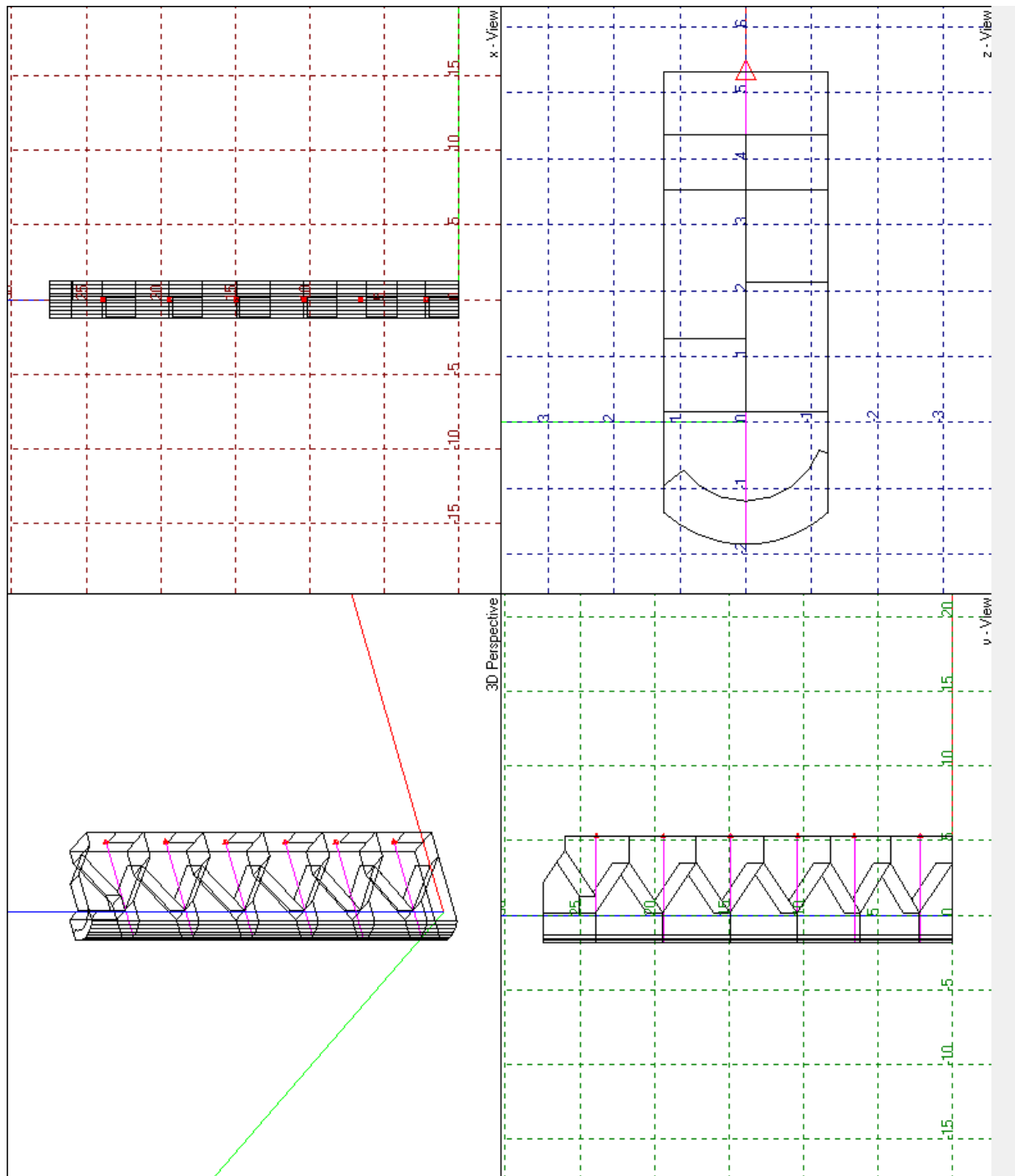
W symulacji użyto 4 głośniki sufitowe ABT-S2010 na odczepach 1,25W.

2.2 Klatka schodowa

2.2.1 Wizualizacja obiektu



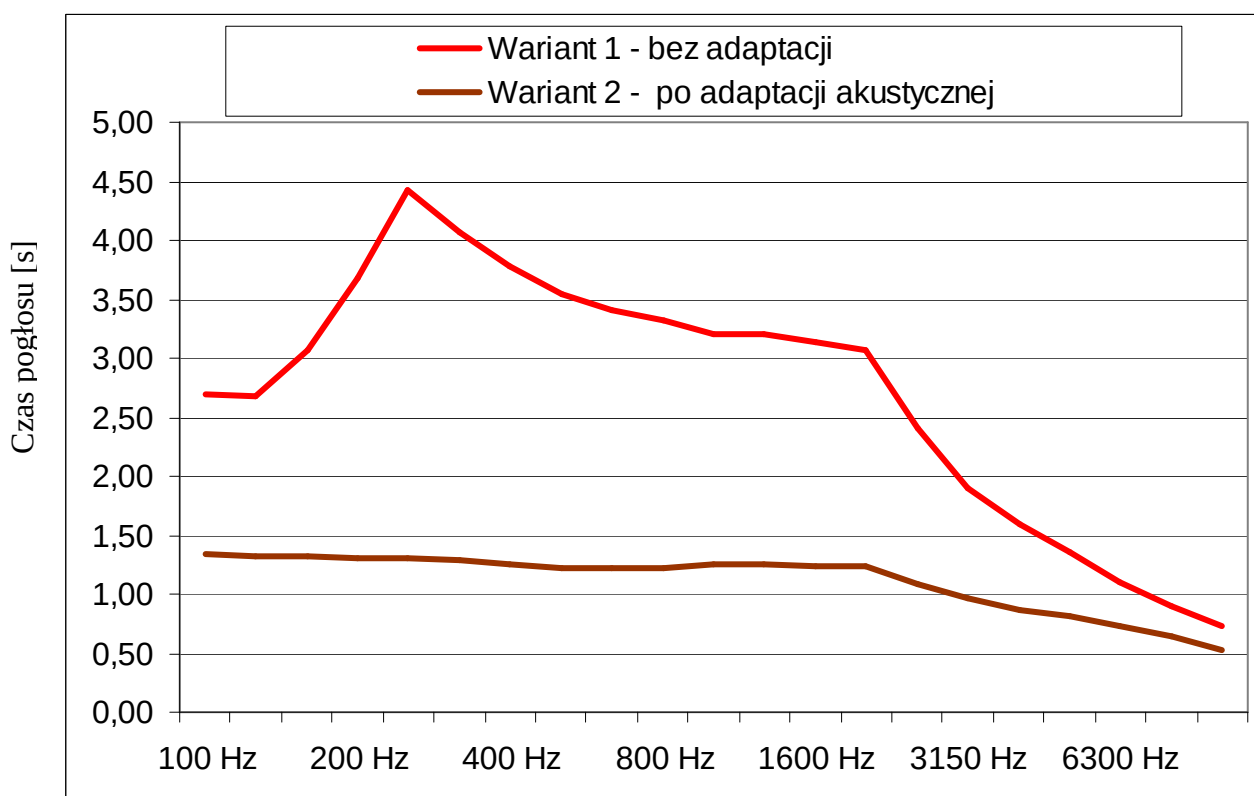
Rysunek 4 Model 3D obiektu



Rysunek 5 Widok pomieszczenia w programie EASE

2.2.2 Czas pogłosu

Czas pogłosu został obliczony przez symulator akustyczny EASE na podstawie interpolacji echogramu dla RT30. Uzyskaną charakterystykę częstotliwościową czasu pogłosu przedstawia rysunek 4:



Rysunek 6 Wykres czasu pogłosu

Średni czas pogłosu liczony zgodnie z normą PN-EN ISO 3382 wynosi: 3,41s dla wariantu bez adaptacji akustycznej oraz 1,23s po adaptacji akustycznej sufitem w klasie pochłaniania D.

2.2.3 Głośniki

W wariantcie 1 użyto 6 głośników naściennych MCR-SWSM6 na odczpie 3W. W wariantcie 2 użyto 6 głośników naściennych MCR-SWSM6 na odczpie 0,75W.

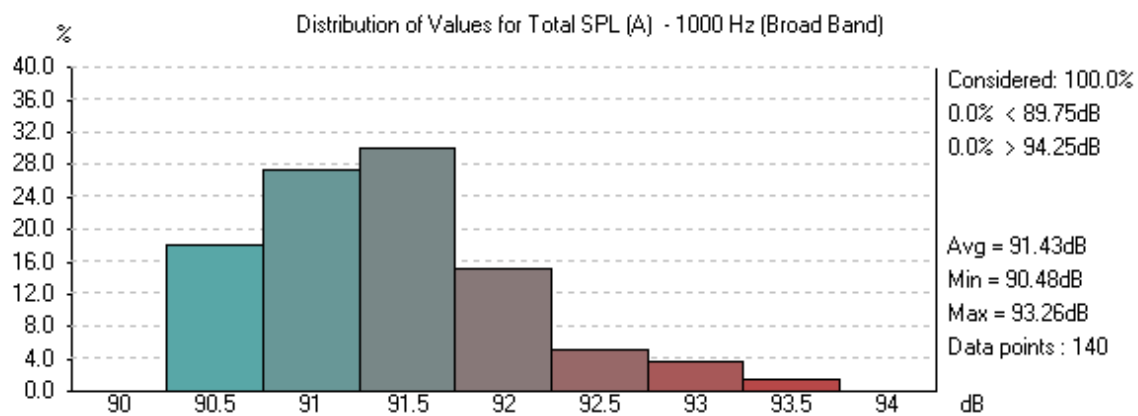
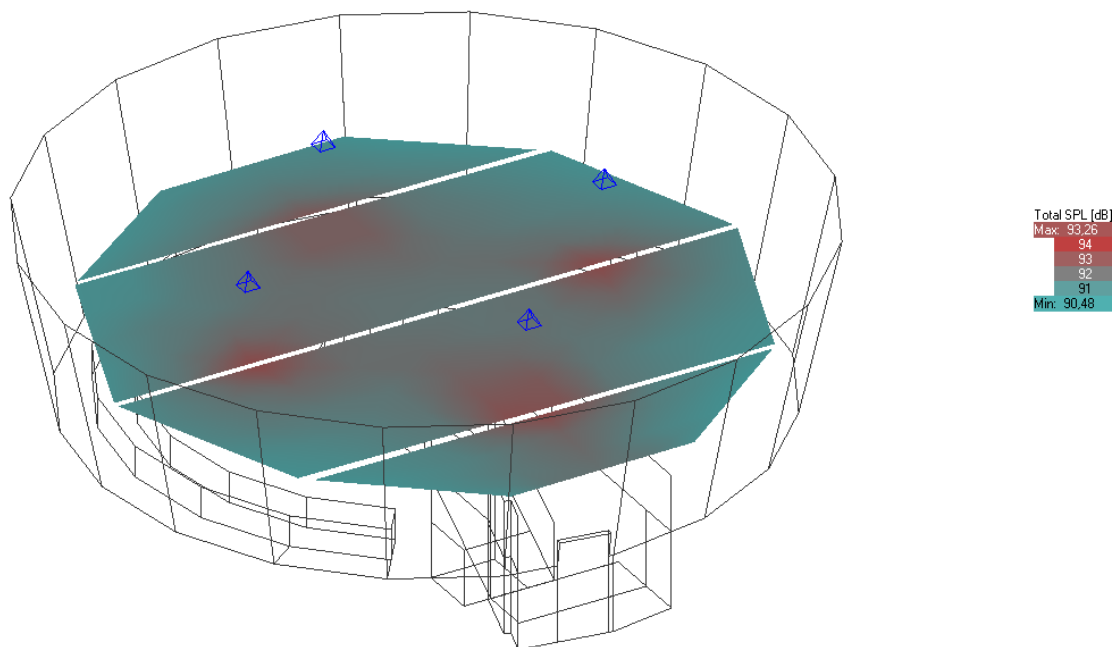
3. Wyniki symulacji

W celu oceny parametrów akustycznych zaproponowanego rozwiązania DSO przedstawiono wartości poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego (Total SPL A) oraz wskaźnik zrozumiałości mowy (STI) z uwzględnieniem tła (STI+N). Rozkład dźwięku bezpośredniego i odbitego (Total SPL A) opisuje ciśnienie akustyczne z uwzględnieniem odbić fali dźwiękowej, co daje wierniejszy obraz poziomu dźwięku panującego w danym obiekcie. Wskaźnik transmisji mowy STI (Speech Transmission Index) opisuje jakość mowy dostarczaną przez system. Współczynnik ten zawiera się pomiędzy 0 oraz 1, a jego wartości korespondują z subiektywnym odczuciem zrozumiałości mowy zgodnie z Tabelą 2 [4].

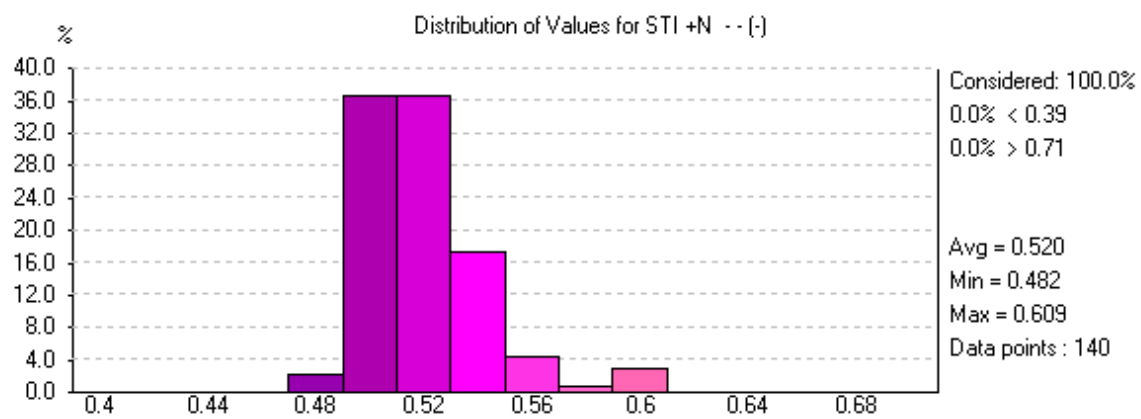
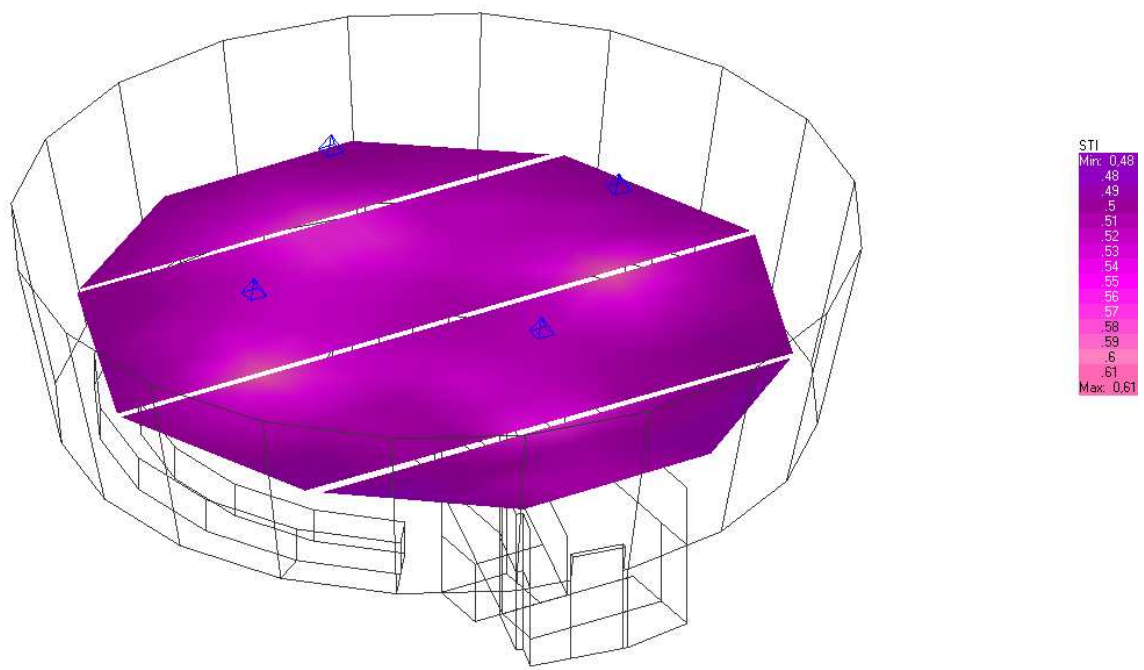
Tabela 2 Zestawienie wartości współczynnika STI

Wartość STI	Subiektywna ocena jakości mowy
0 – 0,3	zła
0,3 – 0,45	słaba
0,45 -0,6	poprawna
0,6 -0,75	dobra
0,75 – 1	znakomita

3.1 Wieża - pomieszczenie



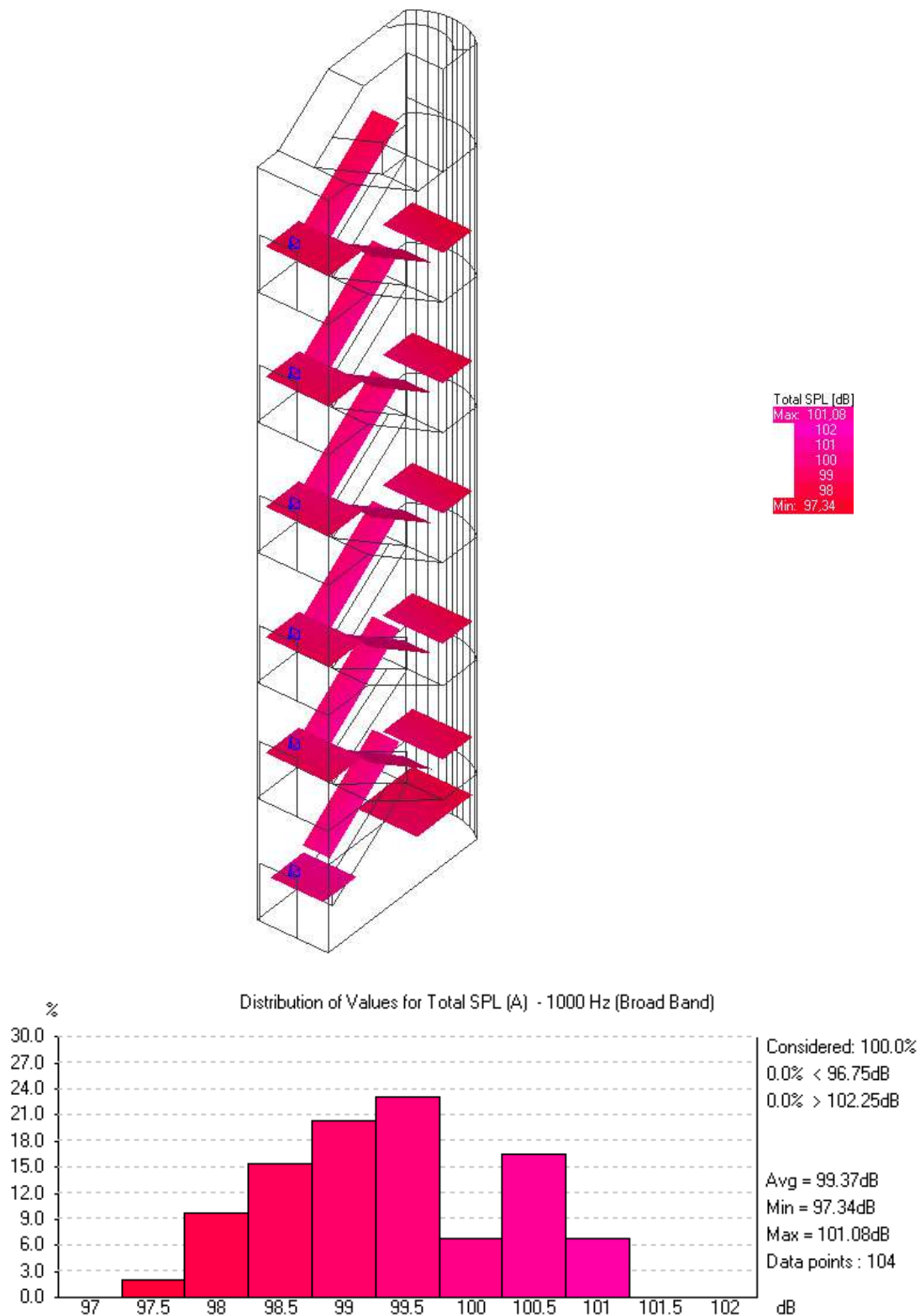
Rysunek 7 Rozkład procentowy i przestrzenny poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego [dBA].



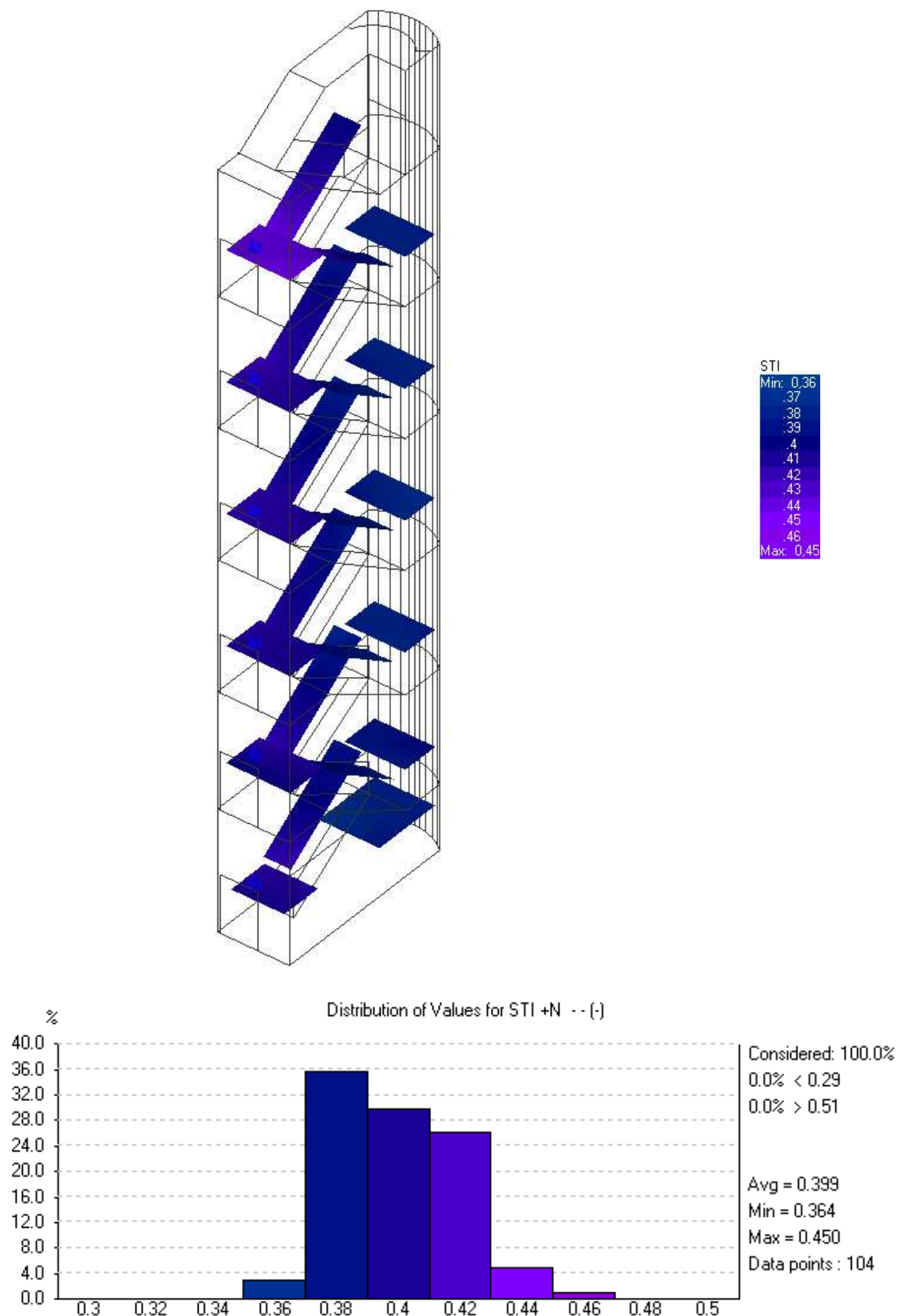
Rysunek 8 Rozkład procentowy i przestrzenny wskaźnika transmisji mowy (STI+N) z uwzględnieniem tła akustycznego.

3.2 Klatka schodowa

3.2.1 Wariant 1 – bez adaptacji akustycznej



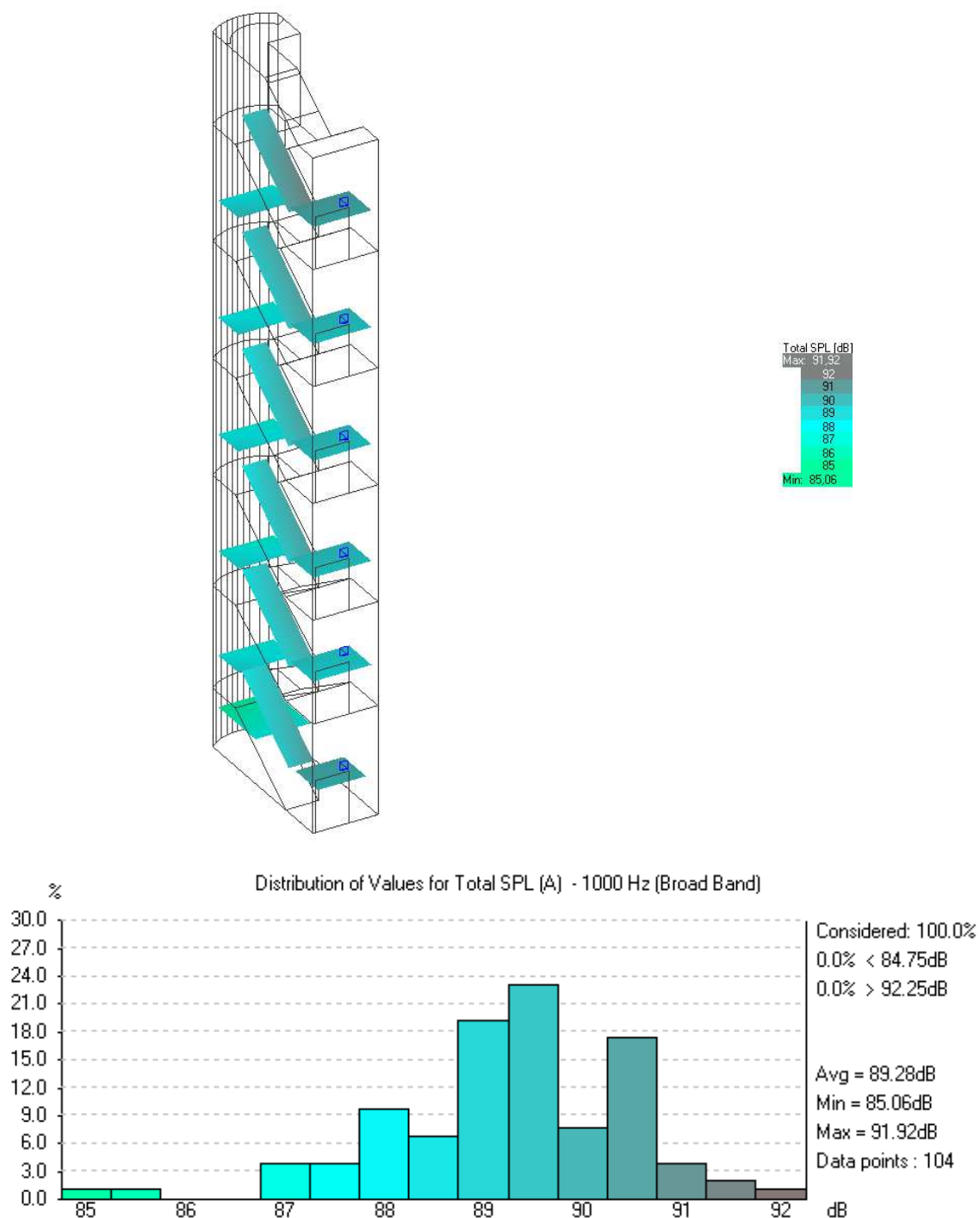
Rysunek 9 Rozkład procentowy i przestrzenny poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego [dBA]



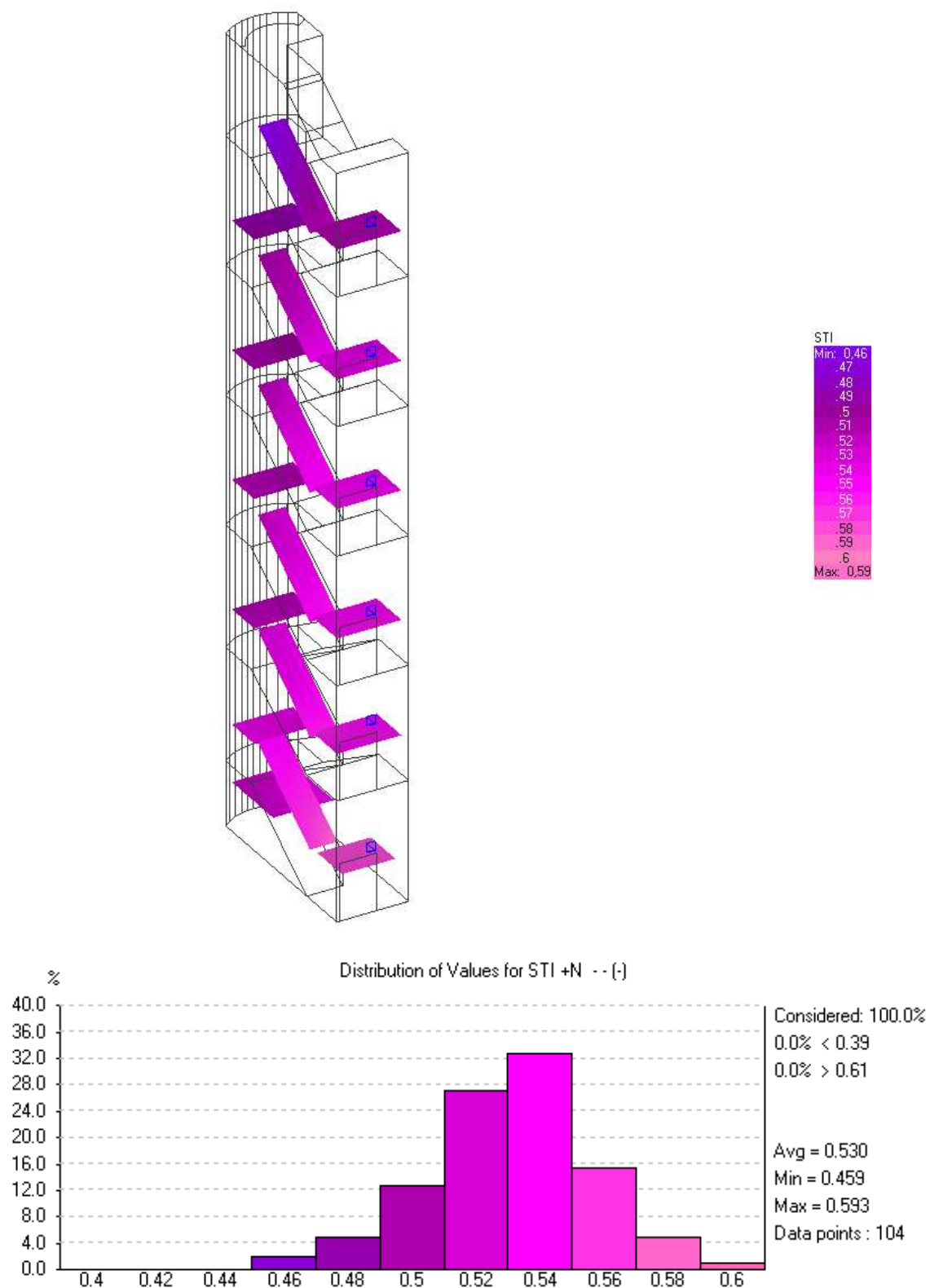
Rysunek 10 Rozkład procentowy i przestrzenny wskaźnika transmisji mowy (STI+N) z uwzględnieniem tła akustycznego

3.2.2 Wariant 2 –adaptacja akustyczna

W przedstawionym wariantcie symulacji zastosowano sufit akustyczny dla 50% powierzchni stropu około (50m²) materiałem akustycznym w klasie D (np. ROCFON SOFIT). Dodatkowo, ze względu na wysokie poziomy ciśnienia akustycznego zmniejszono odczepy głośników na 0,75W.



Rysunek 11 Rozkład procentowy i przestrzenny poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego [dBA]



Rysunek 12 Rozkład procentowy i przestrzenny wskaźnika transmisji mowy (STI+N) z uwzględnieniem tła akustycznego

4. Podsumowanie wyników

Przedstawione powyżej wyniki symulacji dla Lotniska zebrano w formie tabeli 3

Tabela 3 Zbiorcze wyniki symulacji

		wieża	klatka schodowa	
Parametr		Wartości	Wariant 1	Wariant 2
Total SPL [dB A]	Avg.	91,43	99,37	89,28
	Min.	90,48	97,34	85,06
	Max.	93,26	101,08	91,92
STI+N	Avg.	0,52	0,39	0,53
	Min.	0,48	0,36	0,46
	Max.	0,61	0,45	0,59
Nosie [dB A]	N	72	72	72

Tabela 4 Sprawdzenie zgodności zaprojektowanego systemu z wymaganiami normatywnymi.

Parametr	Warunek	Wieża	
		Wartość	Rezultat
L_{pmin} (Total _{min})	≥ 65 dBA	90,48	✓
L_{pmax} (Total _{max})	≤ 120 dBA	93,26	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≥ 6 dBA	19,43	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≤ 20 dBA	19,43	✓
STI+N	$\geq 0,5$	0,52	✓
Parametr	Warunek	Klatka Schodowa - wariant 1	
		Wartość	Rezultat
L_{pmin} (Total _{min})	≥ 65 dBA	99,37	✓
L_{pmax} (Total _{max})	≤ 120 dBA	101,08	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≥ 6 dBA	27,37	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≤ 20 dBA	27,37	✓*
STI+N	$\geq 0,5$	0,39	✗
Parametr	Warunek	Klatka Schodowa - wariant 2	
		Wartość	Rezultat
L_{pmin} (Total _{min})	≥ 65 dBA	85,06	✓
L_{pmax} (Total _{max})	≤ 120 dBA	91,92	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≥ 6 dBA	17,28	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≤ 20 dBA	17,28	✓
STI+N	$\geq 0,5$	0,53	✓

* Wyższy stosunek sygnału użytecznego do hałasu jest uzasadniony ze względu na podwyższony poziom tła w trakcie ewakuacji.

Rozmieszczenie oraz dobrane moce głośników gwarantują wystarczający poziom dźwięku, co zapewnia należyty odstęp sygnału od szumu (komunikatu nad tłem). Stosunek sygnału do szumu jest większy niż 6 dBA ponad spodziewanym tłem akustycznym 72 dBA.

W klatce schodowej (wariant 1) stosunek S/N osiąga wartości większe niż 20dB, co jest akceptowalne ze względu na możliwość podwyższonego tła akustycznego w trakcie ewakuacji. Zaleca się jednak rozważenie użycia odczepów transformatorów głośnikowych

odpowiadających czterokrotnie mniejszej mocy na głośnikach naściennych. W wariantcie 2 klatki schodowej zmniejszono moce głośników, czego skutkiem jest S/N poniżej 20dB.

Wieża – pomieszczenie ze względu na krótki czas pogłosu zapewnia optymalne warunki dla uzyskania wymaganych parametrów zrozumiałości mowy oraz poziomu ciśnienia akustycznego. W przypadku klatki schodowej (wariant 1) wskaźnik zrozumiałości mowy znajduje się poniżej wartości 0,5 STI stąd też zaleca się zastosowanie adaptacji akustycznej pomieszczenia np. poprzez użycie podwieszanego sufitu akustycznego, paneli akustycznych bądź tynku akustycznego. Dzięki temu będzie możliwe skrócenie czasu pogłosu do akceptowalnych wartości, które pozwolą na osiągnięcie wymaganych normą parametrów DSO. W wariantcie 2 przedstawiono wyniki symulacji przy zastosowaniu adaptacji akustycznej (sufitem akustycznym w klasie D na 50% powierzchni sufitu), co skróciło czas pogłosu i pozwoliło uzyskać wymagane normą wartości wskaźnika zrozumiałości mowy STI.

Zapewniony jest absolutnie minimalny poziom dźwięku ≥ 65 dBA oraz nie przekroczono maksymalnego poziomu dźwięku 120 dBA.

W symulacji nie uwzględniono spadków mocy na liniach głośnikowych.

Dobrano materiały wykończeniowe o właściwościach akustycznych najbliższych materiałom podanym w projekcie wykończenia wnętrz [5] zgodnie z najlepszą dostępną wiedzą. W przypadku rozbieżności pomiędzy założonymi warunkami akustycznymi a rzeczywistymi warunkami panującymi w pomieszczeniach zaleca się pomiar czasu pogłosu, dzięki któremu będzie można skorygować krzywą pogłosową pomieszczenia i przeprowadzić szczegółową analizę akustyczną.

Podane wyniki symulacji są właściwe tylko dla podanych typów, rozmieszczenia, oraz mocy głośników użytych w symulacji jak również dla założeń poczynionych w niniejszym dokumencie. Inne wartości czasu pogłosu lub szumu tła mogą wpłynąć na zmianę wyników.

Odniesienia:

- [1] M. Long *Architectural Acoustics* Elsevier 2006
- [2] PN-EN 60849 „Dźwiękowe systemy ostrzegawcze”
- [3] PN-EN ISO 3382 „Pomiary parametrów akustycznych pomieszczeń”
- [4] “EASE 4.3 User’s Guide&Tutorial”, (Acoustic Design Ahnert), Germany
- [5] Rzuty architektoniczne