

Objektas:

Kultūros paskirties pastato T. Kosciuškos g. 4 ir maitinimo paskirties pastato Maironio g. 7, Druskininkuose rekonstravimo į Kultūros paskirties pastatą

Akustinio 3D modeliavimo analizė

Druskininkų kultūros centro salių akustika turi būti pritaikyta pagal salių paskirtį. Tuo tikslu buvo sukurti salių skaitmeniniai akustiniai modeliai, siekiant tinkamai parinkti akustines apdailos medžiagas ir optimizuoti jų geometriją. Akustinis modeliavimas atliktas naudojant ODEON v.14.03 licencijuotą programinę įrangą. Visos simuliacijos atliktos laikantis ISO 3382 standarto reikalavimų.

Didžioji (multifunkcinė) salė

Druskininkų kultūros centro didžioji salė yra „pasagos“ formos su parteriu ir dviejų aukštų balkonais. Vidutinis salės plotis yra ~26 m, o didžiausias ilgis nuo scenos priekio iki galinės sienos yra ~26 m. Salėje numatoma įrengti 1180 sėdimų žiūrovinių vietų. Salės paskirtis – multifunkcinė, todėl salėje bus įrengta elektroakustinė erdvės išplėtimo sistema. Siekiant, kad ši sistema funkcionuotų, salėje reikia pasiekti tinkamus patalpos akustinius parametrus. Tuo tikslu buvo sukurtas salės skaitmeninis akustinis modelis, kuris suteikia galimybę simuliuoti garso spindulių sklaidimą patalpoje ir apsiskaičiuoti reikiamus akustinius parametrus.

Pagrindinės salės techniniai duomenys

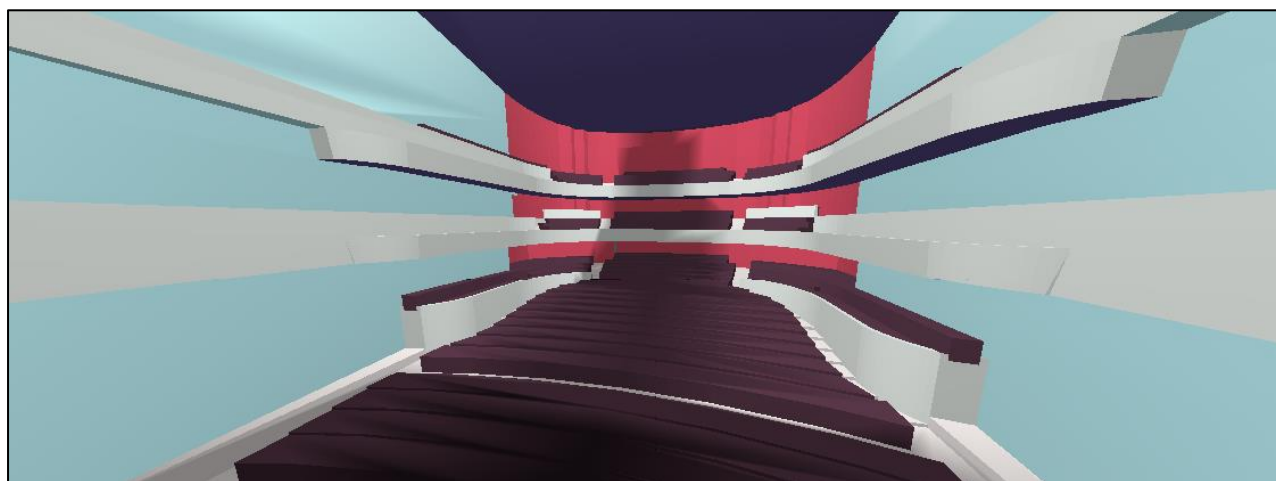
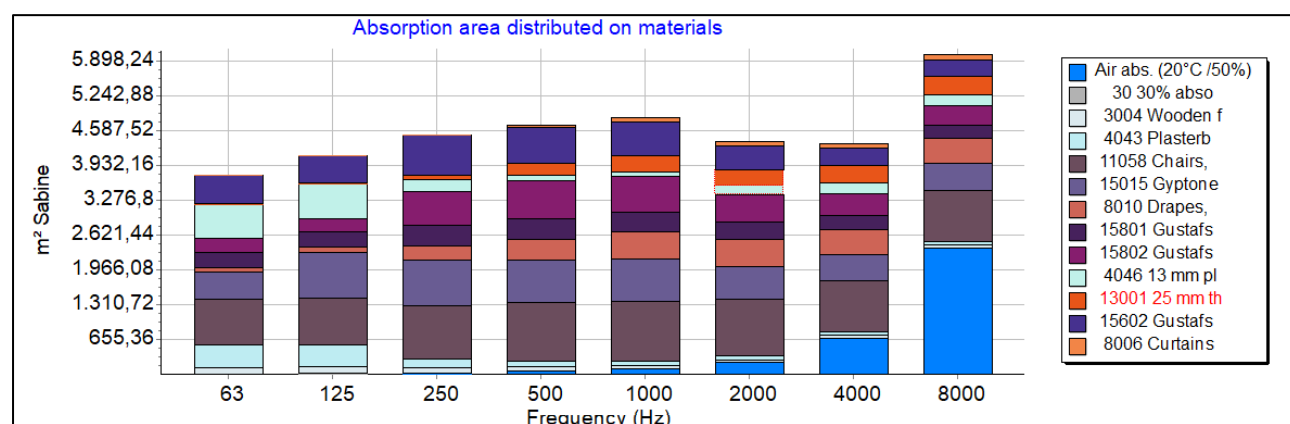
Patalpos tūris	V	18000 m ³
Paviršių plotas	S	8600 m ²
Maksimalus patalpos ilgis	L _{max}	48,81 m
Maksimalus patalpos plotis	D _{max}	42,62 m
Maksimalus patalpos aukštis	H _{max}	21,43 m
Žiūrovinių vietų skaičius	N	1180

Akustinės simuliacijos sąlygos

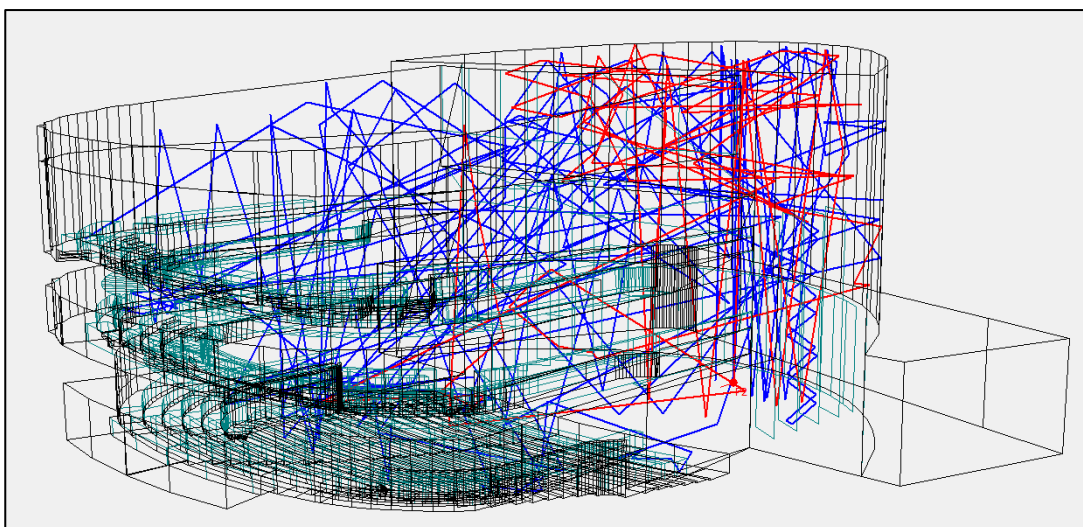
Impulso atsako ilgis	1200 ms
Garso spindulių kiekis	142384
Oro temperatūra	20°C
Oro drėgnumas	50%
Foninis triukšmas	NC20

Simuliacijai naudotų paviršių plotai bei absorbcijos plotai

Material	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 Hz	Surface area
Air absorption	2,8	9,8	28,2	57,8	100,9	219,8	669,8	2373,7	m ²
30 30% absorbent	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2,3 m ²
3004 Wooden floor on joists	128,2	128,2	94,0	85,4	59,8	51,3	59,8	59,8	1074,5 m ²
4043 Plasterboard on frame,	414,7	414,7	165,9	110,6	82,9	82,9	69,1	69,1	1184,9 m ²
11058 Chairs, medium upholste	868,9	868,9	993,1	1086,2	1117,2	1055,1	962,0	962,0	1672,7 m ²
15015 Gyptone 13mm perforated	497,3	870,2	870,2	808,1	808,1	621,6	497,3	497,3	1054,6 m ²
8010 Drapes, heavy velour (H	100,4	100,4	251,0	394,4	516,2	501,9	466,1	466,1	358,5 m ²
15801 Gustafs PH10 18% perfor	277,1	277,1	405,1	383,7	362,4	319,8	255,8	255,8	407,5 m ²
15802 Gustafs PH10 18% perfor	259,3	259,3	629,7	703,8	666,8	518,6	407,5	370,4	444,6 m ²
4046 13 mm plaster on 100 mm	650,5	650,5	224,3	112,2	89,7	157,0	201,9	201,9	1492,8 m ²
13001 25 mm thick wood-wool,	18,5	18,5	77,8	218,6	307,6	322,4	337,2	337,2	370,6 m ²
15602 Gustafs PH8 12% perfora	514,1	514,1	751,4	672,3	632,8	435,0	316,4	316,4	395,5 m ²
8006 Curtains (0.2 kg/m2) hu	7,0	7,0	8,4	54,4	87,8	97,6	101,8	101,8	139,4 m ²
Total area	3739,6	4119,5	4499,8	4688,3	4833,1	4383,9	4345,4	6012,3	8597,8 m ²



Paveikslėlis 1. Didžiosios salės akustinio 3D modelio vizualizacija.



Paveikslėlis 2. Garso spindulių sklaidimo simuliacijos vizualizacija.

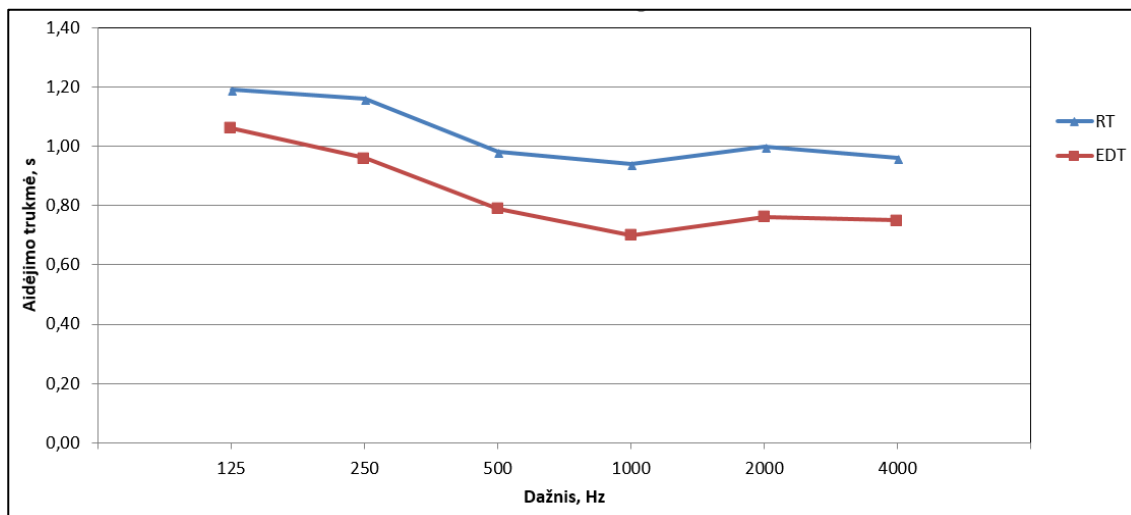
Pagrindiniai akustinio dizaino sprendimai

Lubos	<ul style="list-style-type: none"> • 50% lubų ploto sudaro perforuoti garsą sugeriantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \approx 0,6$. • 50% lubų ploto sudaro kieti garsą atspindintys ir sklaidantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \leq 0,1$.
Šoninės sienos	<ul style="list-style-type: none"> • 70% sienų ploto sudaro perforuoti garsą sugeriantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \approx 0,6$. • 30% sienų ploto sudaro kieti garsą atspindintys. Sugerties koeficientas $\alpha_w \leq 0,1$. <p>Formuojamos reljefinės garsą kreipiančios struktūros.</p>
Galinė siena	<ul style="list-style-type: none"> • 60% sienos ploto sudaro perforuoti garsą sugeriantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \approx 0,7$. • 40% sienos ploto sudaro kieti garsą atspindintys ir sklaidantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \leq 0,1$.
Grindys	medinės grindys ant lagių užtikrina žemų dažnių sugertį
Scenos sienos ir lubos	50% scenos sienų ir lubų ploto sudaro gerai garsą sugeriančios mineralinės vatos plokštės. Sugerties koeficientas $\alpha_w \geq 0,9$.

Žiūrovų kėdės	vidutinio minkštumo kėdės su perforuota sėdimos dalies apačia.
---------------	--

Aidėjimo (reverberacijos) trukmė

Akustiniame modelyje gautos aidėjimo trukmės (RT60) bei ankstyvosios silpimo trukmės (EDT) kreivės salėje be žiūrovų.



Dažnis, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
RT60, s	1,19	1,16	0,98	0,94	1,00	0,96
EDT, s	1,06	0,96	0,79	0,70	0,76	0,75

Vidutinės aidėjimo reikšmės skirtinguose dažnių diapazonuose:

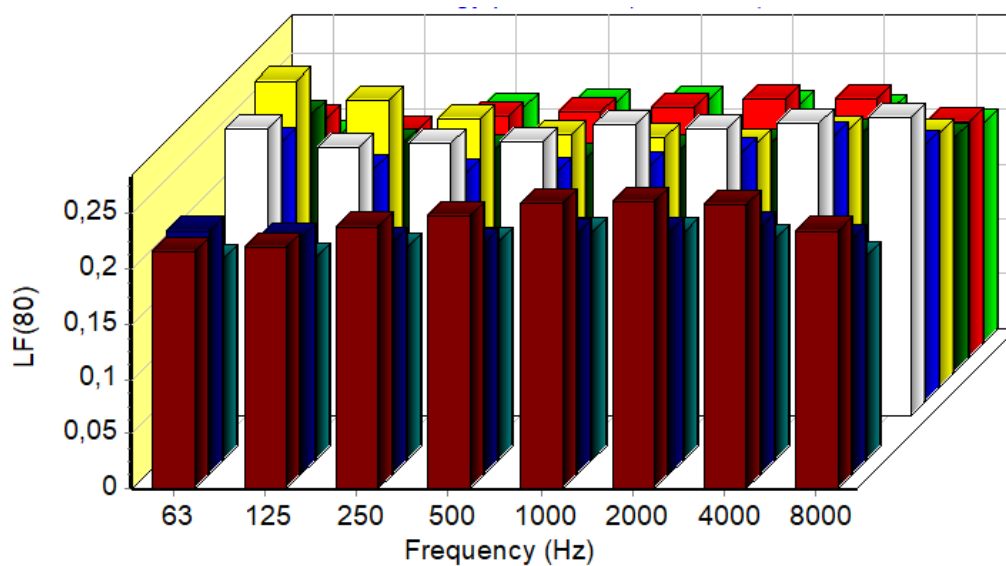
Žemų dažnių srityje (125 - 250 Hz): RT60 ~ 1,2 s; EDT ~ 1,0 s;

Vidutinių dažnių srityje (500 - 2000 Hz): RT60 ~ 1,0 s; EDT ~ 0,8 s;

Aukštesniųjų dažnių diapazone (2500 - 4000 Hz): RT60 ~ 1,0 s; EDT ~ 0,8 s;

Šoninių (lateralinių) atspindžių frakcija

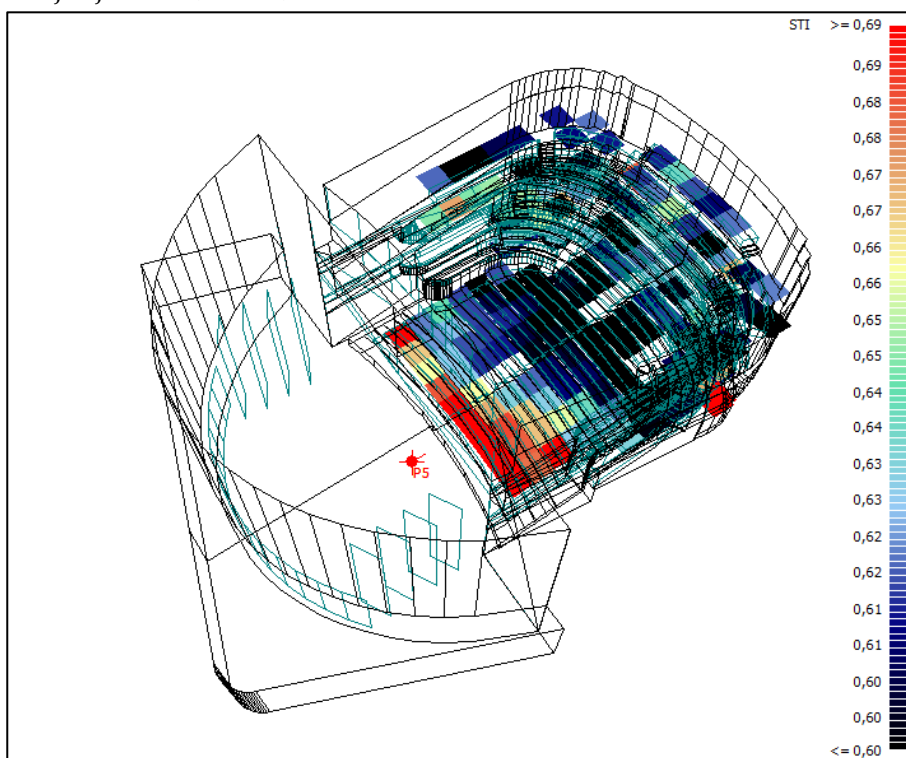
Šoninių atspindžių frakcija LF80 šiek tiek varijuoja skirtingose žiūrovinėse vietose. Vidutinė LF80 reikšmė didžiojoje salėje yra 0,23 arba 23% vidutinių dažnių srityje (500-2000 Hz).



Paveikslėlis 3 Lateralinių atspindžių frakcijos pasiskirstymas priklausomai nuo klausytojo pozicijos

Kalbos perdavimo indeksas

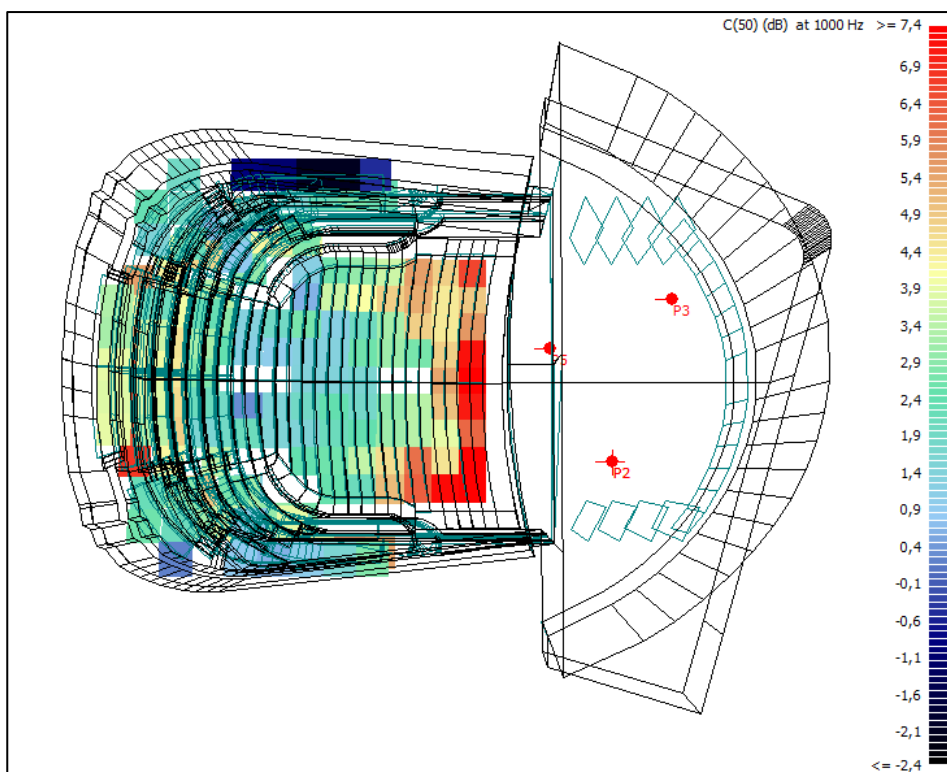
Kalbos perdavimo indeksas STI/RASTI priklausomai nuo šaltinio ir klausytojo pozicijos varijuoja nuo 0,6 iki 0,7.



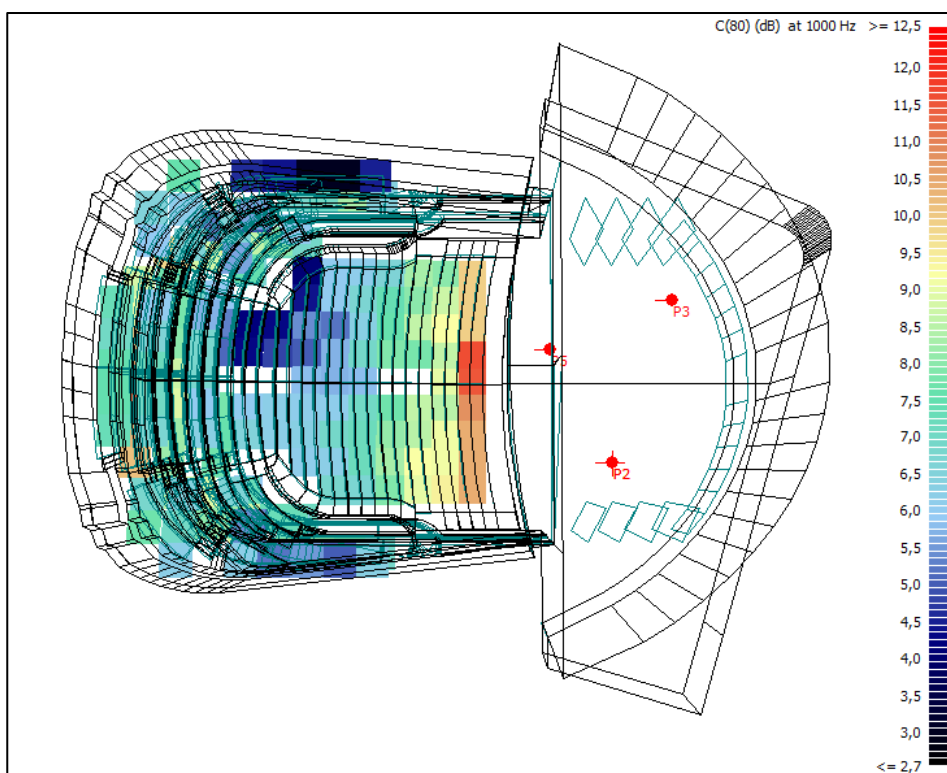
Paveikslėlis 4. Kalbos perdavimo indekso STI pasiskirstymas skirtingose žiūrovų vietose.

Kalbos bei muzikos raiška

Iš modelyje gauto garso impulso atsako energijos frakcijos (50 ms ir 80 ms) paskaičiuoti kalbos (C50) bei muzikos (C80) raiškos parametrai.



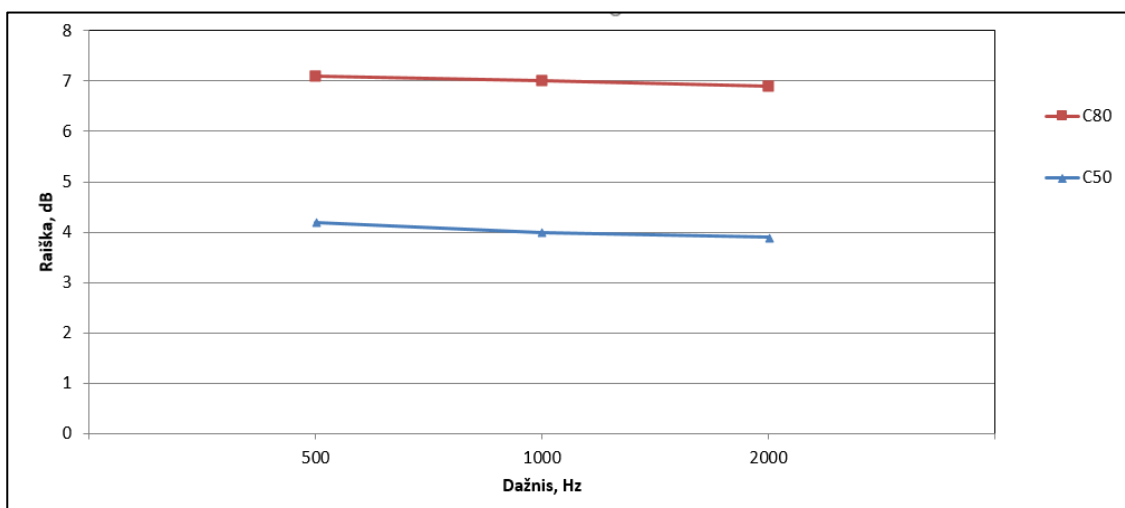
Paveikslėlis 5. Kalbos raiškos parametro $C(50)$ reikšmių pasiskirstymas salėje.



Paveikslėlis 6. Muzikos raiškos parametro $C(80)$ reikšmių pasiskirstymas salėje.

Kalbos ir muzikos raiškos parametrų reikšmės varijuoja priklausomai nuo šaltinio ir klausytojo pozicijų. Problemiškos vietos balkonuose ir po balkonais kompensuojamos elektroakustine erdvės išplėtimo sistema.

Gautos vidutinės kalbos ir muzikos raiškos parametrų reikšmės vidutinių dažnių srityje:



Dažnis, Hz	500	1000	2000
C50, dB	4,2	4,0	3,9
C80, dB	7,1	7	6,9

Mažoji (teatro) salė

Druskininkų kultūros centro mažoji salė turi būti pritaikyta teatrui. Centrinė salės dalis yra stačiakampio gretasienio formos. Salėje projektuojama teleskopinė sėdimų vietų sistema leidžianti turėti tiek plokščias, tiek kylančias grindis. Salėje numatoma įrengti 513 sėdimų žiūrovinių vietų. Salės plotis ~17 m, didžiausias ilgis nuo salės priekio iki galinės sienos ~22 m. Scenos dydis ~11x17 m.

Siekiant pritaikyti salę teatrinio tipo renginiams, salėje reikia pasiekti tinkamus patalpos akustinius parametrus. Tuo tikslu buvo sukurtas salės skaitmeninis akustinis modelis, kuris suteikia galimybę simuliuoti garso spindulių sklaidimą patalpoje ir apsiskaičiuoti reikiamus akustinius parametrus.

Mažosios salės techniniai duomenys

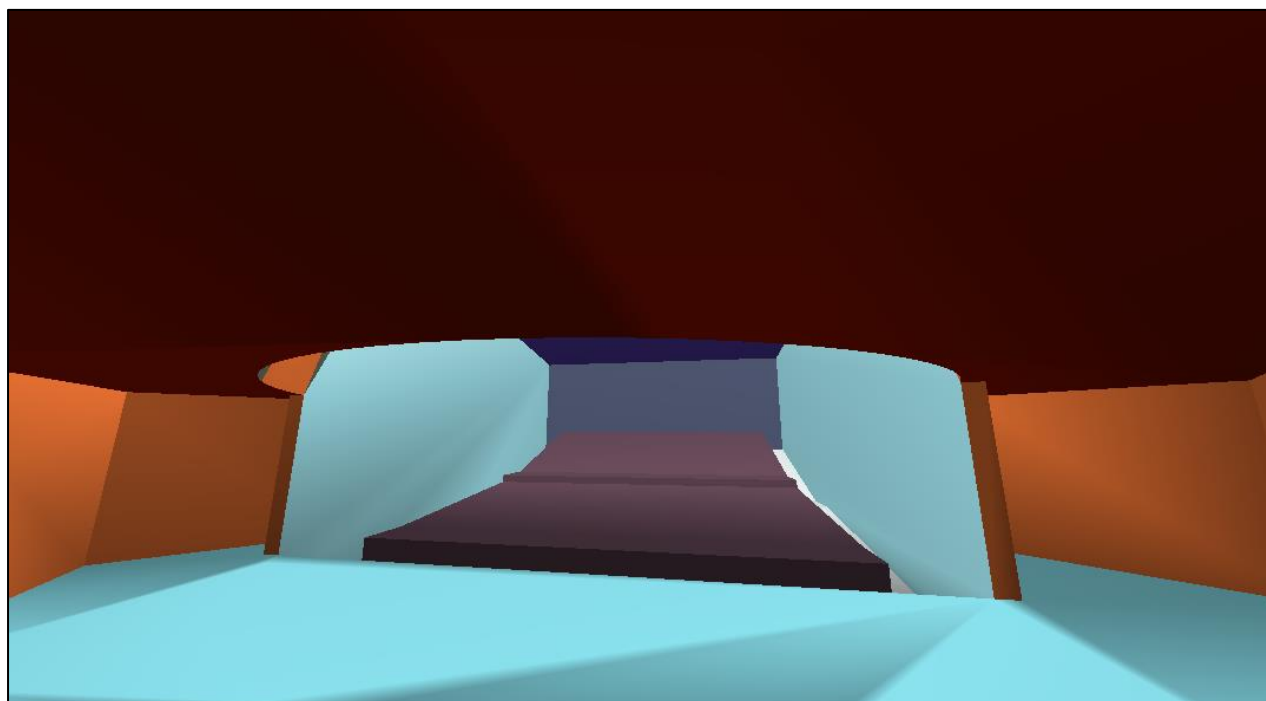
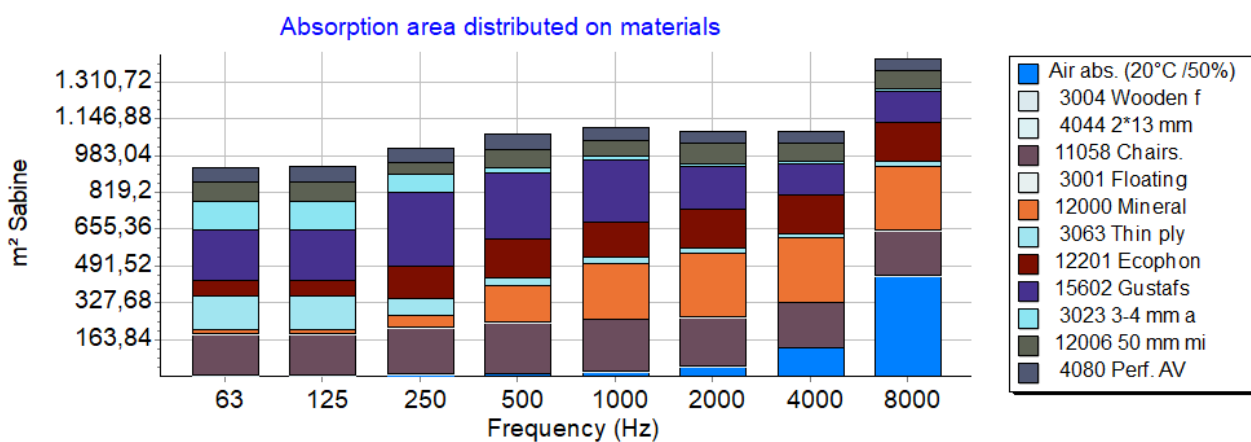
Patalpos tūris	V	4300 m ³
Paviršių plotas	S	2100 m ²
Maksimalus patalpos ilgis	L _{max}	32,04 m
Maksimalus patalpos plotis	D _{max}	27,82 m
Maksimalus patalpos aukštis	H _{max}	13,35 m
Žiūrovinių vietų skaičius	N	513

Akustinės simuliacijos sąlygos

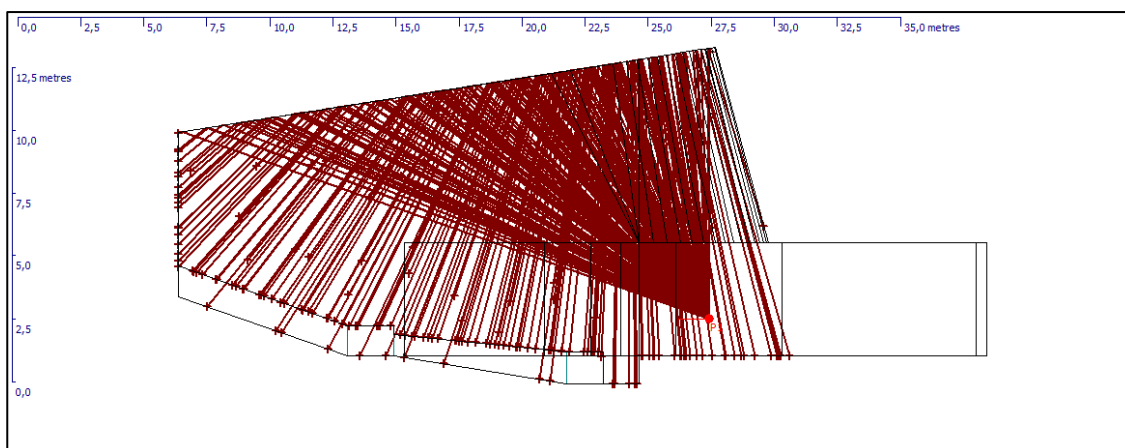
Impulso atsako ilgis	800 ms
Garso spindulių kiekis	16000
Oro temperatūra	20°C
Oro drėgnumas	50%
Foninis triukšmas	NC20

Simuliacijai naudotų paviršių absorbcijos plotai

Material	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 Hz	Surface area
Air absorption	0,5	1,8	5,3	10,9	19,0	41,4	126,1	446,9	m ²
3004 Wooden floor on joists	5,1	5,1	3,7	3,4	2,4	2,0	2,4	2,4	33,7 m ²
4044 2*13 mm plasterboard on	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,8 m ²
11058 Chairs. medium upholste	179,8	179,8	205,5	224,8	231,2	218,3	199,1	199,1	321,1 m ²
3001 Floating wooden floor (3,7	3,7	2,6	1,8	2,2	2,2	2,2	2,2	36,5 m ²
12000 Mineral spray-on materi	17,8	17,8	53,5	160,6	249,8	285,5	285,5	285,5	356,9 m ²
3063 Thin plywood paneling (148,1	148,1	74,1	35,3	28,2	21,2	21,2	21,2	352,7 m ²
12201 Ecophon Ceiling 15mm pa	68,7	68,7	146,0	171,8	154,6	171,8	171,8	171,8	171,8 m ²
15602 Gustafs PH8 12% perfora	225,6	225,6	329,7	295,0	277,6	190,9	138,8	138,8	347,0 m ²
3023 3-4 mm asbestos or plyw	127,9	127,9	76,7	25,6	12,8	12,8	12,8	12,8	255,7 m ²
12006 50 mm mineral wool (70	84,9	84,9	54,6	78,9	72,8	91,0	78,9	78,9	121,3 m ²
4080 Perf. AVARAGE Knauf (10	68,4	68,4	63,5	73,3	58,6	53,7	53,7	53,7	97,7 m ²
Total area	930,7	932,1	1015,3	1081,3	1109,2	1090,8	1092,4	1413,2	2096,3 m ²



Paveikslėlis 7. Mažosios salės akustinio modelio 3D vizualizacija. Vaizdas nuo scenos.



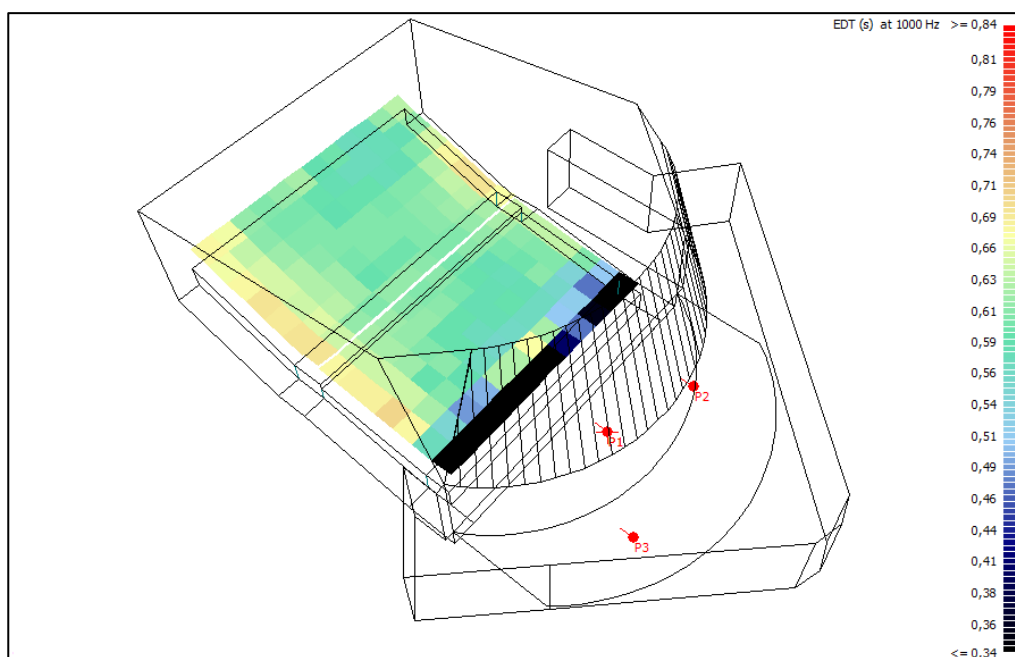
Paveikslėlis 8. Atspindžių nuo salės lubų simuliacijos vizualizacija.

Pagrindiniai akustinio dizaino sprendimai

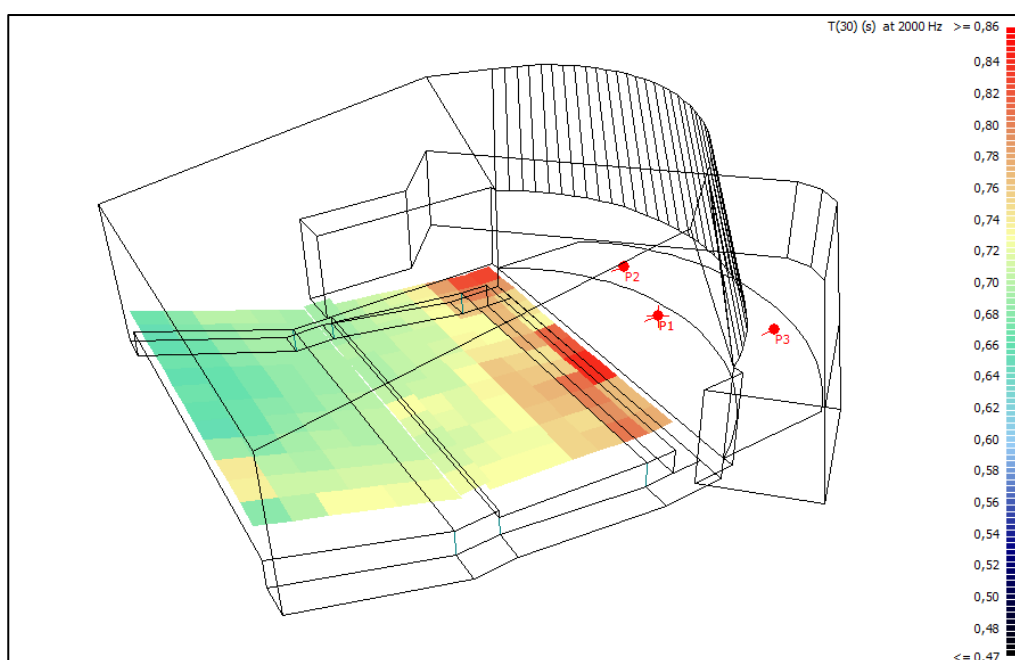
Lubos	<ul style="list-style-type: none"> 50% lubų ploto sudaro pakabinami perforuoti garsą sugeriantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \approx 0,6$. 50% lubų ploto sudaro pakabinami kieti garsą atspindintys ir sklaidantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \leq 0,1$.
Šoninės sienos	<ul style="list-style-type: none"> 40% sienų ploto sudaro perforuoti garsą sugeriantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \approx 0,6$. 60% sienų ploto sudaro kieti garsą atspindintys ir sklaidantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \leq 0,1$. <p>Formuojamos reljefinės garsą sklaidančios struktūros.</p>
Galinė siena	<ul style="list-style-type: none"> 60% sienos ploto sudaro perforuoti garsą sugeriantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \approx 0,7$. 40% sienos ploto sudaro kieti garsą atspindintys ir sklaidantys paviršiai. Sugerties koeficientas $\alpha_w \leq 0,1$.
Grindys	medinės grindys ant lagių gerina žemų dažnių sugertį
Scenos sienos ir lubos	80% scenos sienų ir lubų ploto sudaro gerai garsą sugeriančios mineralinės vatos plokštės. Sugerties koeficientas $\alpha_w \geq 0,9$.
Žiūrovų kėdės	vidutinio minkštumo kėdės su perforuota sėdimos dalies apačia.

Aidėjimo (reverberacijos) trukmė

Akustiniame modelyje gautos aidėjimo trukmės (RT60) bei ankstyvosios silpimo trukmės (EDT) kreivės Mažojoje salėje be žiūrovų.

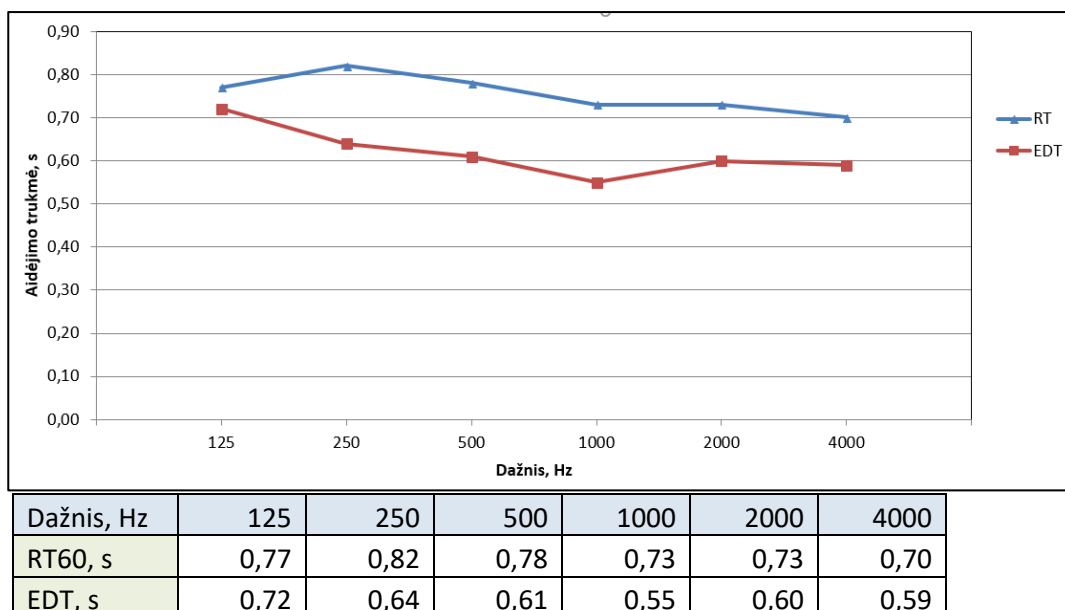


Paveikslėlis 9. Ankstyvojo silpimo trukmės EDT variacija Mažojoje salėje.



Paveikslėlis 10. Aidėjimo trukmės RT60 variacija Mažojoje salėje.

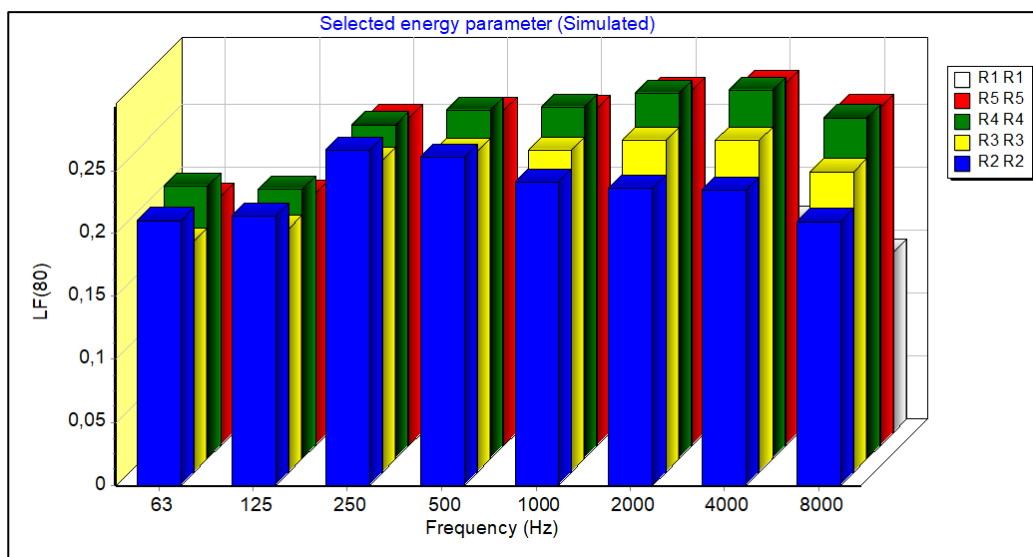
Paskaičiuotos vidutinės RT60 ir EDT reikšmės:



Vidutinės aidėjimo reikšmės vidurinių dažnių srityje (500 – 2000 Hz): RT60 ~ 0,75 s; EDT ~ 0,59 s;

Šoninių (lateralinių) atspindžių frakcija

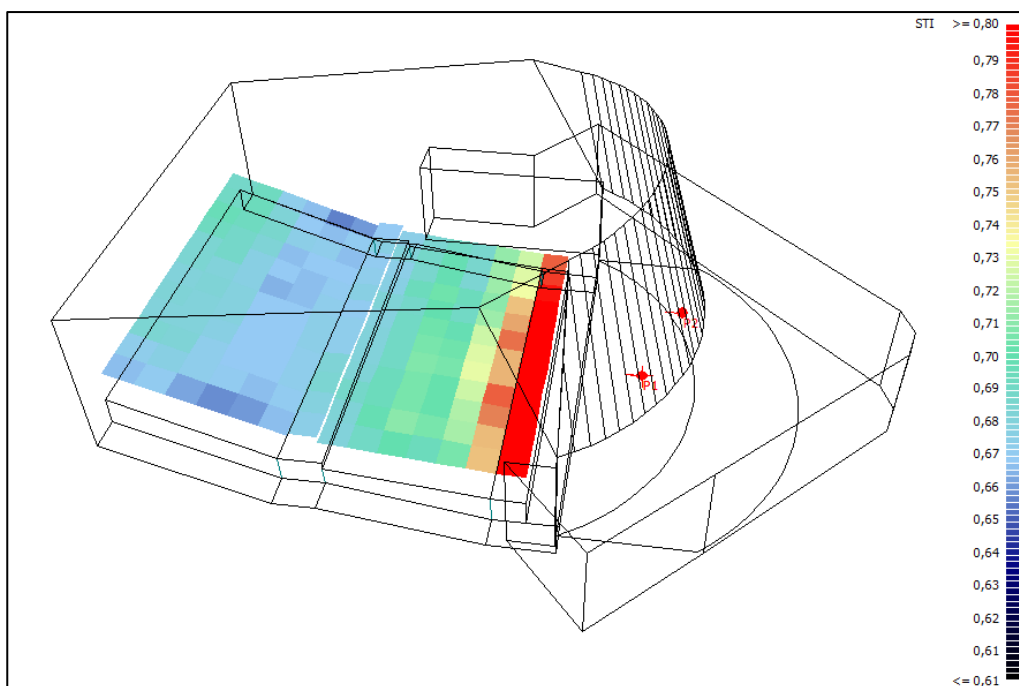
Šoninių atspindžių frakcija LF80 šiek tiek varijuoja skirtingose žiūrovinėse vietose. Vidutinė LF80 reikšmė didžiojoje salėje yra 0,23 arba 23% vidutinių dažnių srityje (500-2000 Hz).



Paveikslėlis 11 Lateralinių atspindžių frakcijos pasiskirstymas priklausomai nuo klausytojo pozicijos

Kalbos perdavimo indeksas

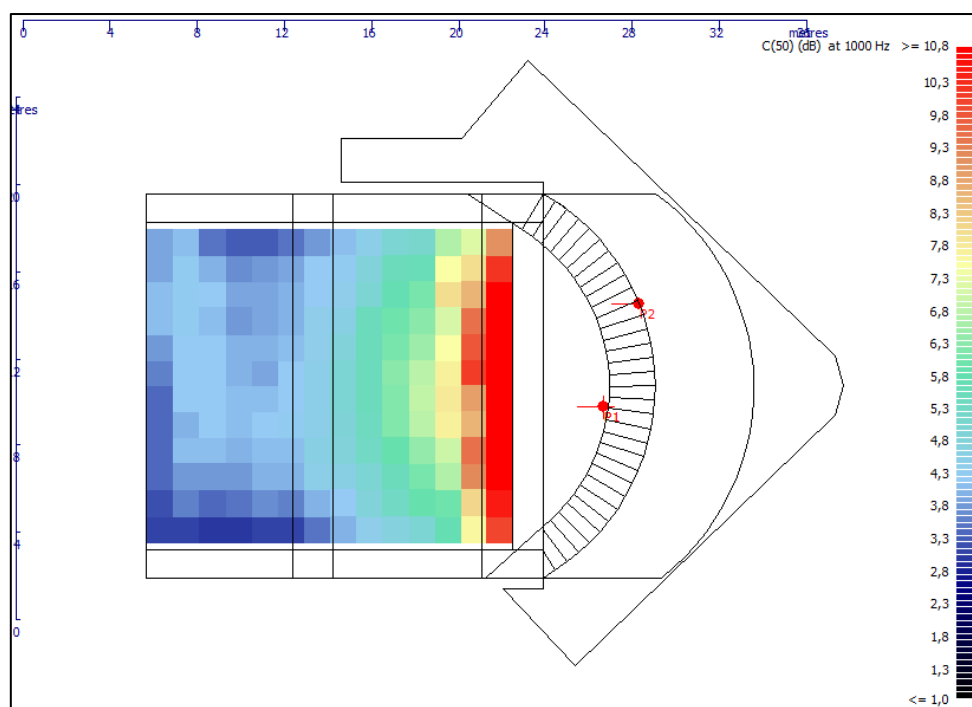
Kalbos perdavimo indeksas STI/RASTI priklausomai nuo šaltinio ir klausytojo pozicijos varijuoja nuo 0,7 iki 0,8.



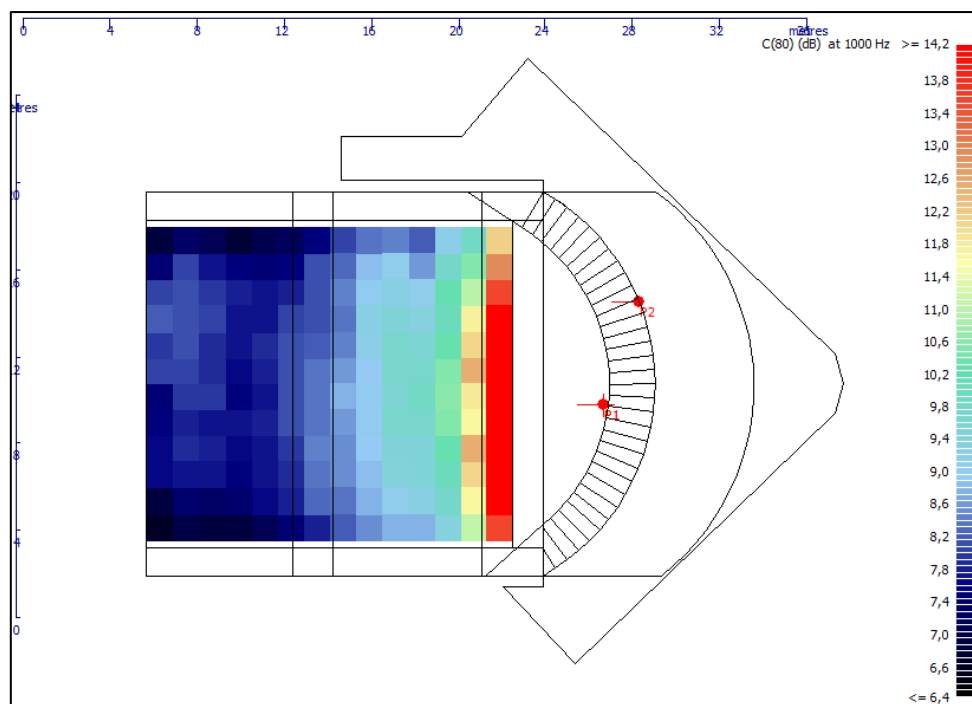
Paveikslėlis 12. Kalbos perdavimo indekso STI pasiskirstymas skirtingose žiūrovų vietose.

Kalbos bei muzikos raiška

Iš modelyje gauto garso impulso atsako energijos frakcijos (50 ms ir 80 ms) paskaičiuoti kalbos (C50) bei muzikos (C80) raiškos parametrai.



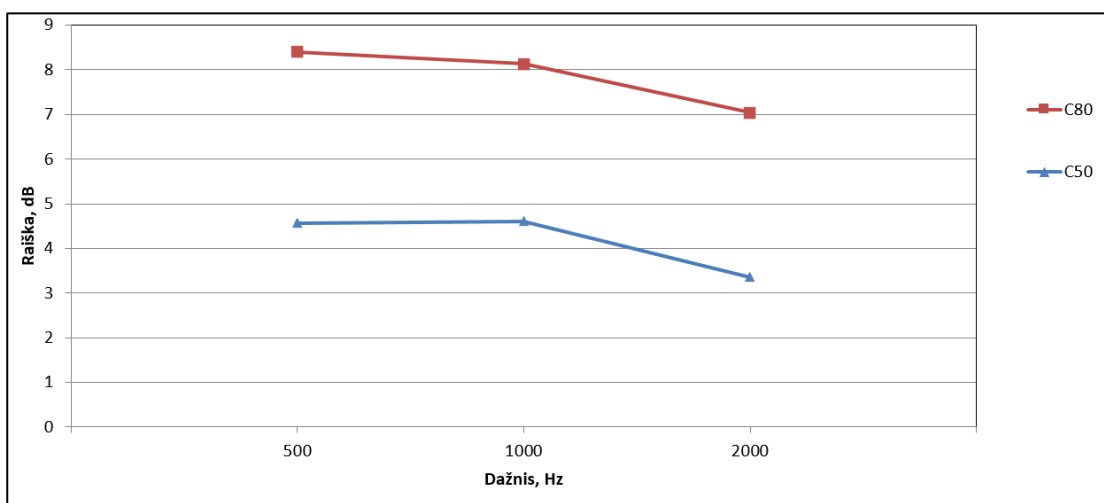
Paveikslėlis 13 Kalbos raiškos parametro C50 reikšmių pasiskirstymas salėje



Paveikslėlis 14 Muzikos raiškos parametro C80 reikšmių pasiskirstymas salėje.

Kalbos ir muzikos raiškos parametrų reikšmės varijuoja priklausomai nuo šaltinio ir klausytojo pozicijų.

Gautos vidutinės kalbos ir muzikos raiškos parametrų reikšmės vidutinių dažnių srityje:



Dažnis, Hz	500	1000	2000
C50, dB	4,6	4,6	3,4
C80, dB	8,4	8,1	7,0

UAB „Sonus exsertus“

Direktorius

Edmundas Žižys