



Studio D - akustika s.r.o.

U Sirkárny 467/2a, 370 04 České Budějovice
www.akustikad.com, akustikad@akustikad.com
fax: 387 202 590, mobil: 737 705 636

AKUSTICKÝ POSUDEK

**Prostorová akustika v tělocvičně ZŠ,
Husova ul. 142/44 v Liberci**

Objednatel BERYL, spol. s.r.o.
Erbenova 146/10
460 08 Liberec

Číslo zakázky 16011123
Datum vydání 2016-01-22
Vypracoval Pavel Stejskal, mobil: 739 055 213
Jan Dolejší, mobil: 733 716 153

Počet výtisků 3
Výtisk číslo 1 2 ③ E



Studio D-akustika s.r.o.

U Sirkárny 467/ 2a, 370 04 Č. Budějovice
DIČ: CZ25174240 (2)

© **Všechna práva vyhrazena**

Obsah tohoto Akustického posudku je chráněn Autorským zákonem.

Bez písemného svolení zpracovatele Studio D – akustika s.r.o. se nesmí Akustický posudek reprodukovat jinak než celý.

Obsah

1	Všeobecná část	5
1.1	Předmět zkoušky	5
1.2	Metodické předpisy	5
1.1.1	Standardy	5
1.1.2	Pomocné standardy	5
1.3	Použité softwary	5
1.4	Dokumentace	6
2	Výsledková část.....	7
2.1	Tělocvična – VARIANTA 1.....	7
2.1.1	Popis prostoru.....	7
2.1.2	Akustické řešení místnosti	7
2.1.3	Návrh akustických úprav.....	8
2.1.4	Akustická simulace a její hodnocení	8
2.1.5	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	12
2.2	Tělocvična – VARIANTA 2.....	15
2.2.1	Popis prostoru.....	15
2.2.2	Akustické řešení místnosti	15
2.2.3	Návrh akustických úprav.....	16
2.2.4	Akustická simulace a její hodnocení	16
2.2.5	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	20
2.3	Tělocvična – VARIANTA 3.....	23
2.3.1	Popis prostoru.....	23
2.3.2	Akustické řešení místnosti	23
2.3.3	Návrh akustických úprav.....	23
2.3.4	Akustická simulace a její hodnocení	24
2.3.5	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	28
3	Interpretace.....	31
3.1	Vysvětlivky hodnocených parametrů	31
3.2	Souhrnné grafické vyjádření jednotlivých variant.....	32
3.3	Vyhodnocení.....	33
4	Přílohy	34
4.1	Použité podklady	34
4.2	Výkresová dokumentace.....	34
4.3	Specifikace navržených materiálů	36
4.3.1	Ecophon Super G Plus A.....	36
4.3.2	Ecophon Akusto Wall C/super G	39
4.3.3	Rigips Rigiton 12/25 Q	40

Seznam obrázků

Obr. 1: Pohled do prostoru tělocvičny	6
Obr. 2: Pohled do akustického modelu prostoru	7
Obr. 3: Pohled do akustického modelu prostoru	7
Obr. 4: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	8
Obr. 5: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	8
Obr. 6: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)	9
Obr. 7: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	12
Obr. 8: Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	12
Obr. 9: Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	12
Obr. 10: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	13
Obr. 11: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	13
Obr. 12: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	13
Obr. 13: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	14
Obr. 14: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	14
Obr. 15: Pohled do akustického modelu prostoru	15
Obr. 16: Pohled do akustického modelu prostoru	15
Obr. 17: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	16
Obr. 18: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)	17
Obr. 19: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	20
Obr. 20: Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	20
Obr. 21: Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	20
Obr. 22: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	21
Obr. 23: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	21
Obr. 24: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	21
Obr. 25: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	22
Obr. 26: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	22
Obr. 27: Pohled do akustického modelu prostoru	23
Obr. 28: Pohled do akustického modelu prostoru	23
Obr. 29: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	24
Obr. 30: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)	25
Obr. 31: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	28
Obr. 32: Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	28
Obr. 33: Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	28
Obr. 34: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	29
Obr. 35: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	29
Obr. 36: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	29
Obr. 37: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	30
Obr. 38: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	30
Obr. 39: Umístění zavěšeného podhledu	34
Obr. 40: Umístění stěnových panelů	35

Seznam tabulek

Tab. 1: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru.....	8
Tab. 2: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2) - výňatek	9
Tab. 3: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	10
Tab. 4: Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	10
Tab. 5: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru.....	16
Tab. 6: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2) - výňatek	17
Tab. 7: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	18
Tab. 8: Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	18
Tab. 9: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru.....	24
Tab. 10: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2) - výňatek	25
Tab. 11: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	26
Tab. 12: Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	26

Seznam grafů

Graf 1: Naměřená doba dozvuku ve stávajícím prostoru tělocvičny v porovnání s tolerančním pásmem.....	6
Graf 2: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v prostoru	11
Graf 3: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru.....	11
Graf 4: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v prostoru	19
Graf 5: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru.....	19
Graf 6: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v prostoru	27
Graf 7: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru.....	27
Graf 8: Souhrnné porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} v jednotlivých navržených variantách a naměřených hodnot	32
Graf 9: Souhrnné porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} v jednotlivých navržených variantách.....	32

1 Všeobecná část

1.1 Předmět zkoušky

Tato studie byla vypracována na základě objednávky, s cílem vypracovat a posoudit návrh prostorové akustiky tělocvičny v ZŠ, Husova ul. 142/44 v Liberci.

Posuzovaný prostor tělocvičny je nutno opatřit akustickým pohledem a případně dalšími systémy upravující parametry prostorové akustiky, především dobu dozvuku. V prostoru tělocvičny je nevyhovující stav prostorové akustiky, což bylo potvrzeno měřením doby dozvuku (protokol č. 15010979, zpracovatel Ing. Pavel Nosek, Studio D – akustika s.r.o.). V prostorech školních tělocvičen je dáván důraz na kvalitu prostorové akustiky a splnění normových požadavků dle ČSN 73 0527:2005. Dále také na kvalitu a funkčnost provedených akustických opatření vč. všech dalších nároků.

Místnost se nachází v 1NP, ZŠ, Husova ul. 142/44 v Liberci.

1.2 Metodické předpisy

1.1.1 Standardy

- ČSN EN ISO 3382-1:2009 Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 1 : Prostory pro přednes hudby a řeči
- ČSN EN ISO 354:2003 Akustika – Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti
- ČSN EN ISO 11654:1998 Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- ČSN EN 12354-6:2004 Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech

1.1.2 Pomocné standardy

- ČSN 73 0525:1998 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- ČSN 73 0526:1998 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku
- ČSN 73 0527:2005 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely

1.3 Použité softwary

Cinema 4D V11.027

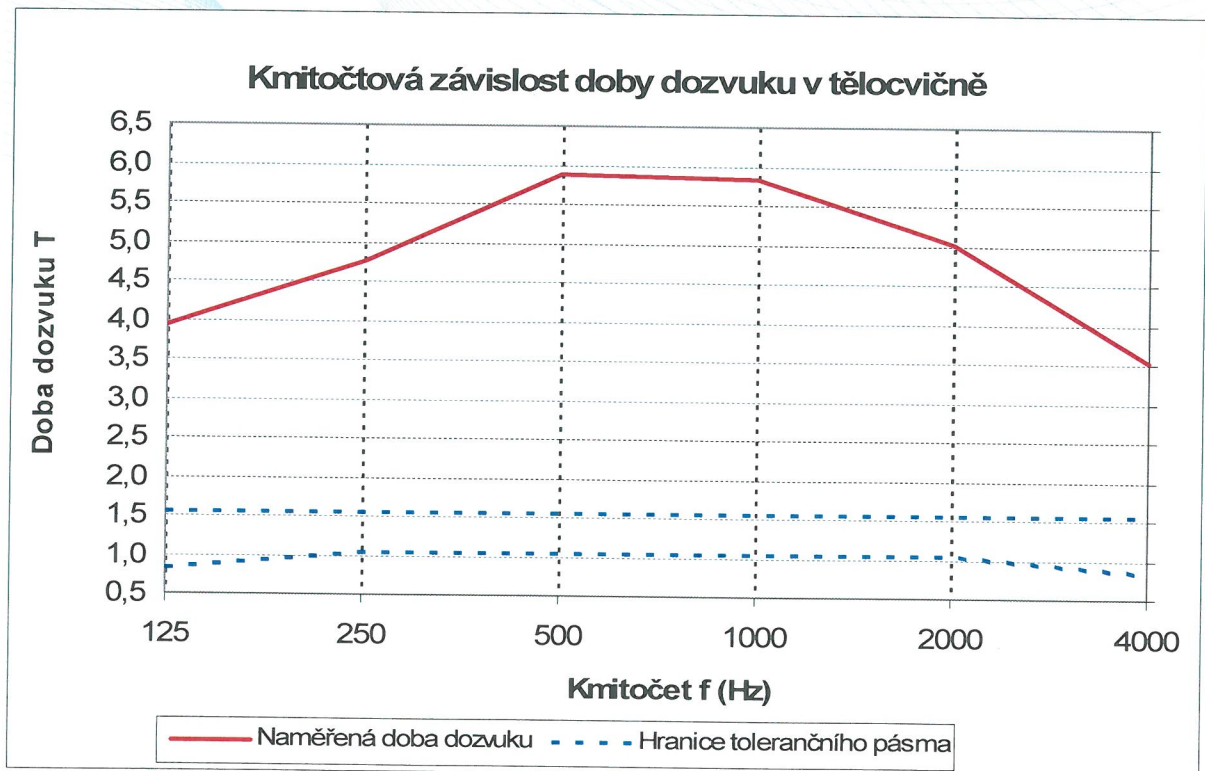
Odeon Auditorium v. 13.03

MS Excel

1.4 Dokumentace



Obr. 1: Pohled do prostoru tělocvičny



Graf 1: Naměřená doba dozvuku ve stávajícím prostoru tělocvičny v porovnání s tolerančním pásmem

2 Výsledková část

2.1 Tělocvična – VARIANTA 1

2.1.1 Popis prostoru

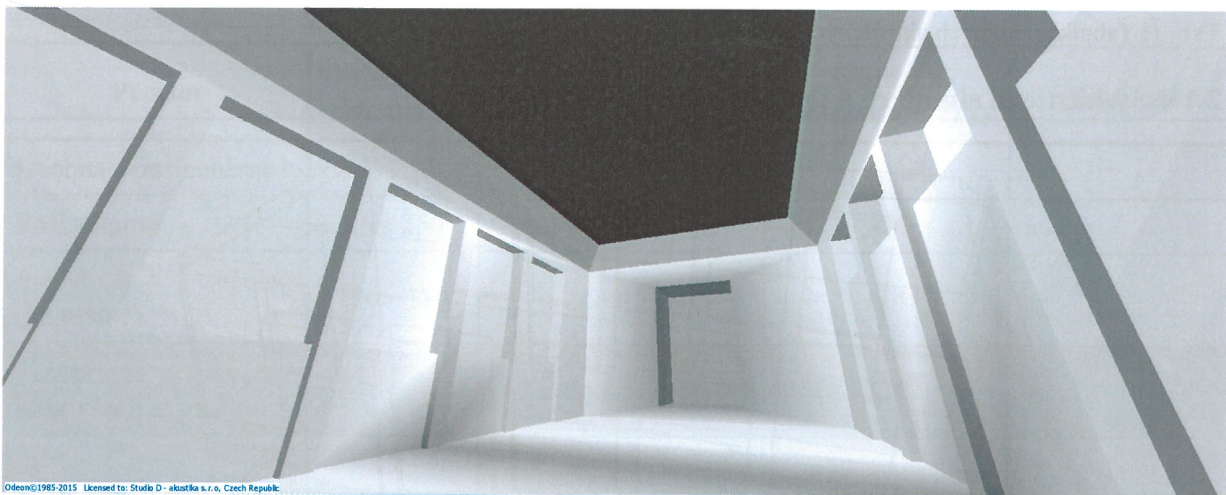
Tělocvična má délku 18,816 m a šířku 10,362 m. Světlá výška místnosti je 7,705 m. Objem prostoru je cca $V = 1899 \text{ m}^3$ (odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 917 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Prostor slouží, jako tělocvična na základní škole.

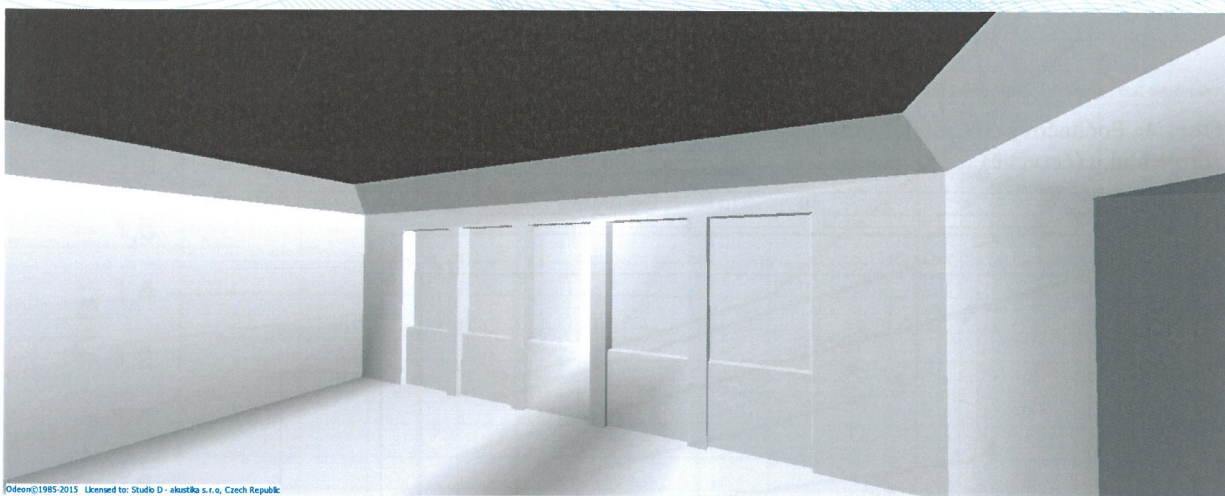
Celý prostor byl simulován za neobsazeného stavu (dle ČSN 73 0527:2005), tj. prostor bez osob.

2.1.2 Akustické řešení místnosti

Na základě podkladů byl vytvořen akustický model, který byl na základě proběhlého měření doby dozvuku nakalibrován.



Obr. 2: Pohled do akustického modelu prostoru



Obr. 3: Pohled do akustického modelu prostoru

2.1.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s prázdnou tělocvičnou bez lidí. (viz ČSN 73 0527:2005).

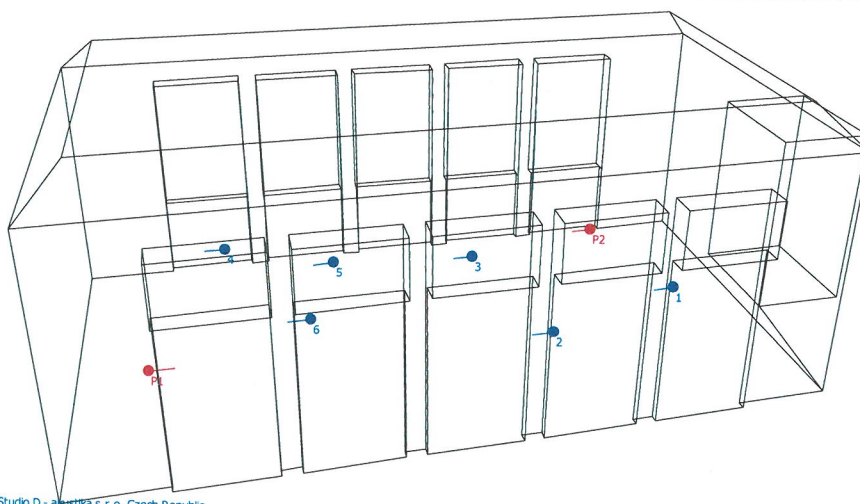
Veškeré navržené systémy upravující parametry prostorové akustiky jsou uvedeny v následující tabulce a budou rozmístěny dle přiloženého schématu (viz kapitola přílohy).

Uvažované ostatní konstrukční materiály: pro maximální přesnost modelu byl prostor nakalibrován dle proběhlého měření doby dozvuku, tudíž nebylo nutno uvažovat s konkrétními materiály

Ozn.	Materiál	Odsazení/svěšení	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
var.1	Ecophon Super G Plus A 40 mm	Cca 200 mm	Pohledový akustický systém vhodný pro tělocvičny	<u>cca 140,6 m²</u>	Rozmístění systému viz schéma v přílohách

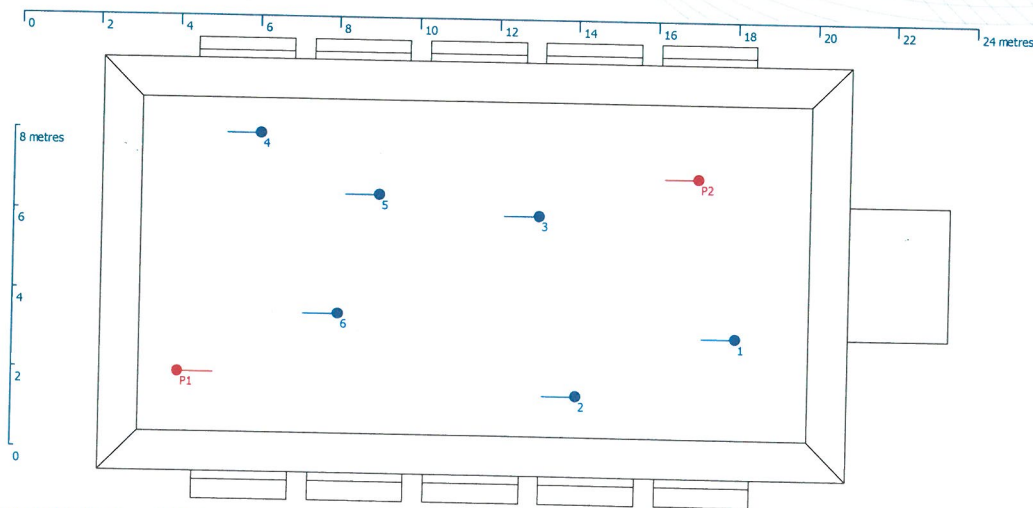
Tab. 1: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

2.1.4 Akustická simulace a její hodnocení



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 4: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 5: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

Zjednodušený geometrický model místnosti byl vytvořený na základě zaměření prostoru objednavatelem. Zvukopohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

Optimální doba dozvuku byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527:2005 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

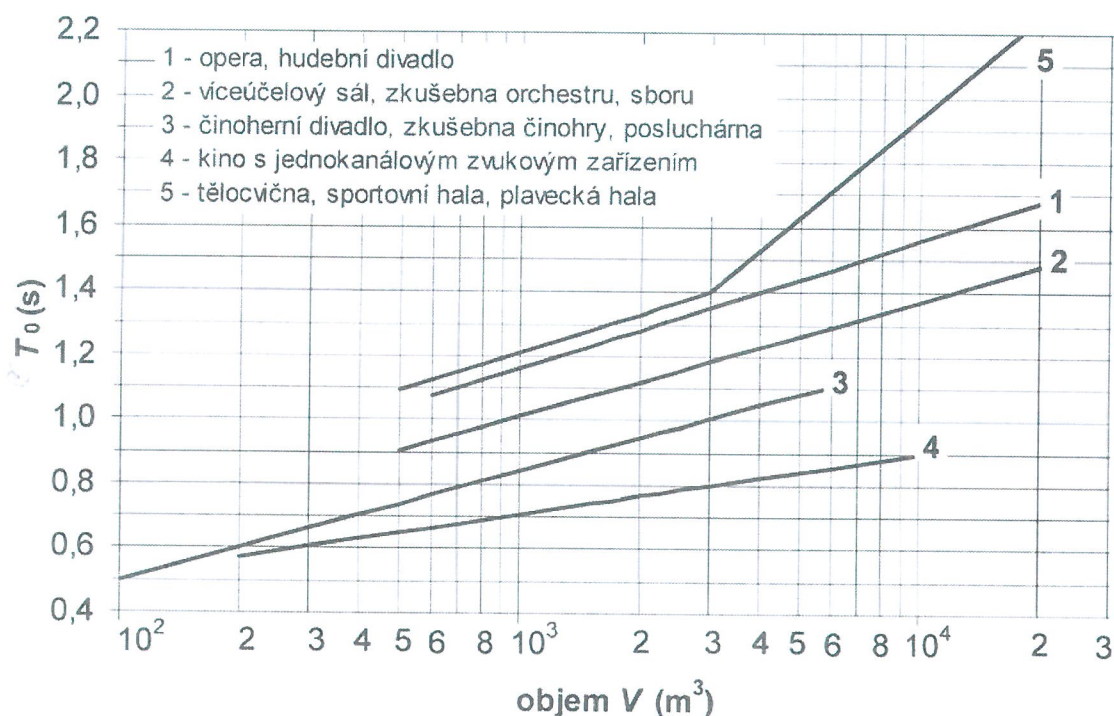
Pro dané využití (Tělocvična) a daný objem místnosti byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 1,20$ s.

Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v grafu č. 2, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v Tab. 3.

Prostor	Objem (m^3) (orientačně)	Doba T_0 (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím T/T_0	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,70	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 - 180	0,45	A.4	
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	-	Závislost 5 – A.1	A.8	
...

Tab. 2: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2) - výňatek



Obr. 6: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T ₃₀ [s]	2,16	1,98	2,10	1,97	1,86	1,56
Simulace T ₂₀ [s]	2,15	1,95	2,07	1,92	1,81	1,53
Simulace EDT [s]	2,16	1,87	1,98	1,75	1,65	1,41
SPL [dB] ****	77,7	76,7	76,9	76,1	75,7	75,0
C ₈₀ [dB]	-1,3	-0,1	-0,4	0,6	1,0	2,0
D ₅₀ [-]	0,31	0,36	0,35	0,40	0,42	0,47
T _s [ms]	150,0	125,0	132,0	114,0	107,0	90,0
LF ₈₀ [-]	0,304	0,312	0,315	0,319	0,320	0,319
ECHO _{MAX} [-]*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48
STI [-]**			0,50	Alcons [%]**		11,99
STI (Žena) [-]**			0,51	RASTI [-]**		0,48
STI (Muž) [-]**			0,50			

Tab. 3: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

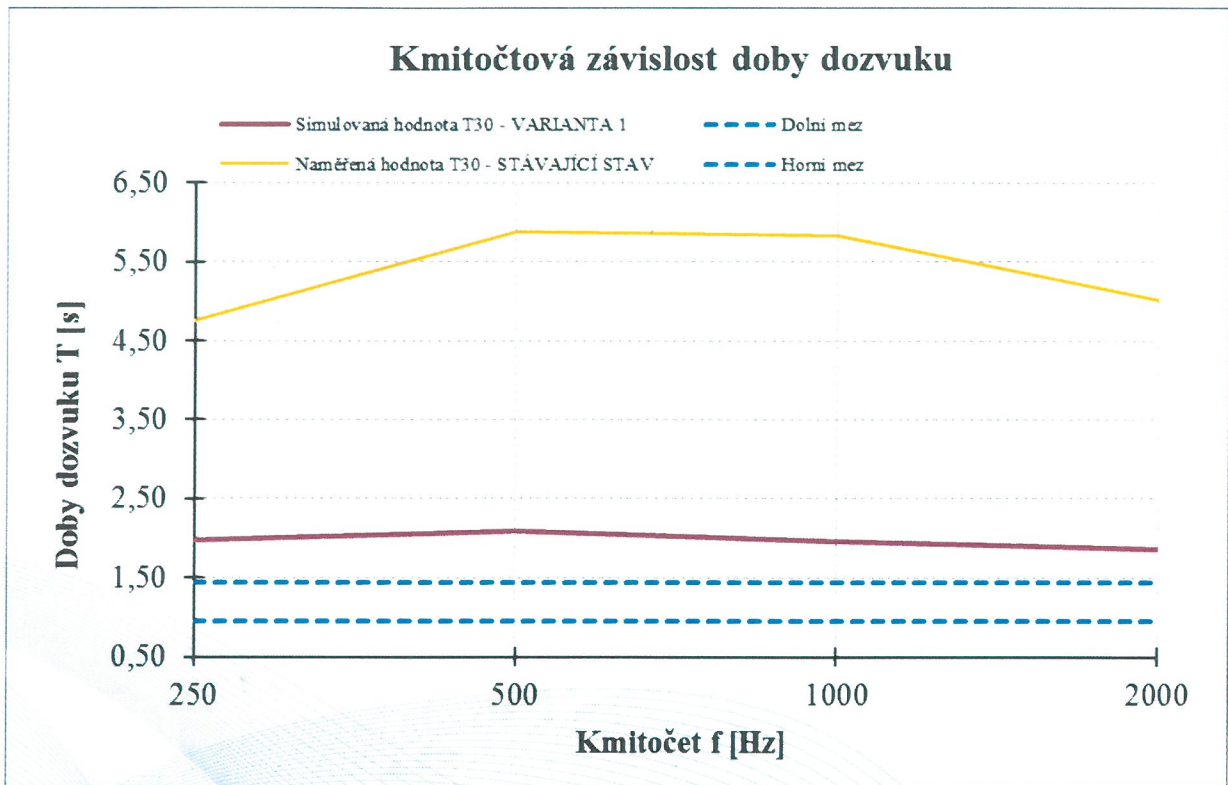
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. Hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

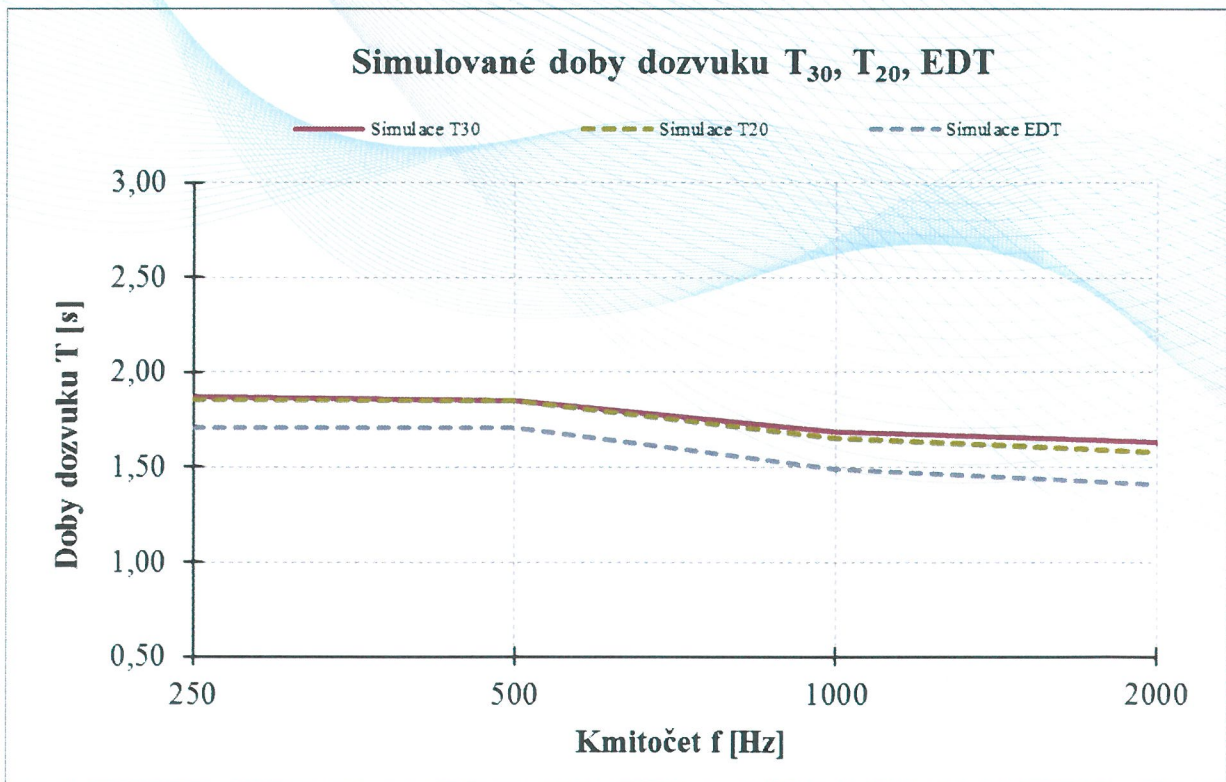
**** Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	250	500	1 000	2 000
Simulace T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV)	4,76	5,88	5,83	5,01
Simulace T ₃₀ [s] (VARIANTA 1)	1,98	2,10	1,97	1,86
Horní mez [s]	1,44	1,44	1,44	1,44
Dolní mez [s]	0,96	0,96	0,96	0,96

 Tab. 4: Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T₃₀ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti

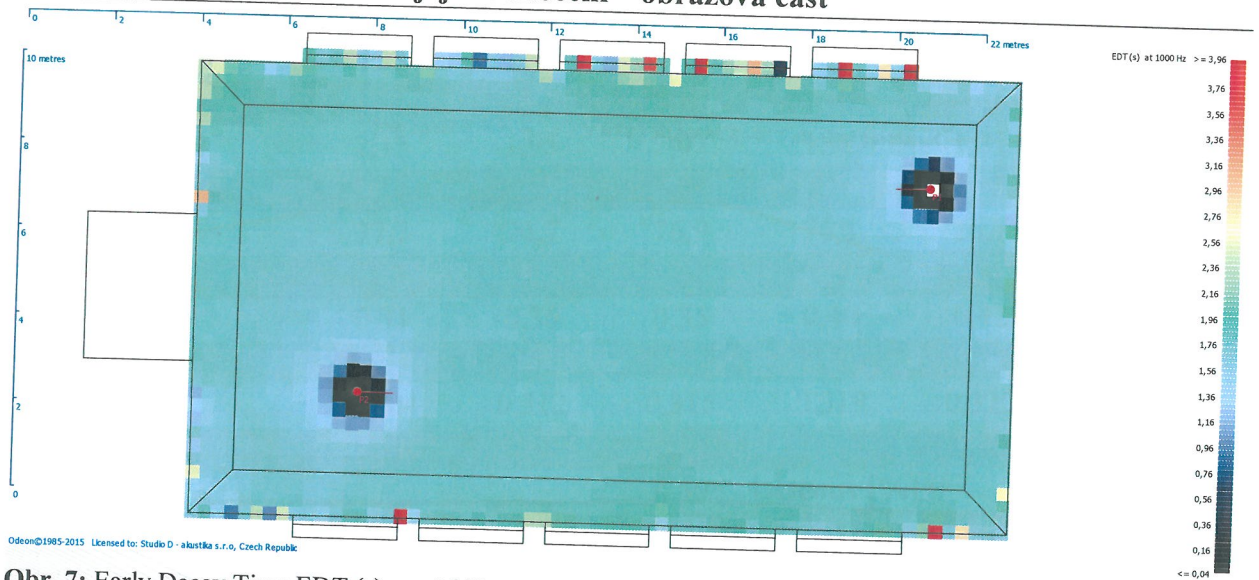


Graf 2: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v prostoru

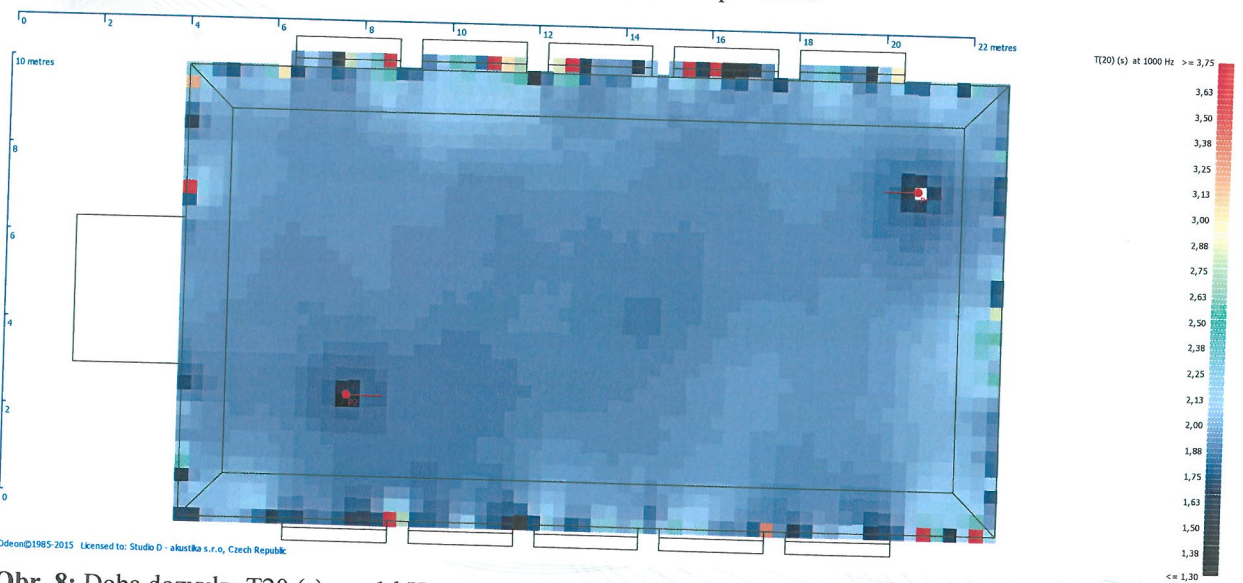


Graf 3: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru

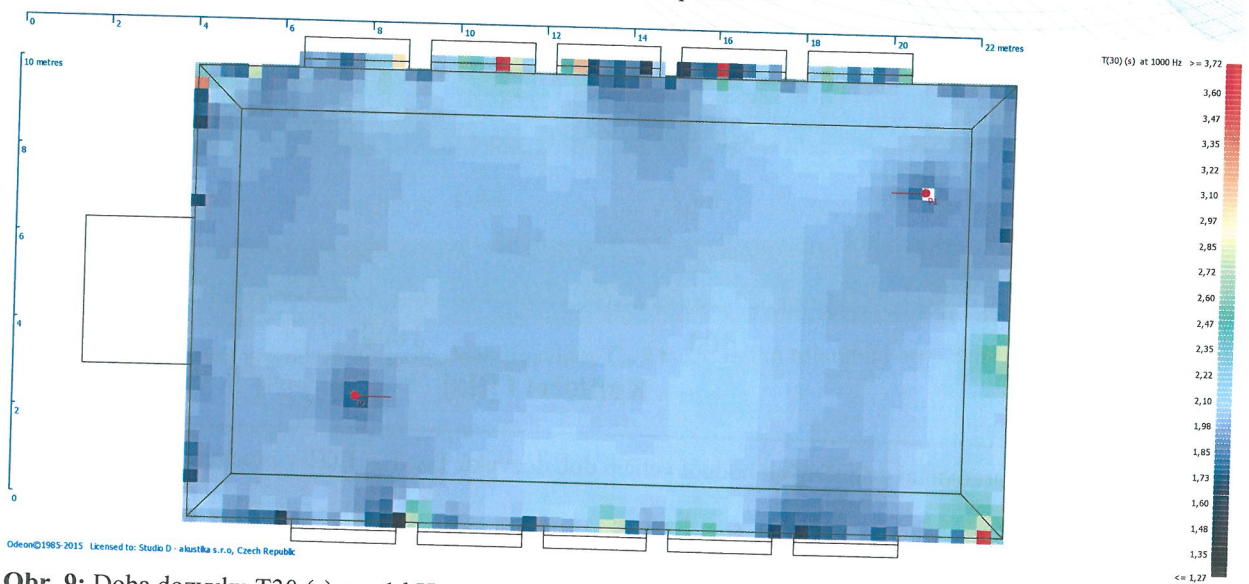
2.1.5 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



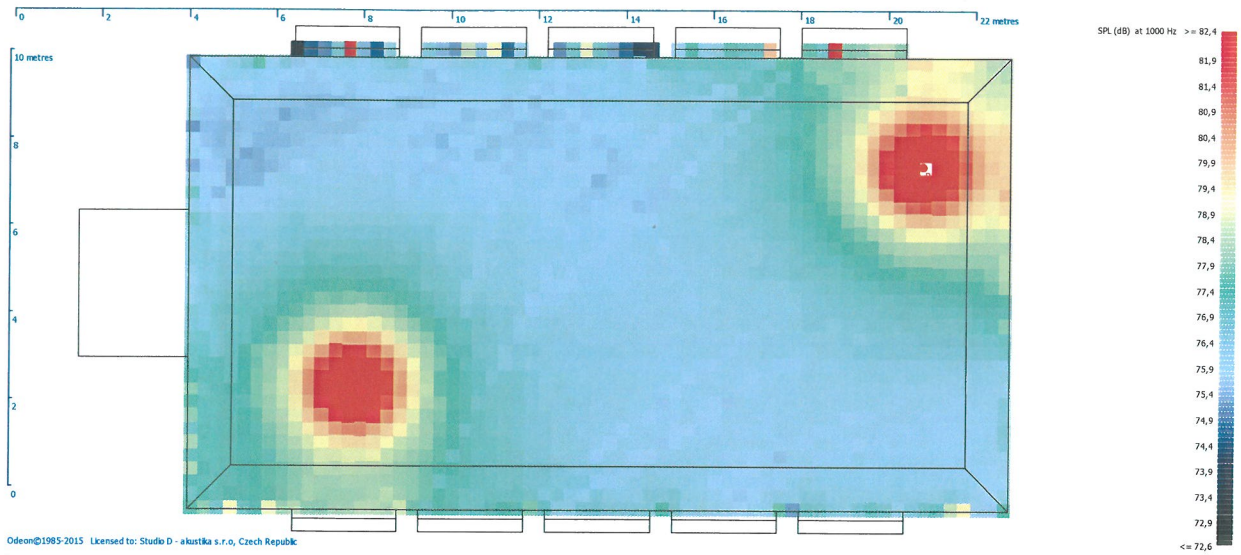
Obr. 7: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



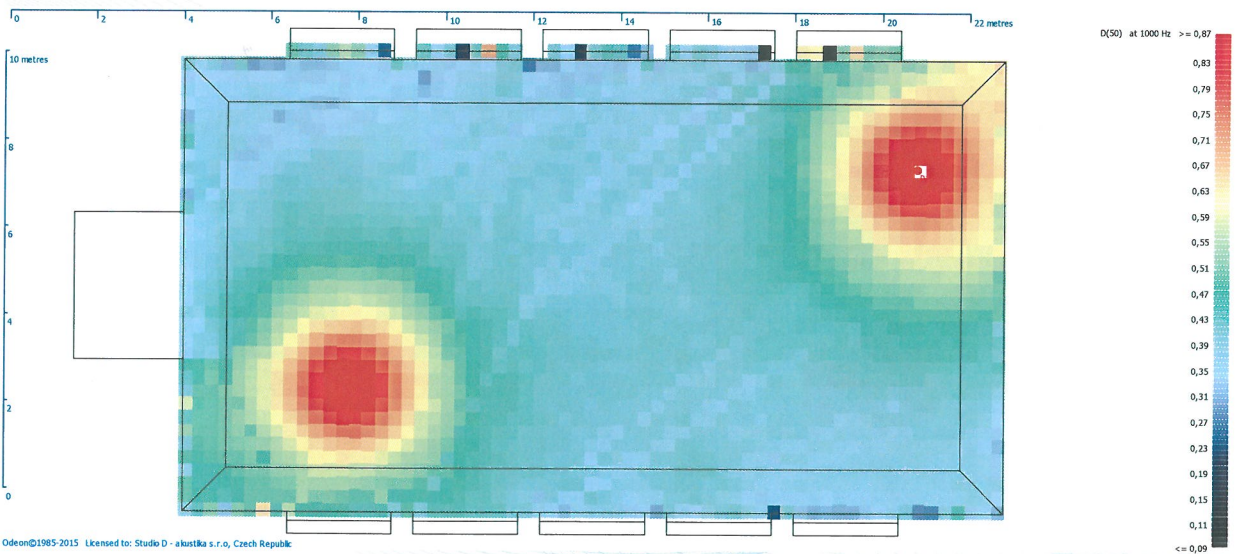
Obr. 8: Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



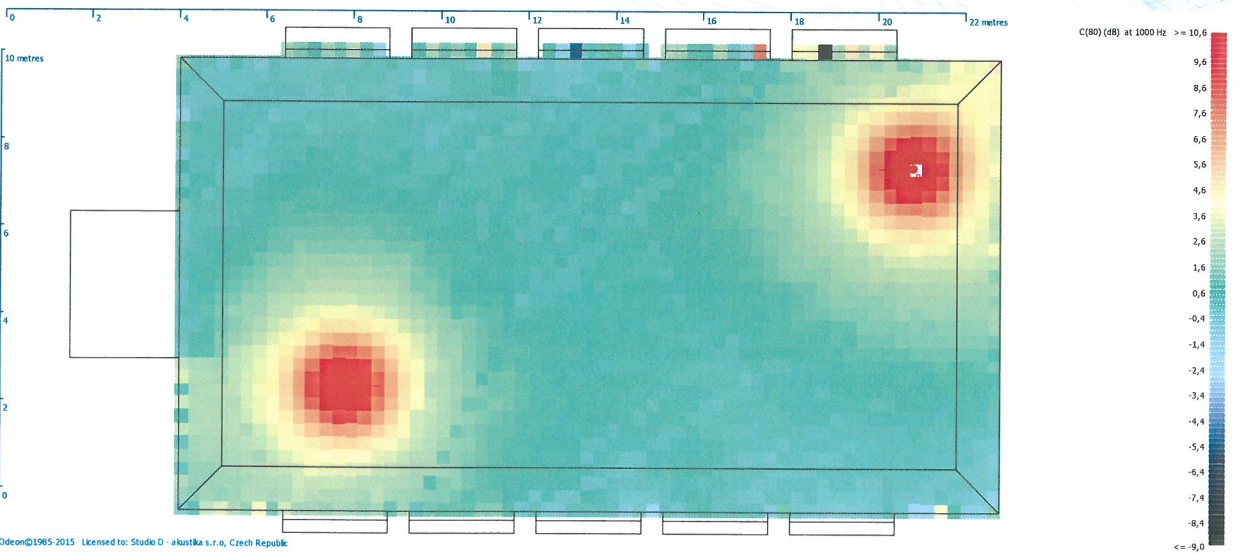
Obr. 9: Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



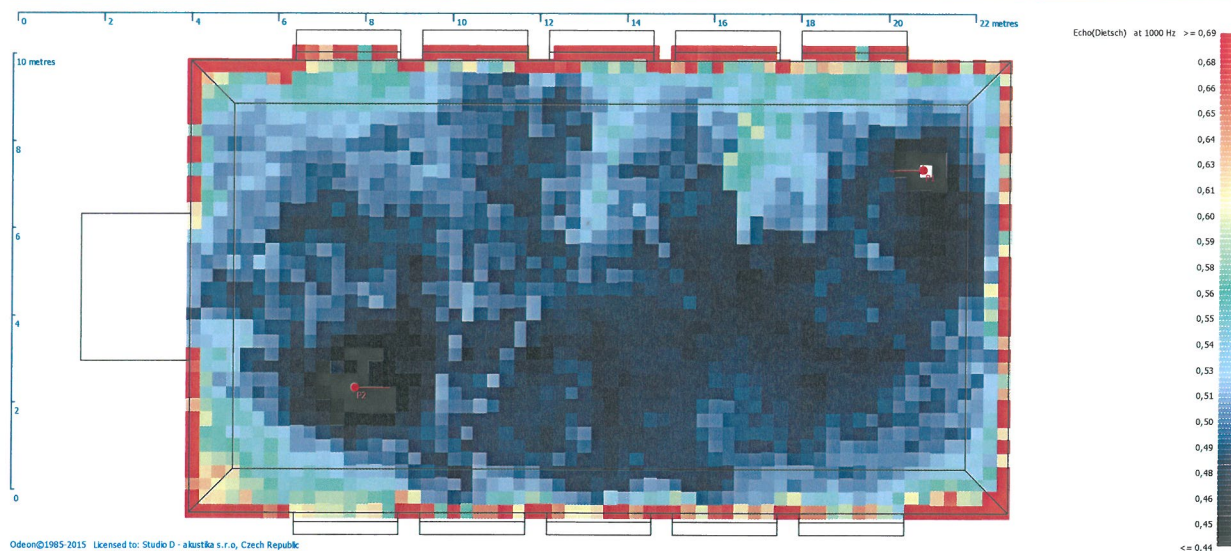
Obr. 10: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



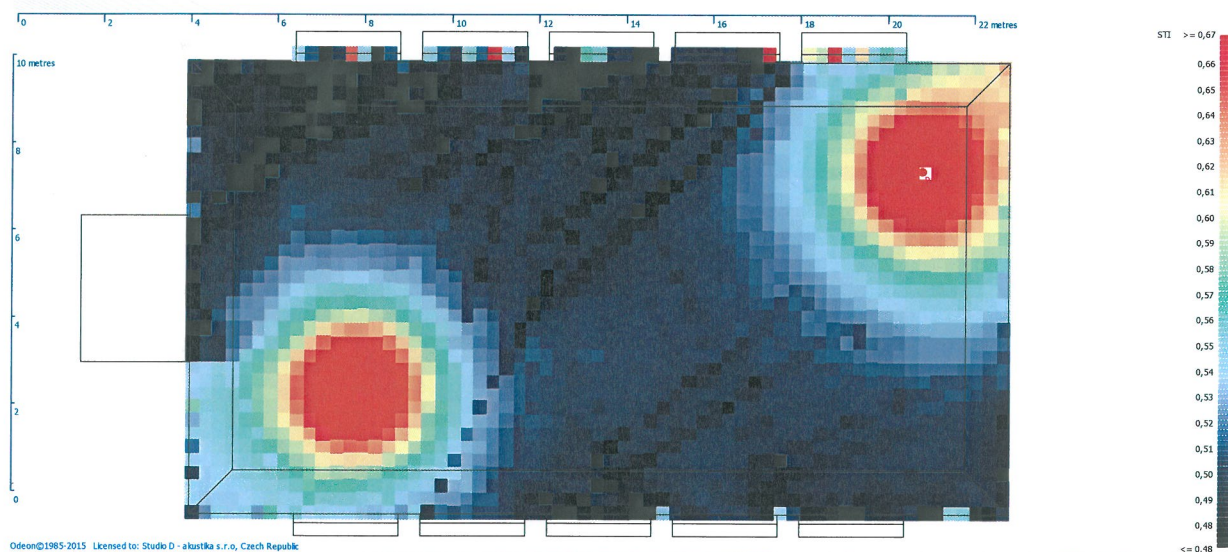
Obr. 11: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 12: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 13: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou



Obr. 14: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

2.2 Tělocvična – VARIANTA 2

2.2.1 Popis prostoru

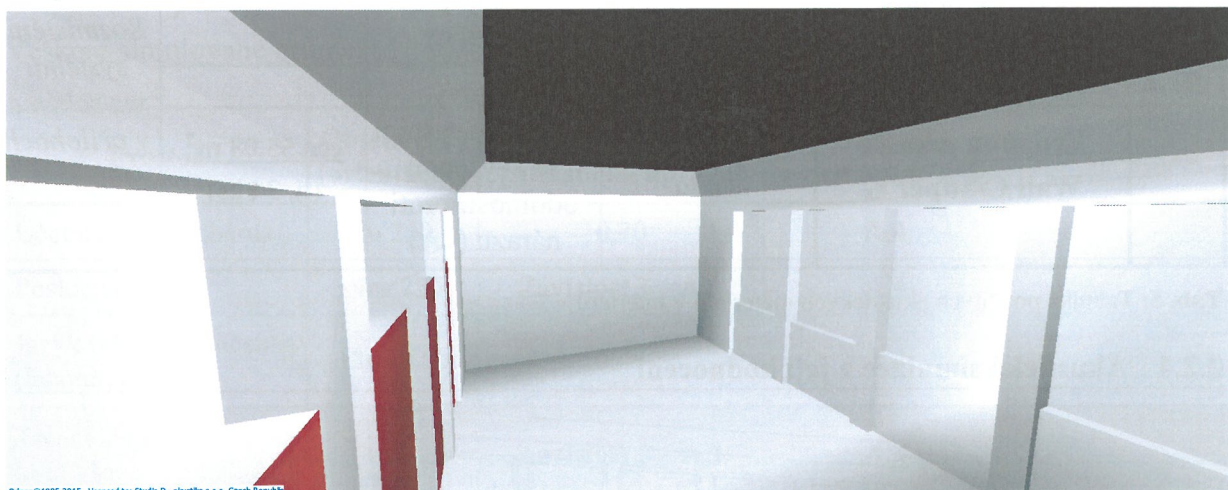
Tělocvična má délku 18,816 m a šířku 10,362 m. Světla výška místnosti je 7,705 m. Objem prostoru je cca $V = 1899 \text{ m}^3$ (odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 917 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Prostor slouží, jako tělocvična na základní škole.

Celý prostor byl simulován za neobsazeného stavu (dle ČSN 73 0527:2005), tj. prostor bez osob.

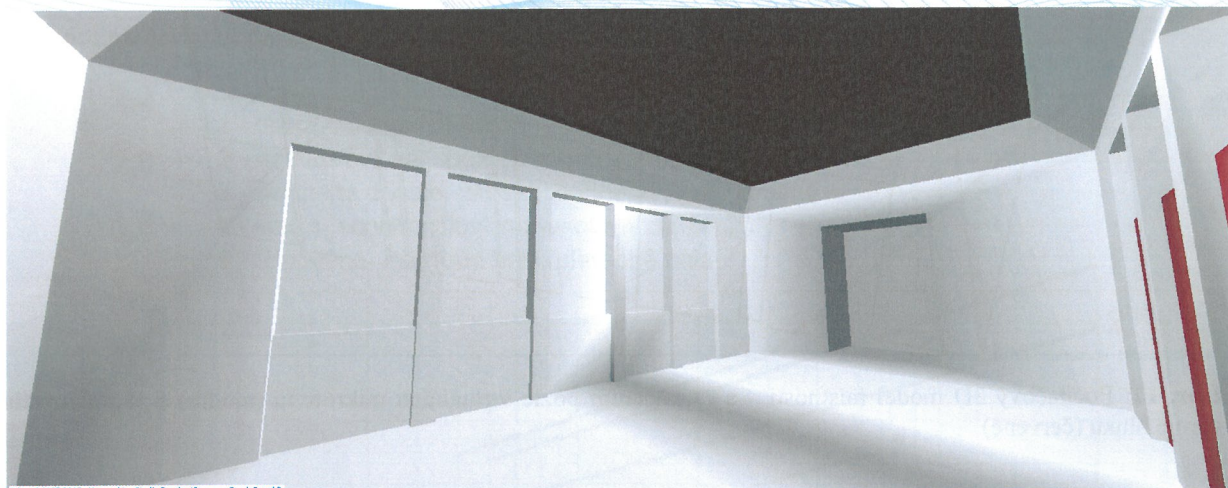
2.2.2 Akustické řešení místnosti

Na základě podkladů byl vytvořen akustický model, který byl na základě proběhlého měření doby dozvuku nakalibrován.



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o. Czech Republic

Obr. 15: Pohled do akustického modelu prostoru



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o. Czech Republic

Obr. 16: Pohled do akustického modelu prostoru

2.2.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s prázdnou tělocvičnou bez lidí. (viz ČSN 73 0527:2005).

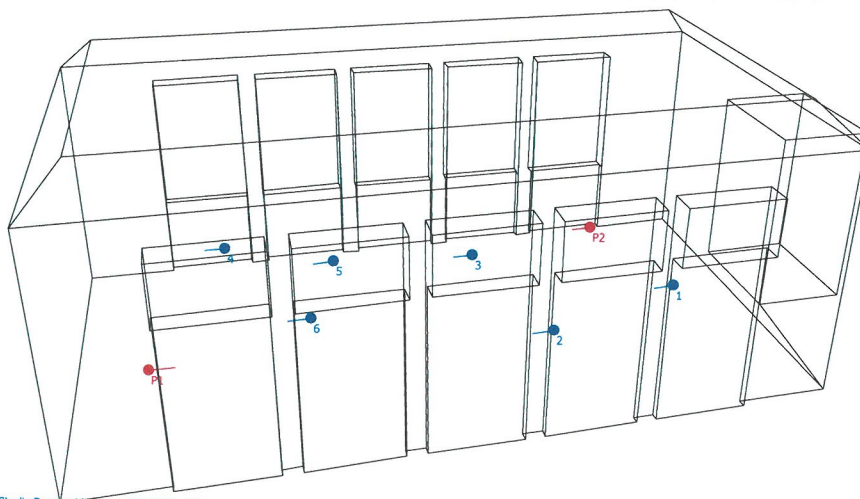
Veškeré navržené systémy upravující parametry prostorové akustiky jsou uvedeny v následující tabulce a budou rozmístěny dle přiloženého schématu (viz kapitola přílohy).

Uvažované ostatní konstrukční materiály: pro maximální přesnost modelu byl prostor nakalibrován dle proběhlého měření doby dozvuku, tudíž nebylo nutno uvažovat s konkrétními materiály

Ozn.	Materiál	Odsazení/svěšení	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
var.2	Ecophon Super G Plus A 40 mm	Cca 200 mm	Pohledový akustický systém vhodný pro tělocvičny	cca 140,6 m²	<i>Rozmístění systému viz schéma v přílohách</i>
	Ecophon Akusto Wall C/Super G	kontaktně na stěnu	Sťenový akustický systém se zvýšenou odolností proti nárazu (1A)	cca 55,08 m² (tj. 34 ks)	

Tab. 5: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

2.2.4 Akustická simulace a její hodnocení



Odeon@1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 17: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

Zjednodušený geometrický model místnosti byl vytvořený na základě zaměření prostoru objednavatelem. Zvukopohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

Optimální doba dozvuku byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527:2005 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

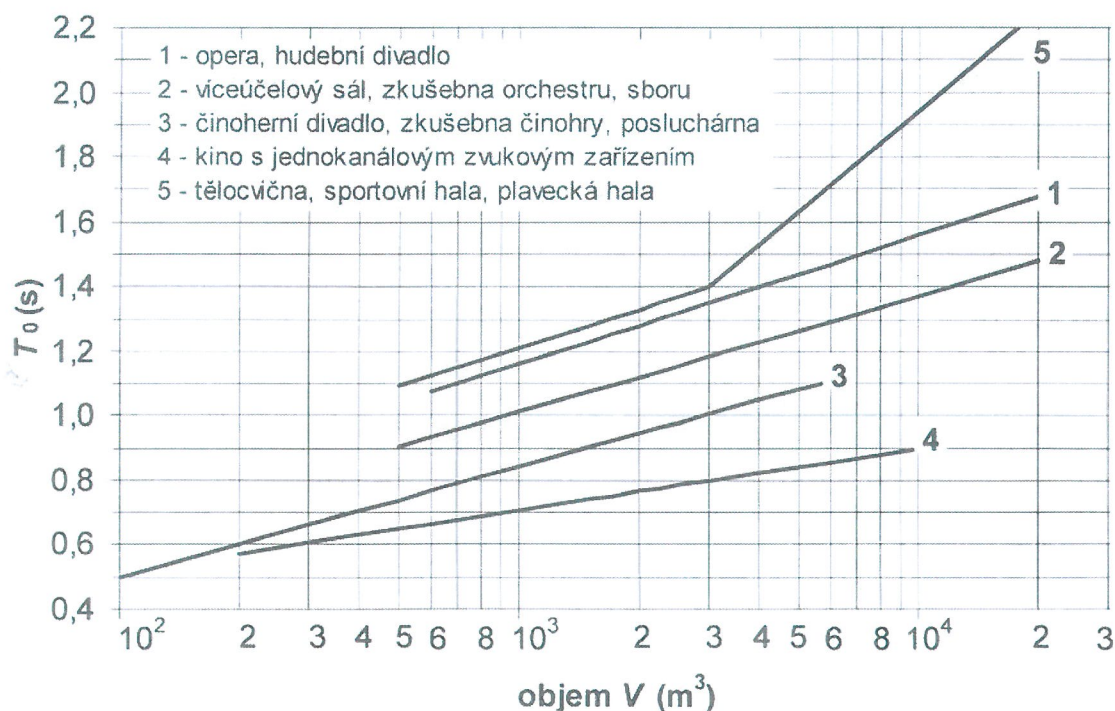
Pro dané využití (Tělocvična) a daný objem místnosti byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 1,20$ s.

Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v grafu č. 4, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v Tab. 7.

Prostor	Objem (m^3) (orientačně)	Doba T_0 (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím T/T_0	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,70	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 - 180	0,45	A.4	
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	-	Závislost 5 – A.1	A.8	
...

Tab. 6: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2) - výňatek



Obr. 18: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T ₃₀ [s]	1,87	1,33	1,31	1,24	1,18	1,02
Simulace T ₂₀ [s]	1,86	1,27	1,22	1,14	1,10	0,98
Simulace EDT [s]	1,89	1,25	1,18	1,05	1,02	0,92
SPL [dB] ****	77,1	75,0	74,6	74,0	73,8	73,3
C ₈₀ [dB]	-0,5	2,3	2,8	3,7	3,9	4,7
D ₅₀ [-]	0,34	0,48	0,51	0,55	0,56	0,60
T _s [ms]	130,0	81,0	76,0	66,0	64,0	57,0
LF ₈₀ [-]	0,293	0,261	0,245	0,249	0,250	0,249
ECHO _{MAX} [-]*	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49
STI [-]***			0,58	Alcons [%]**		8,04
STI (Žena) [-]***			0,60	RASTI [-]***		0,58
STI (Muž) [-]***			0,59			

Tab. 7: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

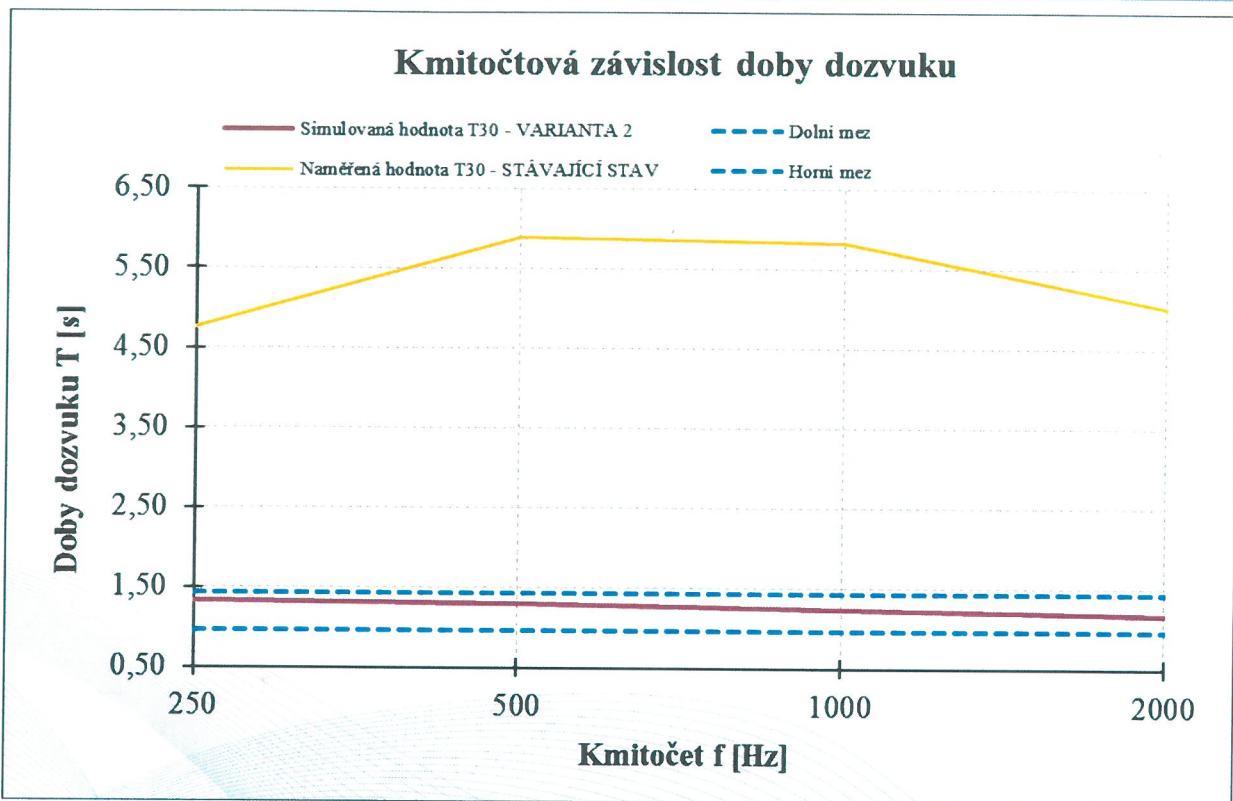
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. Hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

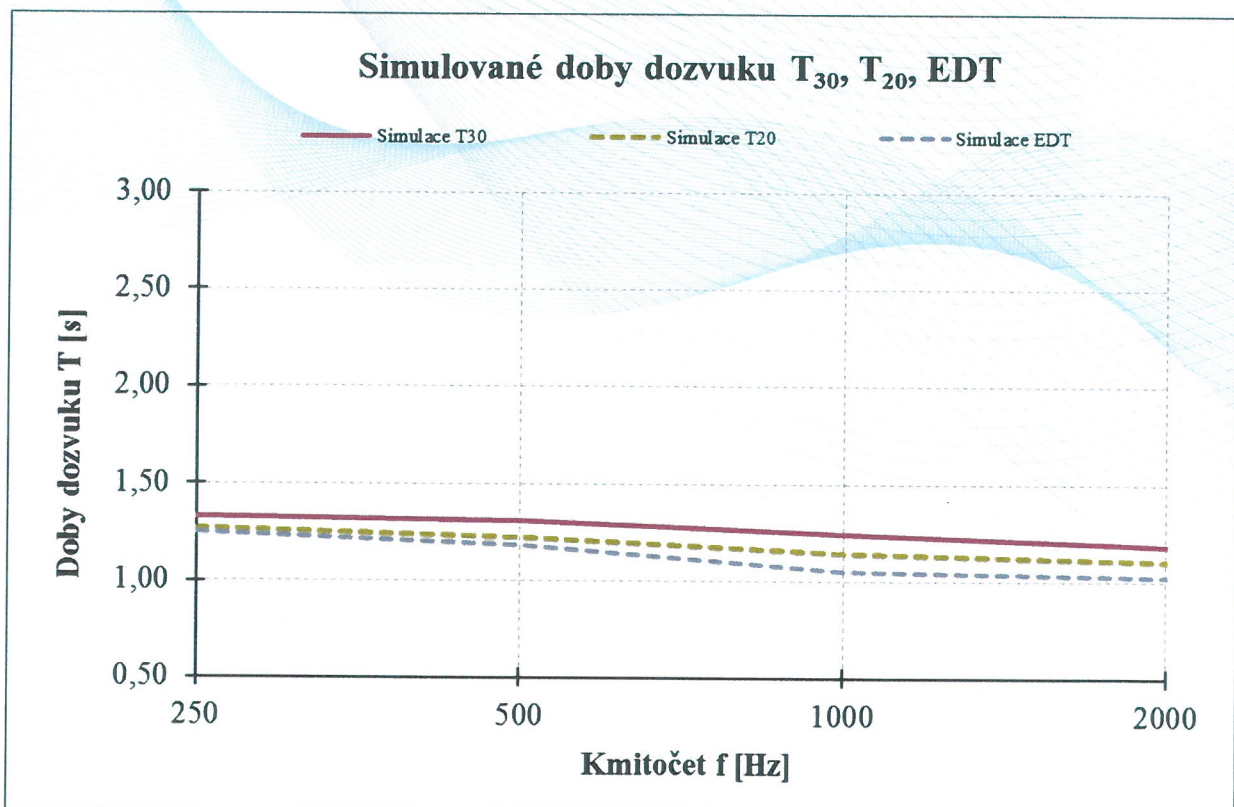
****Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	250	500	1 000	2 000
Simulace T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV)	4,76	5,88	5,83	5,01
Simulace T ₃₀ [s] (VARIANTA 2)	1,33	1,31	1,24	1,18
Horní mez [s]	1,44	1,44	1,44	1,44
Dolní mez [s]	0,96	0,96	0,96	0,96

Tab. 8: Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T₃₀ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti

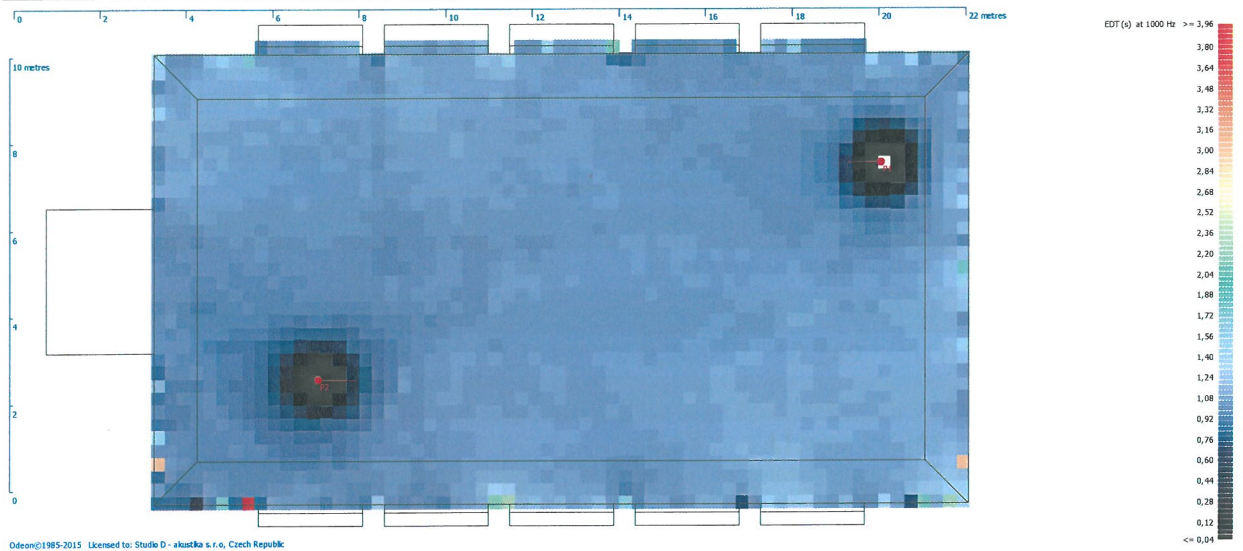


Graf 4: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v prostoru

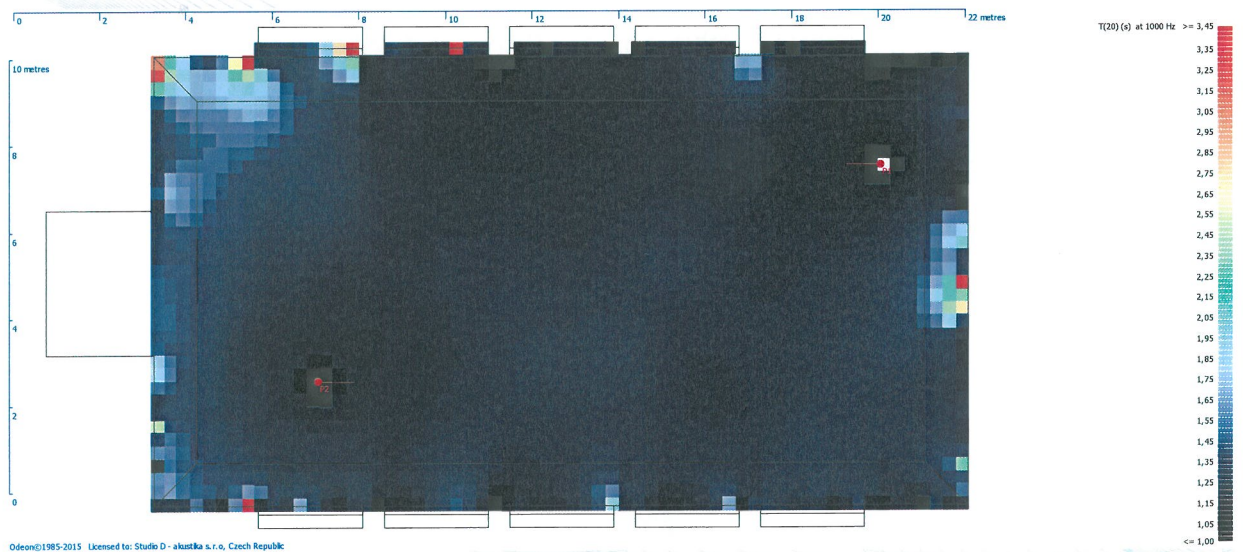


Graf 5: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru

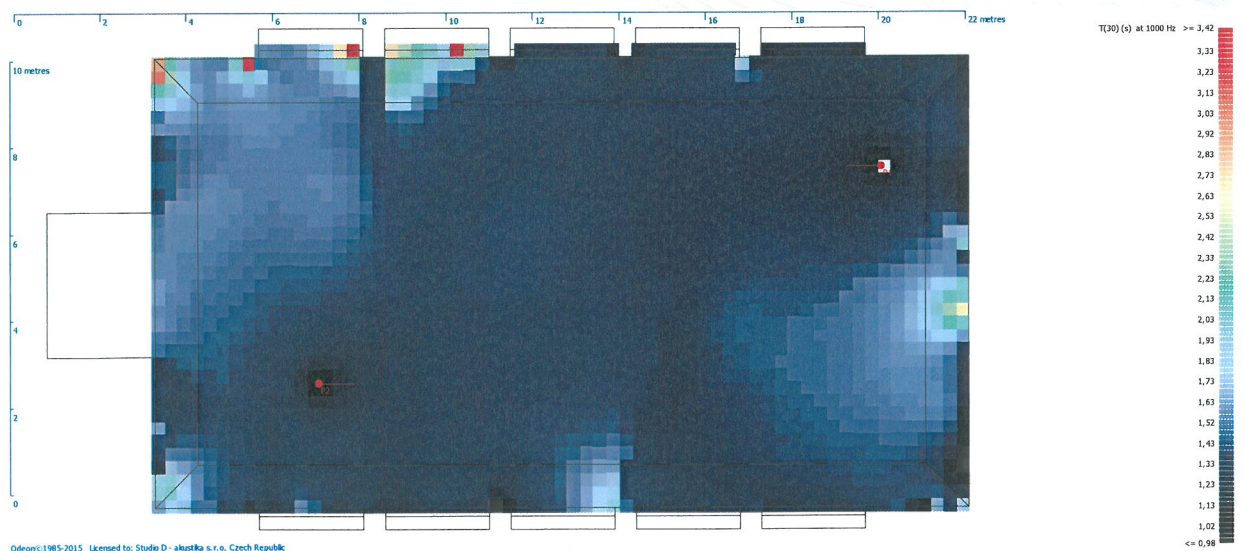
2.2.5 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



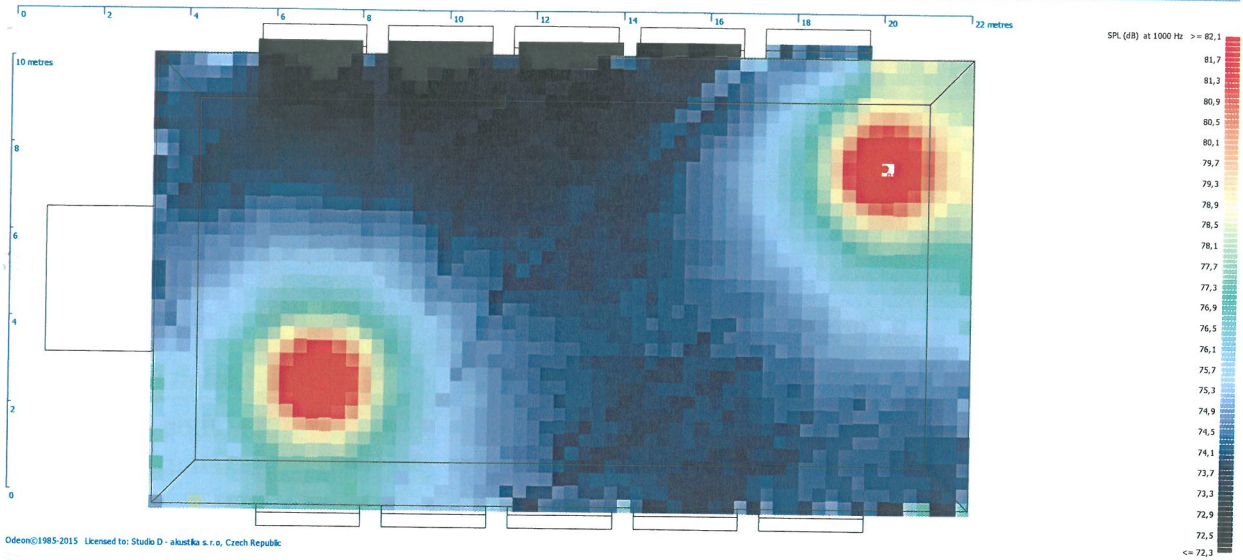
Obr. 19: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



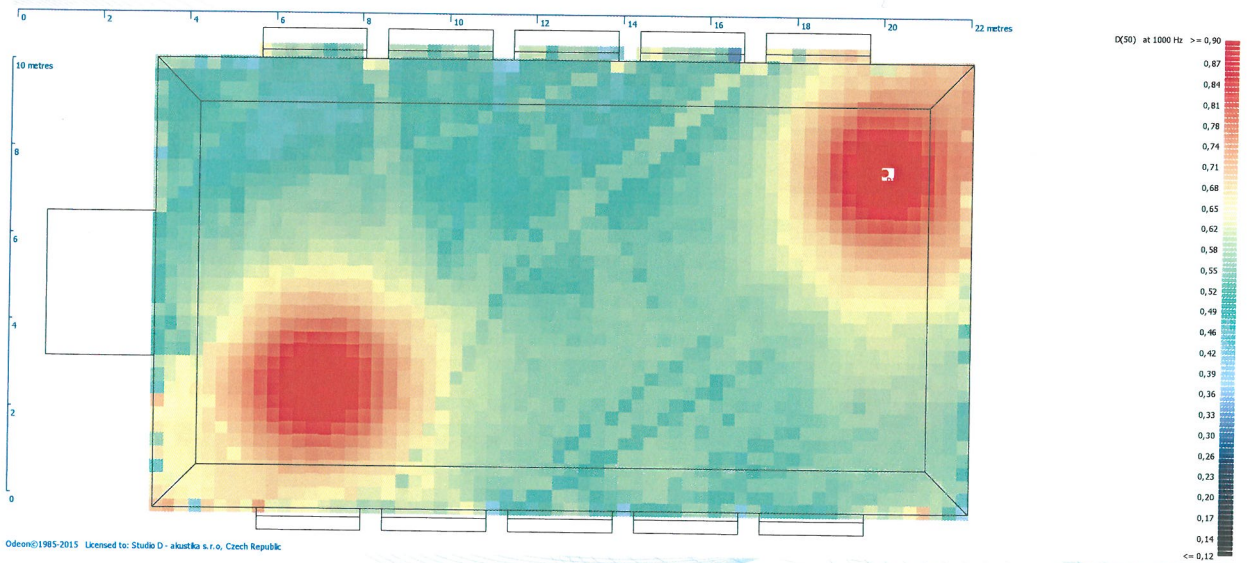
Obr. 20: Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



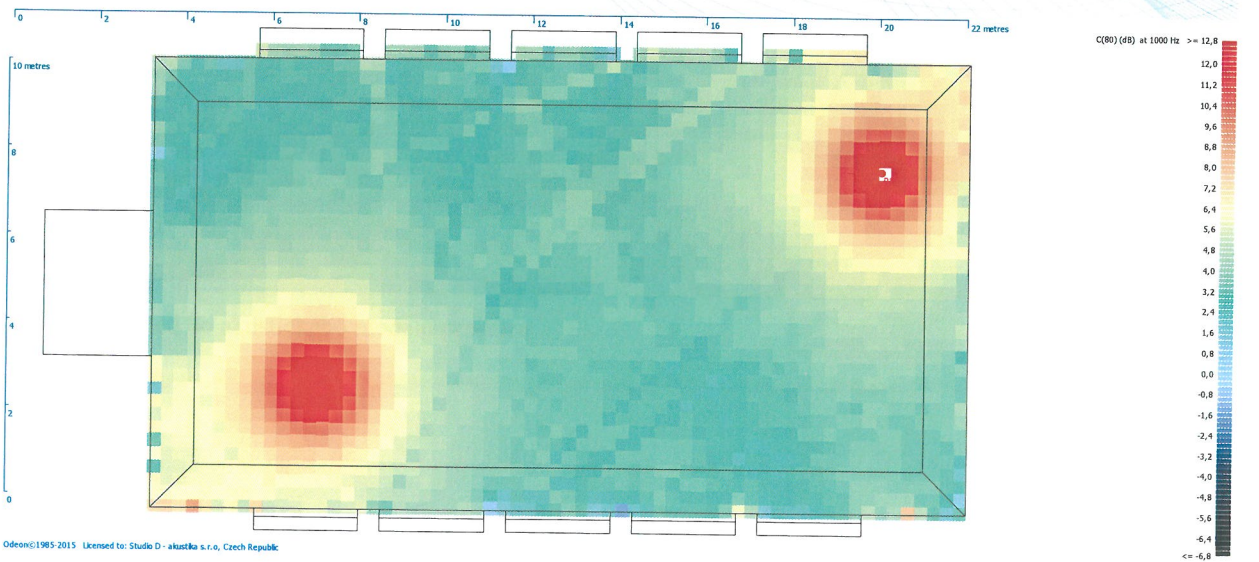
Obr. 21: Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



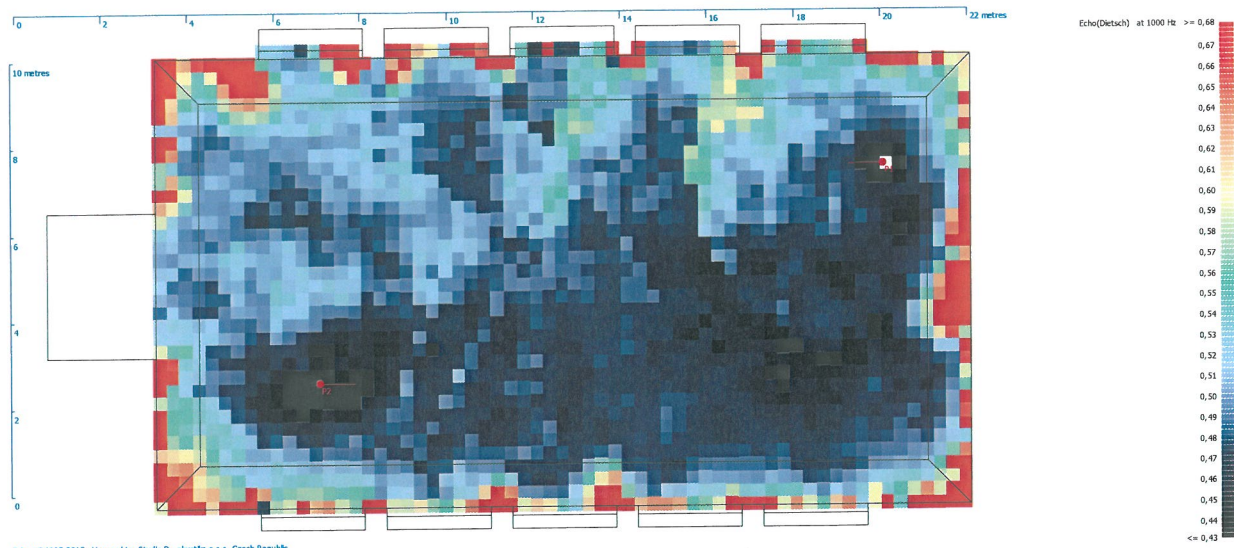
Obr. 22: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



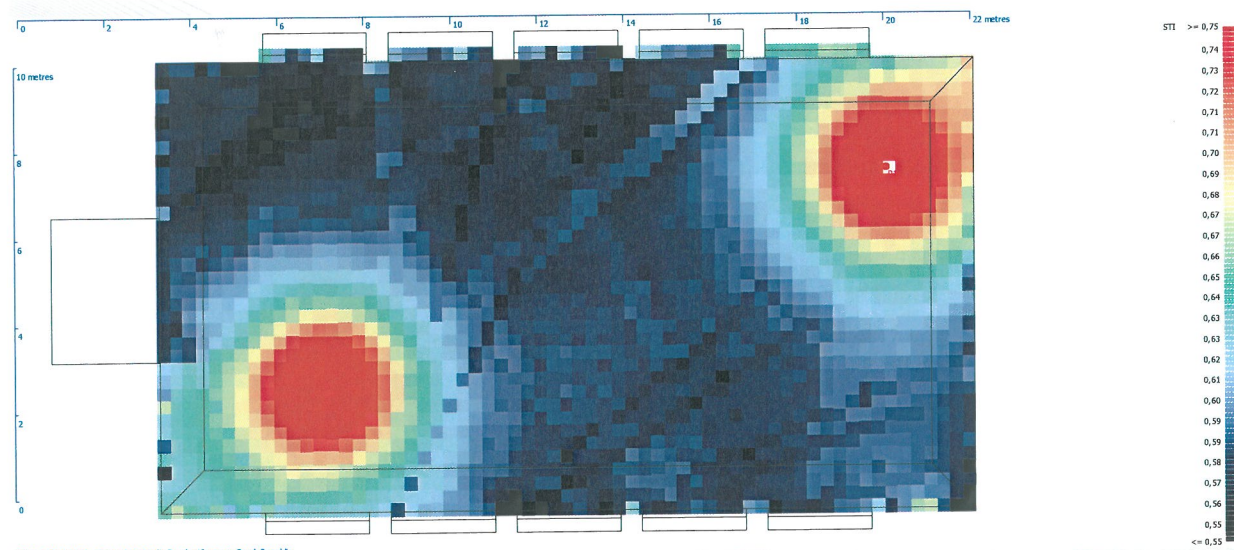
Obr. 23: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 24: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 25: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou



Obr. 26: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

2.3 Tělocvična – VARIANTA 3

2.3.1 Popis prostoru

Tělocvična má délku 18,816 m a šířku 10,362 m. Světla výška místnosti je 7,705 m. Objem prostoru je cca $V = 1899 \text{ m}^3$ (odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 917 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Prostor slouží, jako tělocvična na základní škole.

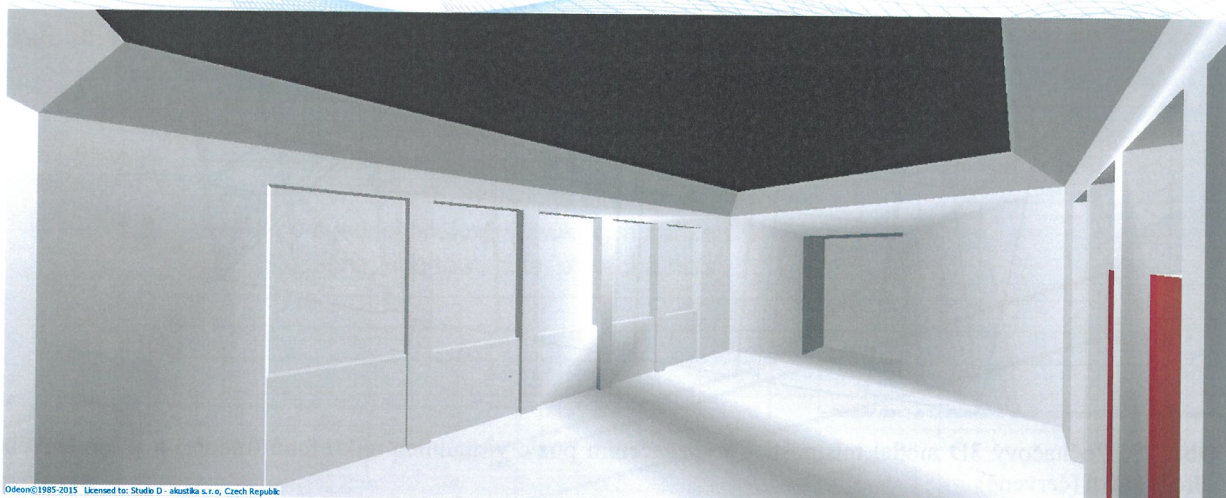
Celý prostor byl simulován za neobsazeného stavu (dle ČSN 73 0527:2005), tj. prostor bez osob.

2.3.2 Akustické řešení místnosti

Na základě podkladů byl vytvořen akustický model, který byl na základě proběhlého měření doby dozvuku nakalibrován.



Obr. 27: Pohled do akustického modelu prostoru



Obr. 28: Pohled do akustického modelu prostoru

2.3.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s prázdnou tělocvičnou bez lidí. (viz ČSN 73 0527:2005).

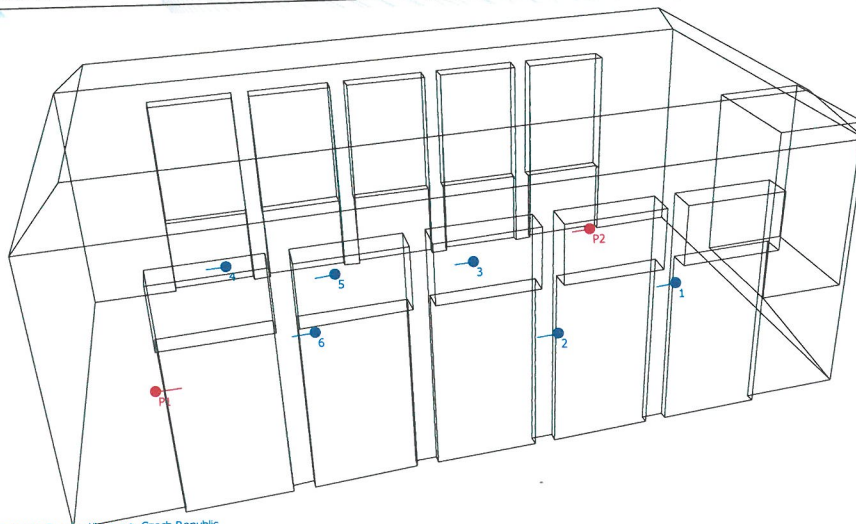
Veškeré navržené systémy upravující parametry prostorové akustiky jsou uvedeny v následující tabulce a budou rozmístěny dle přiloženého schématu (viz kapitola přílohy).

Uvažované ostatní konstrukční materiály: pro maximální přesnost modelu byl prostor nakalibrován dle proběhlého měření doby dozvuku, tudíž nebylo nutno uvažovat s konkrétními materiály

Ozn.	Materiál	Odsazení	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
var.3	Rigips Rigiton 12/25 Q + Isover Domo tl. 50 mm	Cca 200 mm	Perforovaný SDK + MI se zhuštěným rastrem á 200 mm	<u>cca 140,6 m²</u>	Rozmístění systému viz schéma v přílohách
	Ecophon Akusto Wall C/Super G	kontaktně na stěnu	Stěnový akustický systém se zvýšenou odolností proti nárazu (1A)	<u>cca 55,08 m²</u> (tj. 34 ks)	

Tab. 9: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

2.3.4 Akustická simulace a její hodnocení



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 29: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

Zjednodušený geometrický model místnosti byl vytvořený na základě zaměření prostoru objednavatelem. Zvukopohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

Optimální doba dozvuku byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527:2005 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

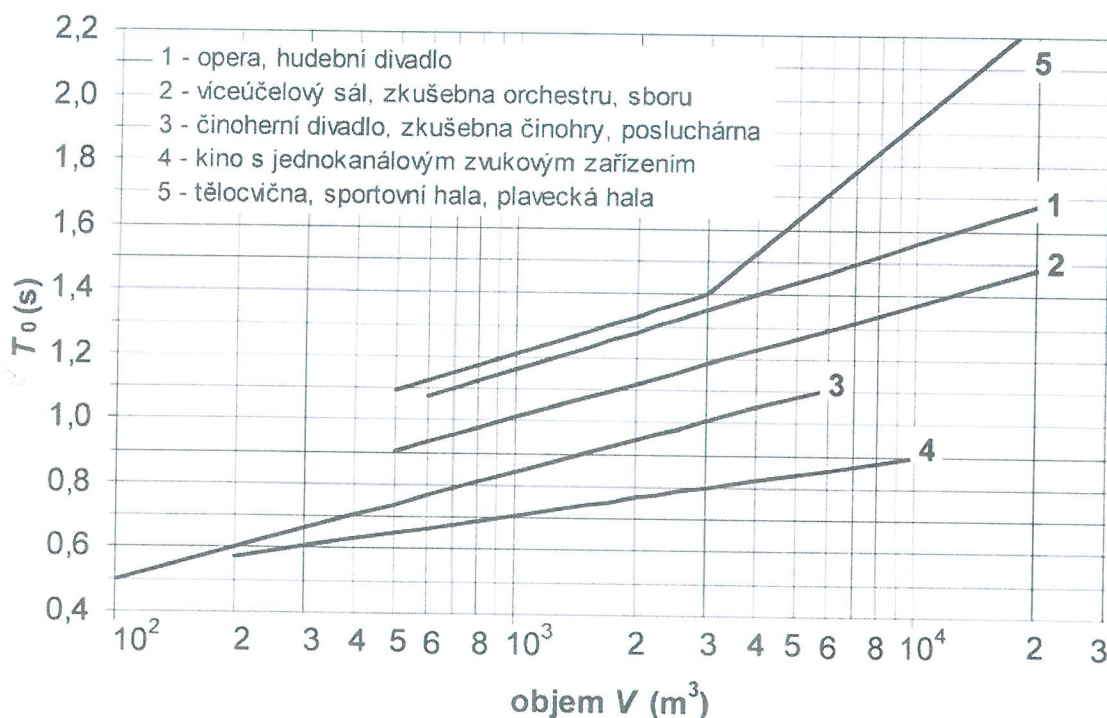
Pro dané využití (Tělocvična) a daný objem místnosti byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 1,20$ s.

Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v grafu č. 6, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v Tab. 11.

Prostor	Objem (m^3) (orientačně)	Doba T_0 (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím T/T_0	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,70	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 - 180	0,45	A.4	
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	-	Závislost 5 – A.1	A.8	
...

Tab. 10: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2) - výňatek



Obr. 30: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T ₃₀ [s]	1,81	1,34	1,30	1,33	1,26	1,18
Simulace T ₂₀ [s]	1,79	1,28	1,20	1,25	1,21	1,16
Simulace EDT [s]	1,81	1,24	1,13	1,19	1,15	1,14
SPL [dB] ****	76,9	75,0	74,4	74,6	74,3	74,3
C ₈₀ [dB]	-0,2	2,3	3,1	2,7	2,9	2,9
D ₅₀ [-]	0,36	0,48	0,52	0,50	0,51	0,51
T _s [ms]	124,0	81,0	72,0	77,0	74,0	75,0
LF ₈₀ [-]	0,294	0,260	0,245	0,247	0,249	0,245
ECHO _{MAX} [-]*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
STI [-]***			0,56	Alcons [%]**		8,94
STI (Žena) [-]***			0,57	RASTI [-]***		0,57
STI (Muž) [-]***			0,57			

Tab. 11: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

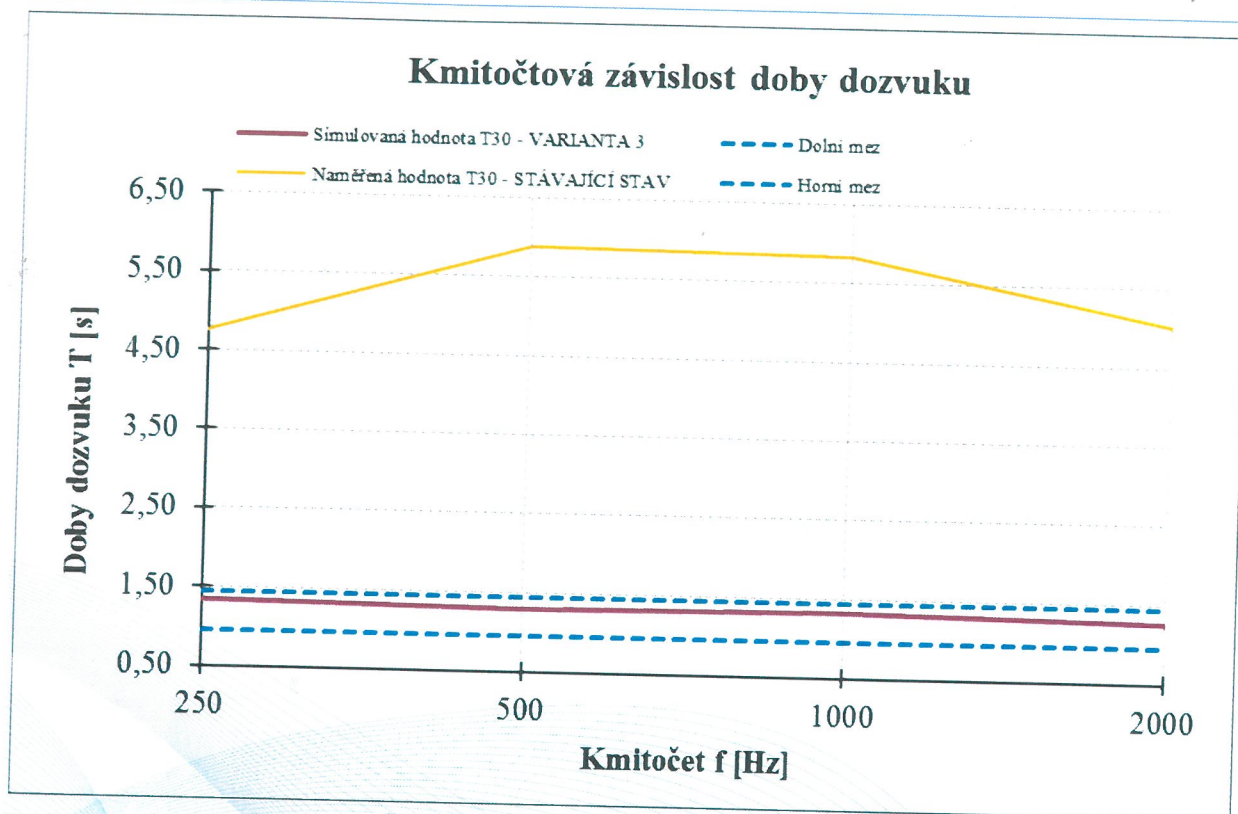
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. Hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

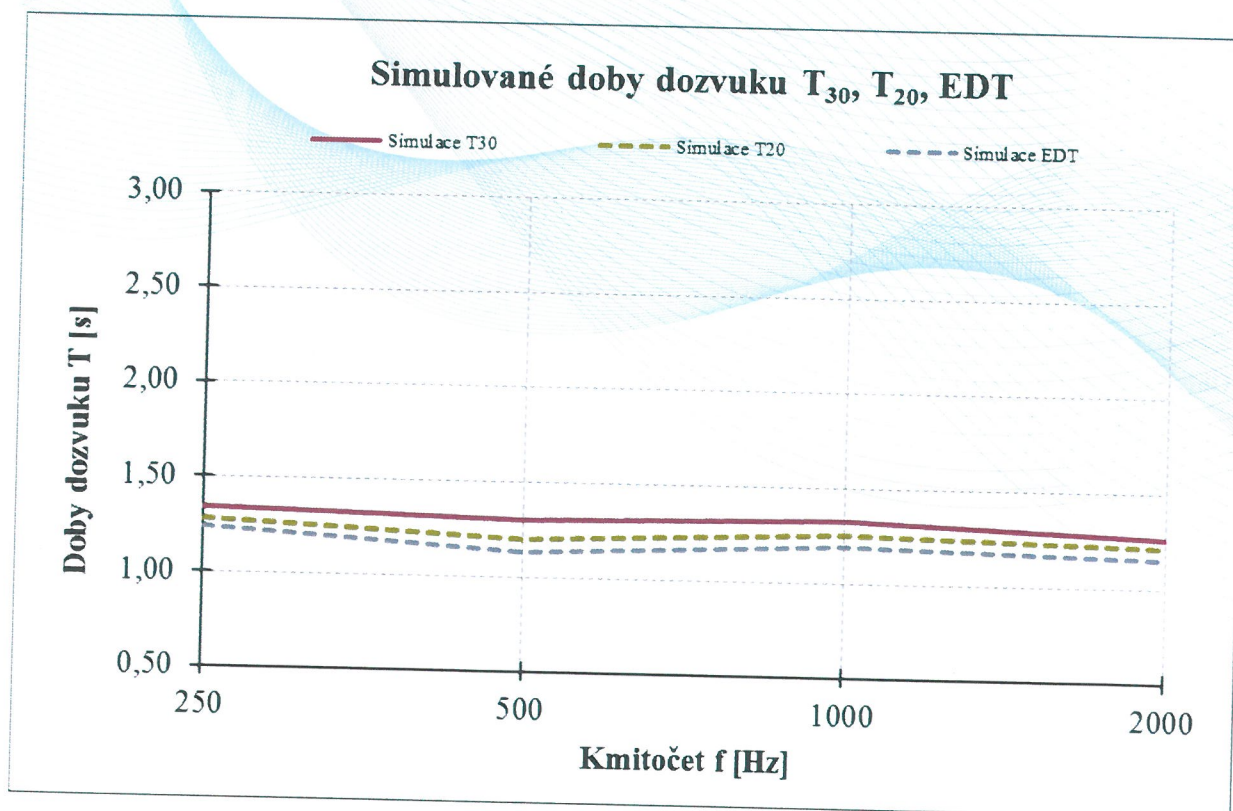
**** Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	250	500	1 000	2 000
Simulace T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV)	4,76	5,88	5,83	5,01
Simulace T ₃₀ [s] (VARIANTA 2)	1,34	1,30	1,33	1,26
Horní mez [s]	1,44	1,44	1,44	1,44
Dolní mez [s]	0,96	0,96	0,96	0,96

 Tab. 12: Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T₃₀ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti

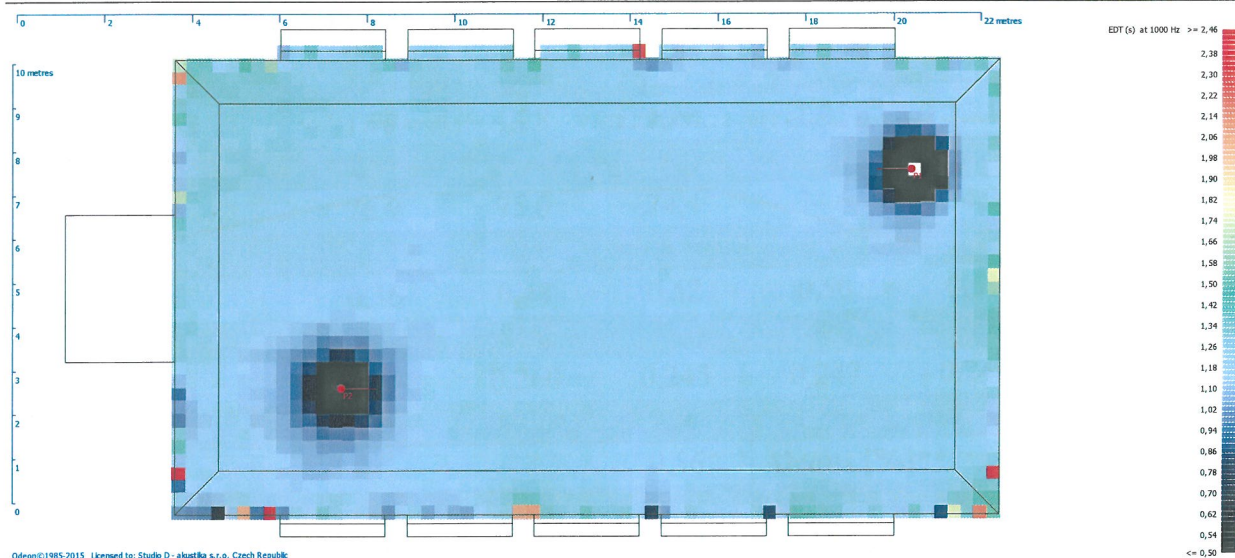


Graf 6: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v prostoru

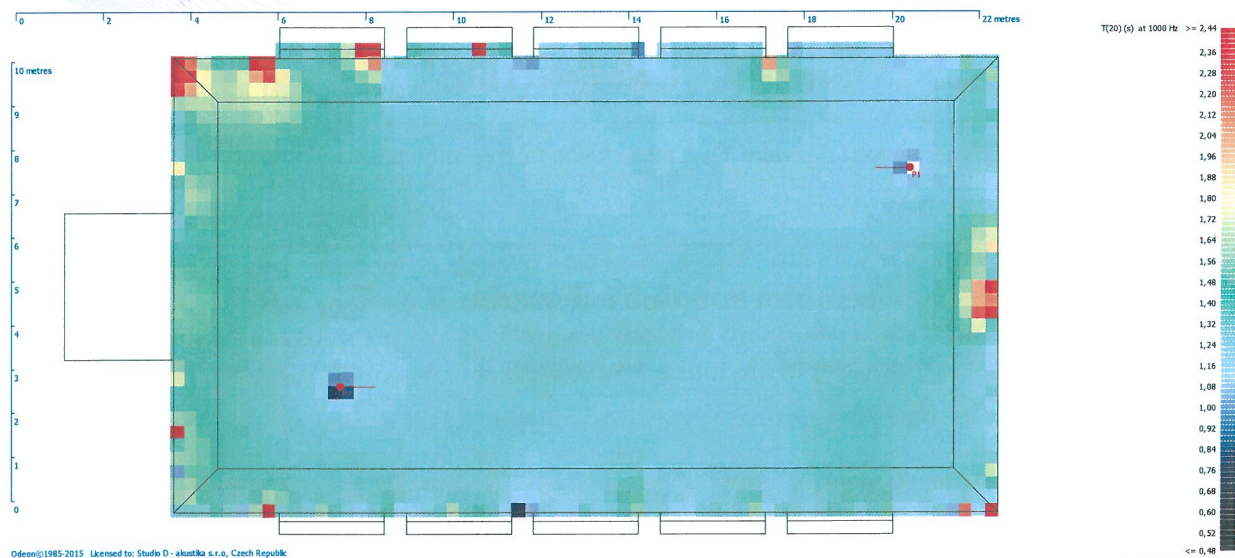


Graf 7: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru

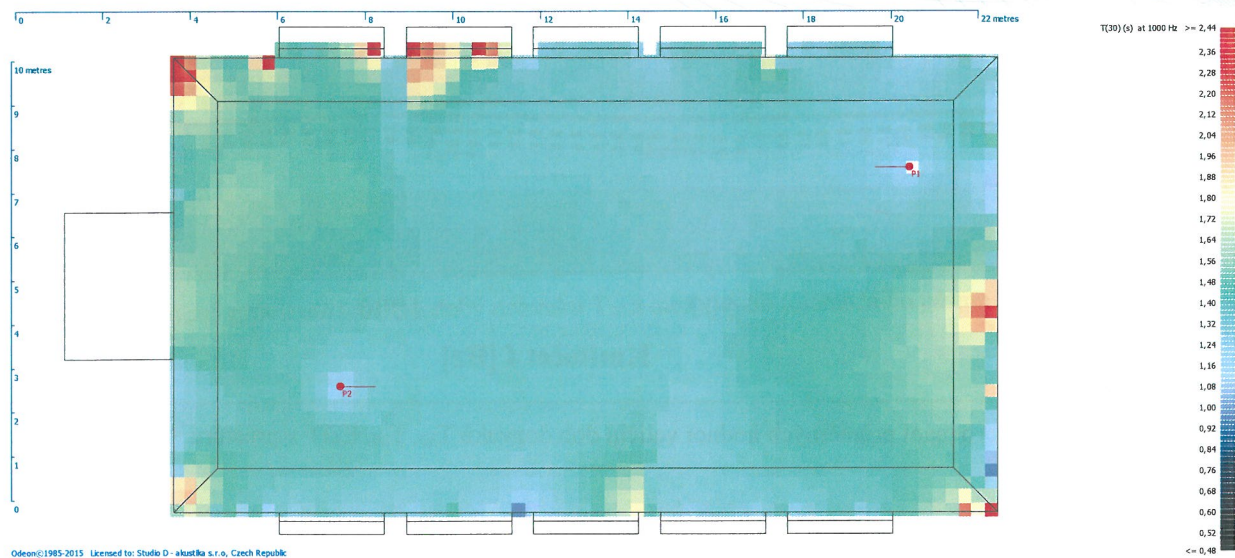
2.3.5 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



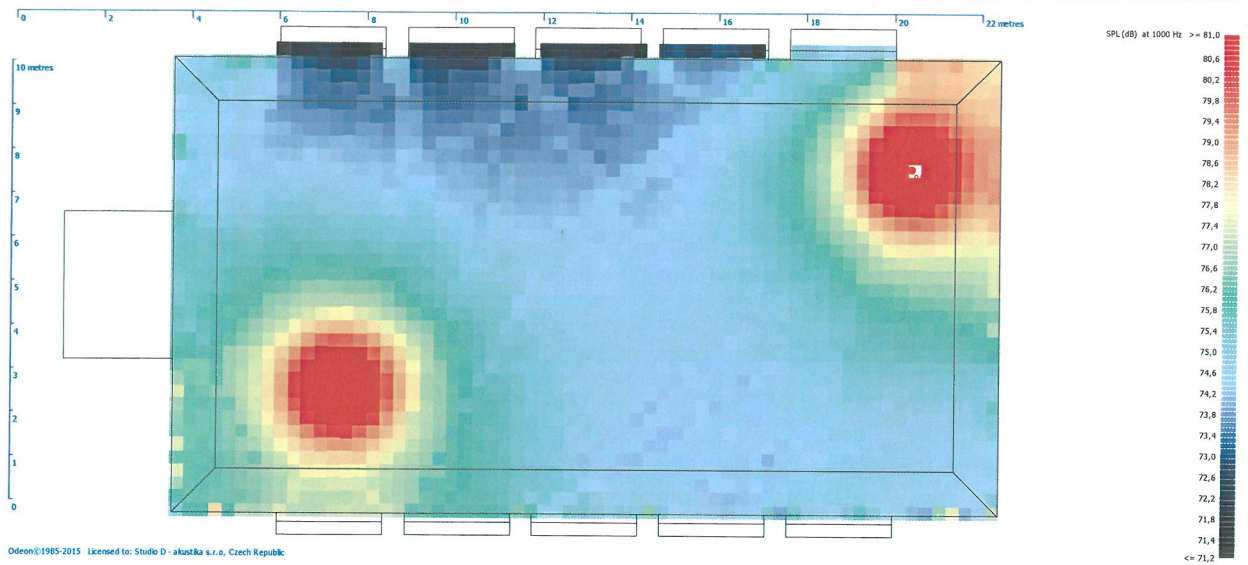
Obr. 31: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



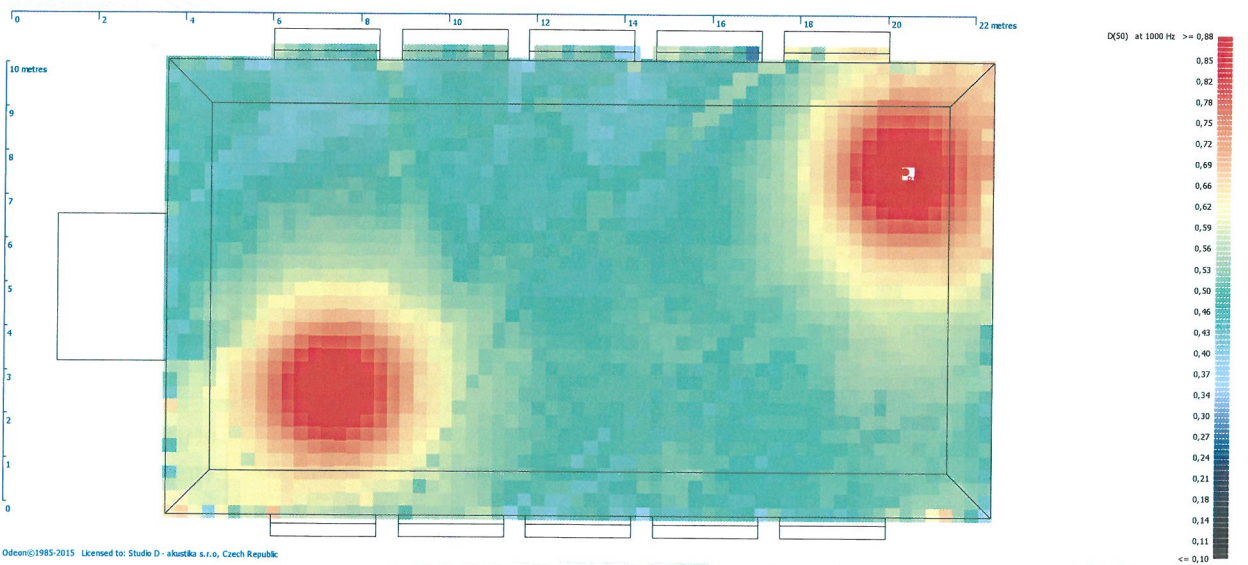
Obr. 32: Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



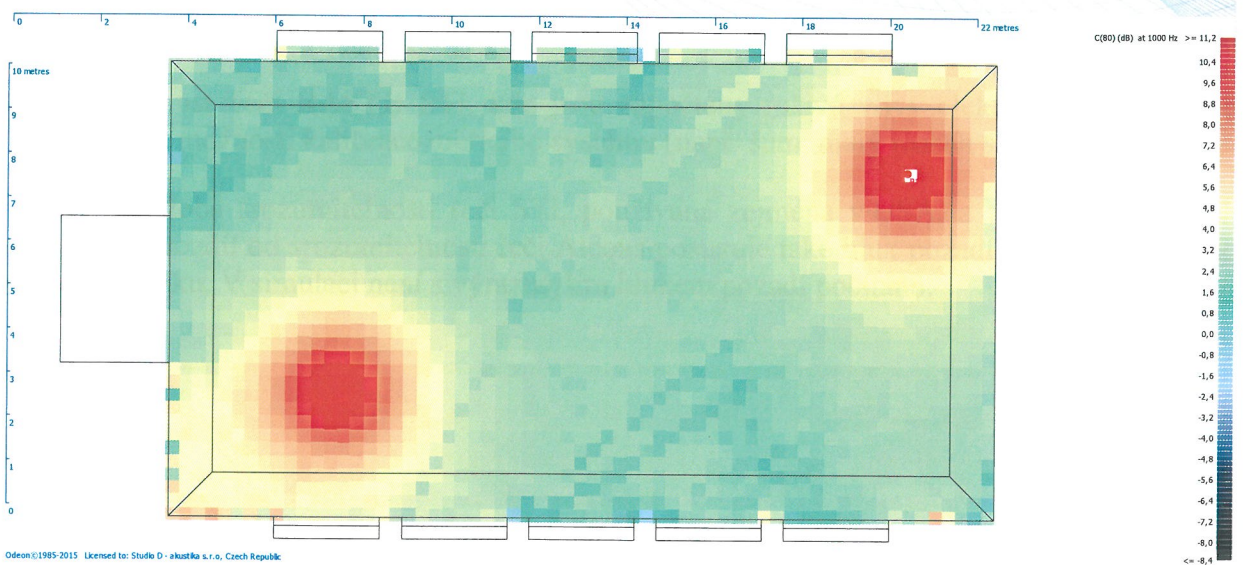
Obr. 33: Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



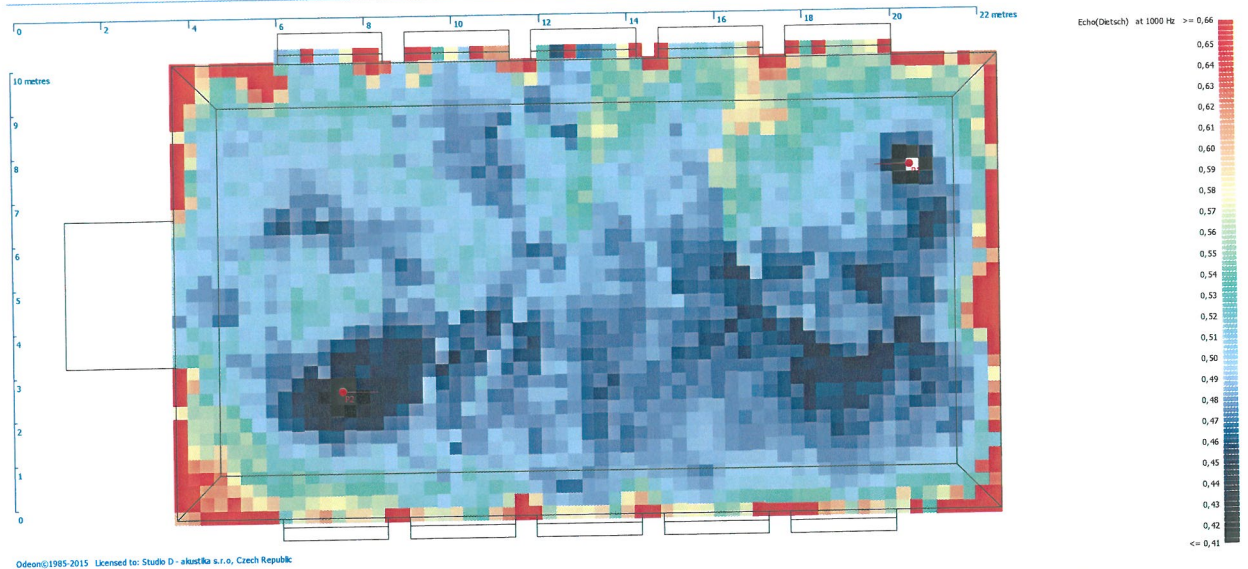
Obr. 34: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



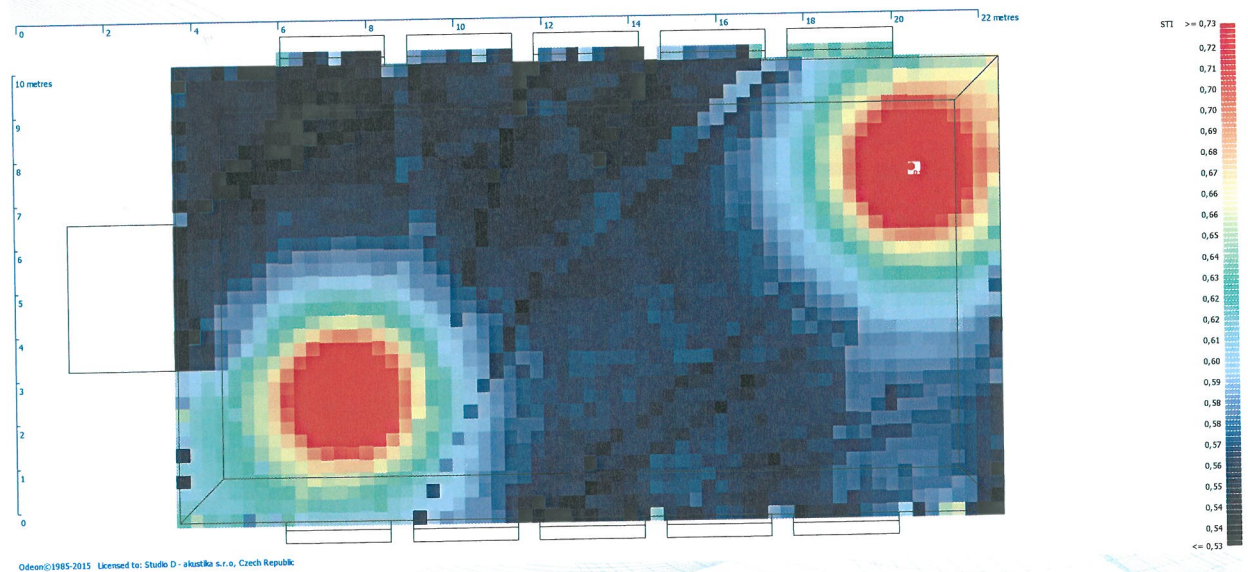
Obr. 35: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 36: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 37: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou



Obr. 38: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

3 Interpretace

3.1 Vysvětlivky hodnocených parametrů

Při posouzení byly použity tyto parametry:

Doby dozvuku T_{30} , T_{20} , EDT (ČSN 73 0525, 73 0526 a 73 0527). Hodnoty a jejich toleranční rozsah jsou dány normami. Křivka doby dozvuku v závislosti na frekvenci by měla být vyrovnaná.

Hladina akustického tlaku SPL, pomocí něhož byla posouzena kvalita distribuce zvuku ve všech místech prostoru. Posuzuje se rozdíl mezi hodnotami SPL v jednotlivých bodech.

Jasnost C_{80} : Ukazatel „kvality“ prostoru pro daný účel, zejména pak pro hudební představení. Různé styly hudby vyžadují různou hodnotu jasnosti. Např. pro komorní hudbu se ideální hodnoty pohybují mezi -4 a +4 dB, atp.

Zřetelnost D_{50} : Parametr spjatý se srozumitelností řeči. Určuje kvalitu poslechu řeči v závislosti na daném prostoru. Používá se spíše v zahraničí (zejména v německy mluvících zemích).

Lateral fraction LF_{80} : hodnota závislá především na tvaru sálu a odrazivosti ploch. Spolu s hodnotami LF_{50} , LFC_{50} a LFC_{80} spoluurčuje kvalitu distribuce zvuku v závislosti na tvaru a objemu prostoru.

Echo: Hodnota v českých zemích téměř neznámá, avšak velmi důležitá pro kvalitu celého prostoru. Díky ní lze přesně určit, zda někde v prostoru nevzniká nepříjemná ozvěna, popř. ono místo s ozvěnou určit. Tento případný jev se pomocí pouhého výpočtu průměrné doby dozvuku nedá odhalit.

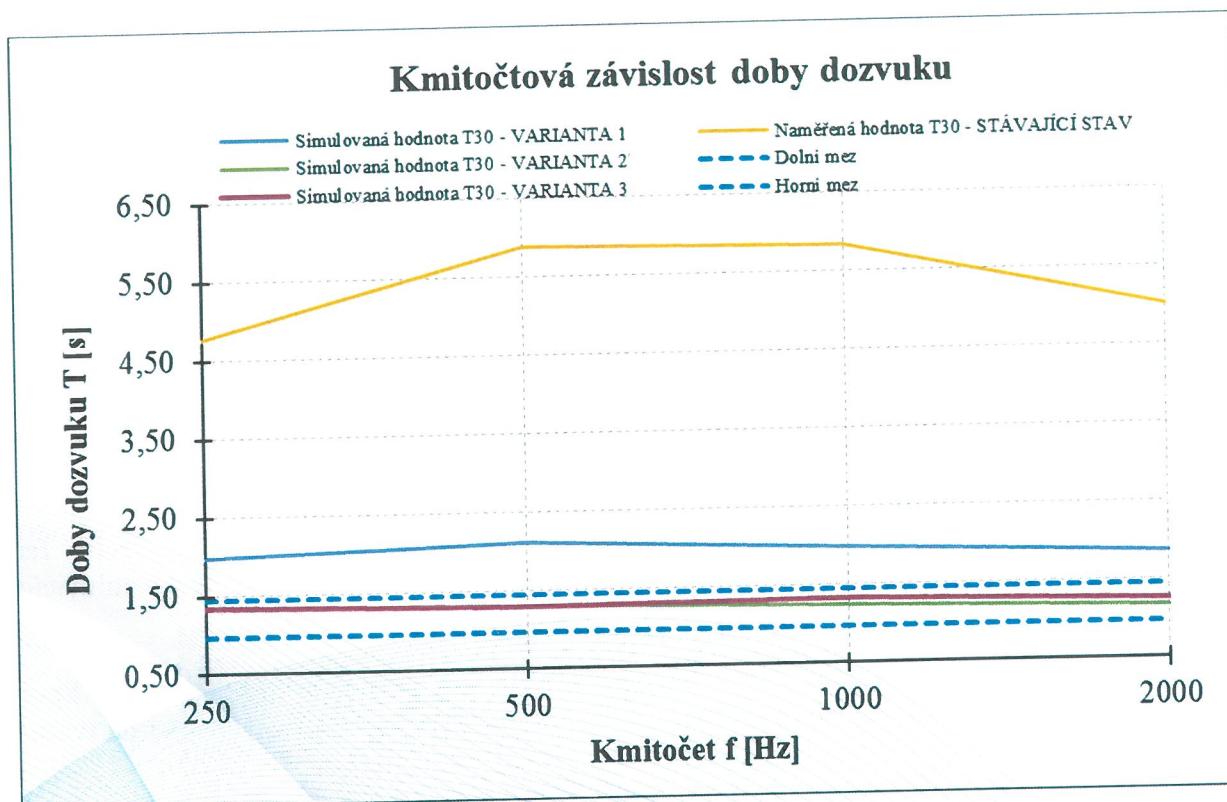
Obecná srozumitelnost řeči STI: zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov, i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, apod.

Srozumitelnosti řeči STI/Muž/ a STI/Žena/ jsou spíše doplňující hodnoty. Jsou řešené kvůli rozdílné průměrné hloubce/výšce hlasu muže/ženy.

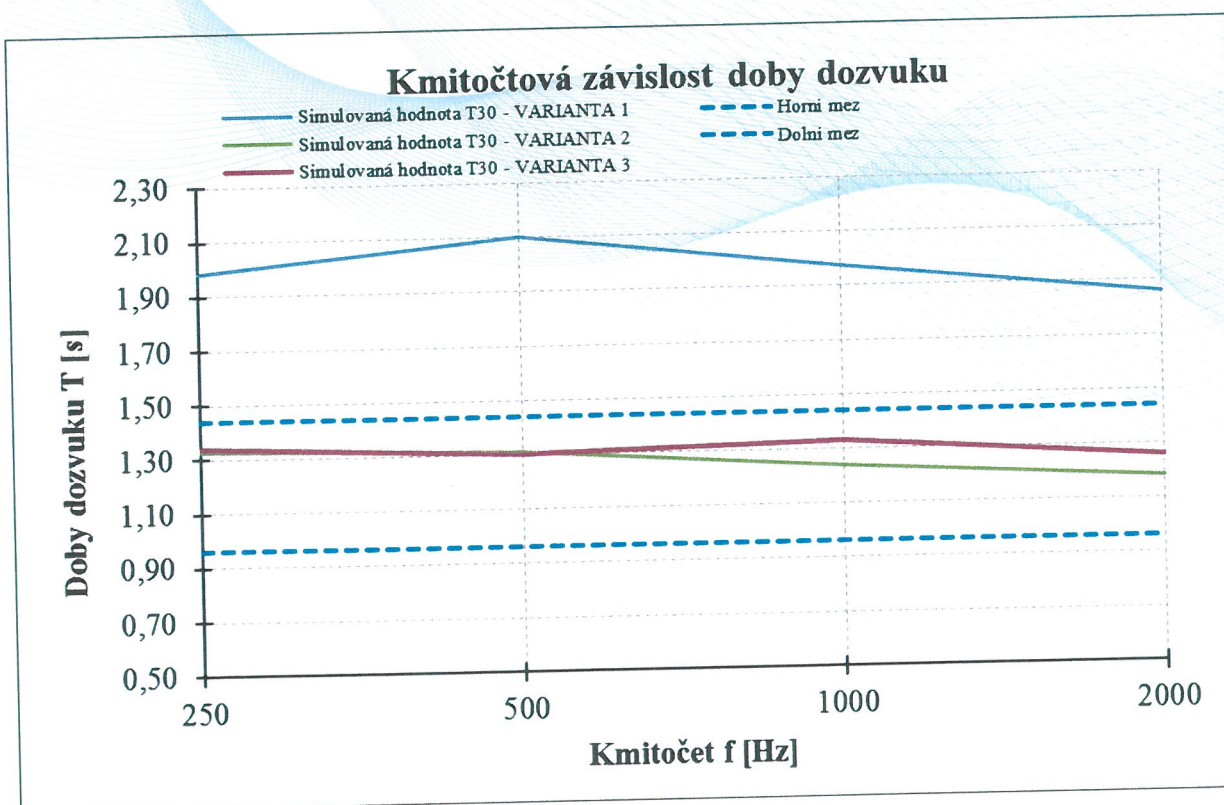
Srozumitelnost řeči RASTI: STI, kde jsou započteny rušivé vlivy elektroniky a měřicích přístrojů bez možnosti kalibrace měřícího systému (např. šum, malý rozsah spektra, apod.).

Alcons: Obdoba srozumitelnosti řeči STI, používaná zejména v USA, a anglicky mluvících zemích. Na rozdíl od srozumitelnosti řeči Alcons posuzuje také hluk pozadí, a pokud je, i jeho tónovou složku. V simulaci není s výraznějším hlukem pozadí počítáno.

3.2 Souhrnné grafické vyjádření jednotlivých variant



Graf 8: Souhrnné porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} v jednotlivých navržených variantách a naměřených hodnot



Graf 9: Souhrnné porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} v jednotlivých navržených variantách

3.3 Vyhodnocení

Stávající stav prostorové akustiky je jednak neadekvátní vzhledem k svému účelu, tj. tělocvična na základní škole a zároveň prokazatelně nejsou splněny požadavky na dobu dozvuku dané normou ČSN 73 0527:2005. Tudíž byly vypracovány a následně posouzeny tři varianty návrhu upravující prostorovou akustiku ve stávající tělocvičně, ZŠ, Husova ul. 142/44 v Liberci.

Z varianty č.1 je patrné, že aplikace akustických systémů pouze v oblasti stropní konstrukce je nedostatečná. I když doba dozvuku bude přibližně dvojnásobně kratší oproti stávajícímu stavu, bude třeba doplnit tento zavěšený stropní systém o stěnové panely (viz varianty č. 2 a č.3), tak aby byly splněny požadavky dle ČSN 73 0527:2005 (resp. vyhlášky č. 410/2005 Sb. se změnami 343/2009 Sb.).

Výsledná průměrná doba dozvuku se bude v navržených variantách č.2 a č.3 nacházet v mezích tolerančního pásma doporučených hodnot doby dozvuku pro dané využití a objem.

Akustická simulace dále potvrdila, že aplikace materiálů upravující parametry prostorové akustiky zabezpečí velmi dobrou srozumitelnost řeči a zamezí negativních účinků vlivem echa.

Minerální izolaci v akustickém systému z perforovaného SDK je nutno z hygienických hledisek neprodyšně uzavřít do tzv. černého vliesu, aby nedocházelo k uvolňování zdraví nebezpečných částic do okolního prostředí (*vlies - netkaná rohož ze skelných vláken bez výztuže*).

Všechny prvky a rošty musí být provedeny precizně a dotaženy, aby nedocházelo k rezonanci panelů. Výsledné provedení závisí na realizační firmě.

4 Přílohy

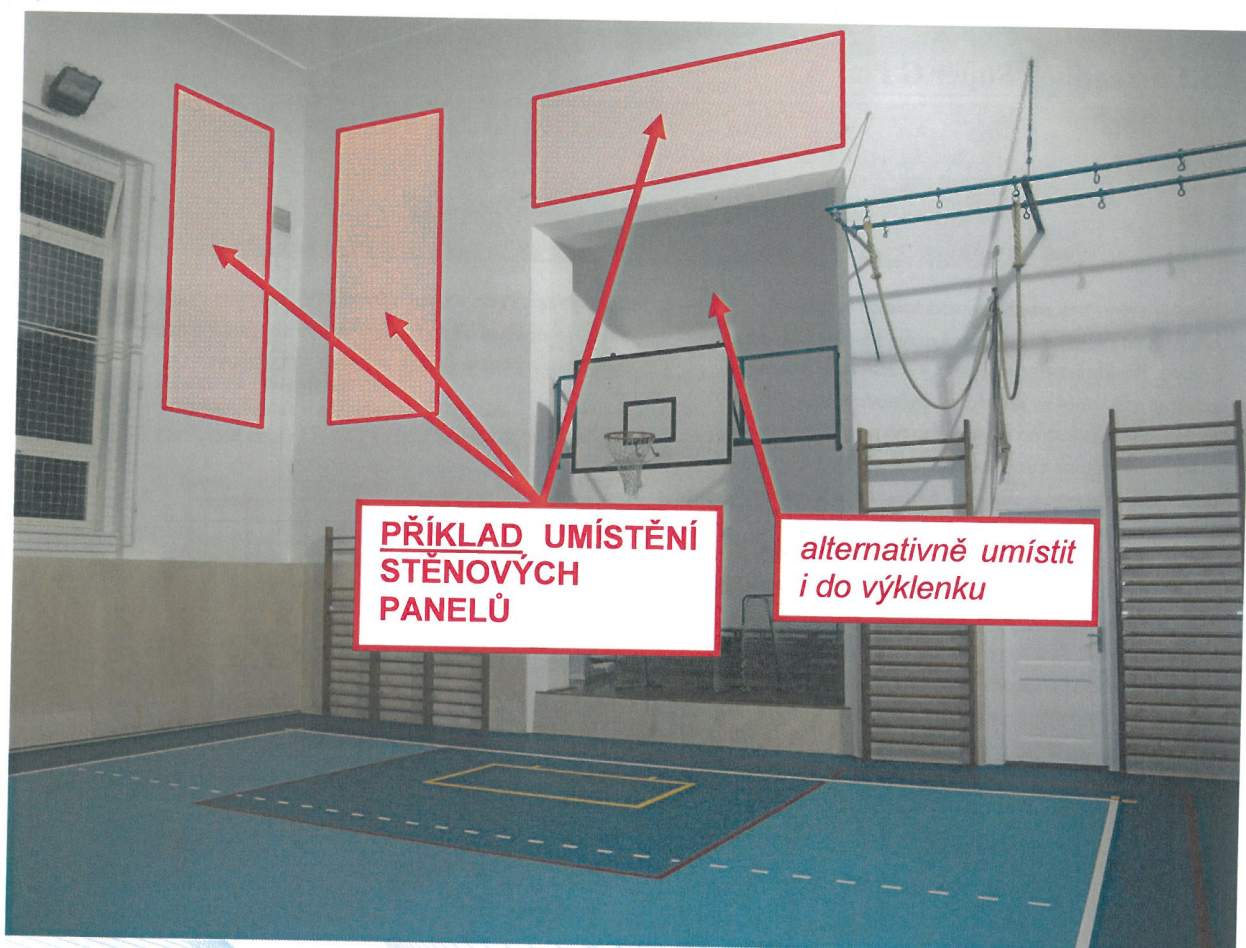
4.1 Použité podklady

- ČSN, vyhlášky, apod.
- technické listy výrobců
- protokol z měření doby dozvuku č. 15010979, zpracovatel Ing. Pavel Nosek, Studio D – akustika s.r.o.

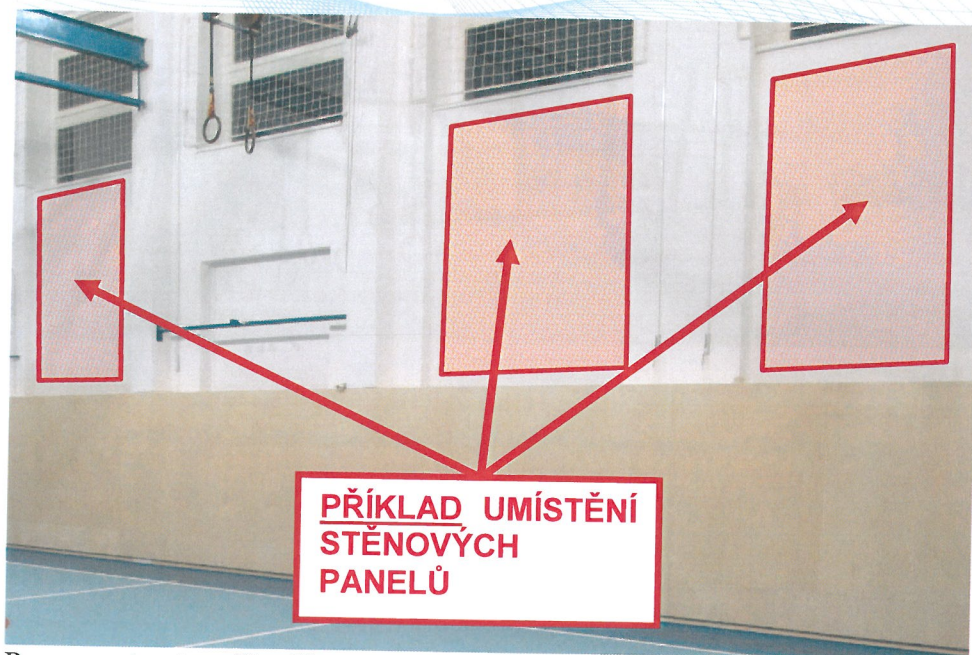
4.2 Výkresová dokumentace



Obr. 39: Umístění zavěšeného podhledu



Obr. 40: Umístění stěnových panelů



Pozn.: v tomto případě není z akustického hlediska umístění stěnových panelů až natolik striktní, proto je možno umístit panely na volné plochy stěn, kde je přímý dopad zvukových paprsků.

Z hlediska mechanicko-odolnostního, splňují panely nejvyšší odolnostní třídu 1A, ale i přesto je vhodné panely chránit před častými nárazy míče např. ochrannou sítí a neumístit panely do často namáhaných míst (tj. např. za branky)

4.3 Specifikace navržených materiálů

4.3.1 Ecophon Super G Plus A

Ecophon Super G™ Plus A

Panel je určen pro použití ve sportovních halách a podobném prostředí, kde hrozí riziko silného mechanického nárazu. Panely Ecophon Super G Plus A mají masivní závěsný rošt, který se skládá ze zapuštěných profilů montovaných přímo na strop nebo na podvěšený pomocný rošt. Panely nejsou odnímatelné. Akusticky pohltivé panely k obkládám stěn jsou k dispozici jako systém Ecophon Akusto Wall C/Super G.

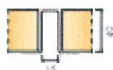
Systémy se skládají z panelů Ecophon Super G Plus A a roštů Ecophon Connect, přibližná hmotnost systému je 6 kg/m² při přímé montáži a 10 kg/m² při montáži na podvěšený rošt. Kvalita systému je dána instalací nosných prvků Connect včetně příslušenství. Panely jsou vyrobeny ze skelné vlny vysoké hustoty na bázi 3RD Technology. Viditelná

strana je opatřena vrstvou silné skelné tkaniny a zadní strana panelů je pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny základním nátěrem. Rošt je vyroben z pozinkované oceli.



James College, Zvenov, Netherland

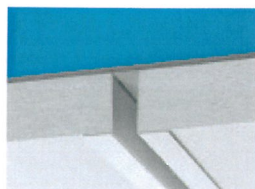
SYSTÉMOVÁ ŘADA



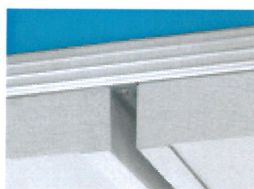
Rozměry, mm	1200x600
Speciální montáž	*
Tloušťka (tl.)	40
Instalační diagram	M115, M116



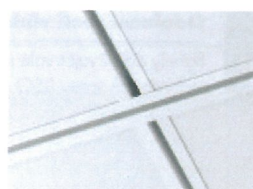
Panel Super G Plus A



Detail systému Super G Plus A, přímá instalace



Detail systému Super G Plus A, svítěná instalace



Systém Super G plus A



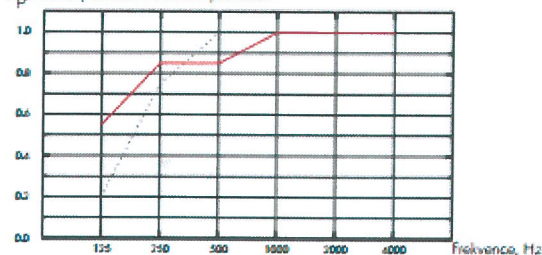
Akustika

Zvuková absorpce:

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354.

Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

α_p , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



--- Super G Plus A 40 mm, 40 mm a.d.s.

— Super G Plus A 40 mm, 200 mm a.d.s.

a.d.s. = celková hloubka systému

tl, mm	a.d.s. mm	α_p , Praktický koeficient zvukové pohltivosti						α_w	absorpční třída
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
40	40	0,20	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	A
40	200	0,55	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	A

tl, mm	a.d.s. mm	NRC	SAA
40	40	0,90	0,90
40	200	0,90	0,89



Přístupnost

Panely jsou zajištěny v roštu a jsou plně demontovatelné.



Údržba

Denní stírání prachu a vysávání. Týdenní čištění za mokra.



Světelná účinnost

Bílá 085. Nejbližší barevný vzorek NCS: S 1002-Y. Světelná odrazivost: 78%.



Odolnost proti vlhkosti

Panely odolávají trvalé relativní vlhkosti prostředí do 95% při 30°C bez rizika vydouvnění, deformace nebo oddělování jednotlivých vrstev (ISO 4611).



Interiérové klimatické vlastnosti

Certifikáty / Označení

Finská emisní třída M1	•
Francouzská emisní třída VOC, A+	•
Švédská Asociace pro astma a alergie	•
Kalifornská emisní směrnice, CDPH	•



Vliv na životní prostředí

Certifikáty / Označení

Evropa	•
--------	---

Plně recyklovatelné.



Požární bezpečnost

Země	Standard	Třída
Evropa	EN 13501-1	A2-s1,d0

Jádra panelů je testována a klasifikována jako nehořlavé podle EN ISO 1182. Systém je klasifikován jako požárně odolný podle NT FIRE 003.



Mechanické vlastnosti

M115 a M116 byly testovány a klasifikovány do třídy nárazuodolnosti 1A v souladu s normou EN 13964-příloha D (a normou DIN 18 032-část 3). Údaje o podmínkách zatížení a nosnosti viz tabulka Funkční požadavky a Mechanické vlastnosti na www.ecophon.cz



Instalace

Instalace dle montážního diagramu, instalačního postupu a pomocného výkresu. (Panely musí být instalovány podle šipek na jejich zadní straně.)



CE

Certifikát označený CE potvrzuje důležité vlastnosti produktu jako jsou zvuková absorpce, emise, požární bezpečnost a únosnost systému. Všechny stropní systémy Ecophon mají CE certifikát stanovený Evropskou normou EN 13964. Další individuální vlastnosti produktů jsou deklarovány dokumentem Prohlášení o vlastnostech (DoP).

zdroj: <http://www.ecophon.com/cz/vyroby/Kazetov--podhledy/Super-G/Super-G--Plus-A/>

4.3.2 Ecophon Akusto Wall C/super G

Ecophon Akusto™ Wall C

Systém Ecophon Akusto™ Wall C je stěnový zvukový absorber, který je vhodný kombinovat s akustickými podhledy. Vyznačuje se skrytým nosným rástrem a sraženými hranami tvořící úzké drážky mezi jednotlivými panely. Umožňuje dosažení vynikajících akustických vlastností zejména ve větších místnostech. Akusto™ Wall C poskytuje širokou škálu provedení.

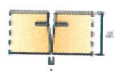
Panely jsou demontovatelné. Systém sestává z panelů Ecophon Akusto™ Wall C a nosného rástru Ecophon Connect. Celková hmotnost systému je 5 kg/m². Kvalita systému je dána instalací nosných prvků Connect včetně příslušenství, které Vám nabízejí spoustu designových možností. Panely jsou vyrobeny ze skelného vlákna o vysoké hustotě na bázi 3RD Technology. Pohledová plocha je ze

sklovláknité tkaniny (povrch Texona v různých barvách, nebo s povrchem z nárazuvzdorné skelné tkaniny (Super G). Nabízena je také povrchová úprava Akutex™ FT (v bílé barvě White Frost). Zadní plocha panelů je pokryta skelnou tkaninou. Rohy jsou opatřeny nátěrem a povrchová úprava pohledové strany částečně překrývá delší hrany. Akusto™ Wall C s povrchem Texona je také v provedení gamma (odrazivým povrchem viz. akustická křivka). Pro dosažení nejlepších výsledků a kvality systému použijte profily Ecophon Connect a jeho příslušenství.



Microsoft, Warsaw, Poland

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	2700x600
Thinline Profil	•
WVP Profil	•
Tloušťka [tl.]	40
Instalační diagram	M354, M355, M235, M303, M356

4.3.3 Rigips Rigiton 12/25 Q

PERFOROVANÉ AKUSTICKÉ DESKY PRO PODHLEDY A OBKLADY STĚN

Rigiton 12/25 Q

- Activ'Air®
- Climafit

Základní vlastnosti desek Rigiton 12/25 Q

Rozměry desky (š x d x tl.)	1200 x 2000 x 12,5 mm
Hrany desky	kolmo řezané ŠK
Děrování	pravidelné
Podíl děrované plochy	23 %
Hmotnost	cca 8,50 kg/m ²
Třída reakce na oheň	A2-s1,d0
Odolnost proti relativní vzdušné vlhkosti	70 %

Umístění a velikost perforací [mm]

Číselník zvukové pohltivosti α_p

Výška svícení [mm]	Mínorální izolace [mm]	Číselník zvukové pohltivosti α_p /Hz							α_w	NRC	Třída zvukové pohltivosti ¹⁾
		125	250	500	1000	2000	4000				
50	-	0,15	0,30	0,65	0,90	0,80	0,60	0,60 (MH)	0,70	C	
200	-	0,40	0,75	0,90	0,70	0,65	0,50	0,65 (LM)	0,75	C	
200	50 ²⁾	0,65	0,90	0,95	0,85	0,85	0,65	0,85 (L)	0,90	A	

¹⁾ dle ČSN EN ISO 11 654; ²⁾ například Isover Domino

* od data výroby 08/2015

Pozn.: Nutno použít zhuštěný rastr pro 1A á 200 mm pro 2A á 250 mm (konzultovat s výrobcem)

zdroj: http://www.rigips.cz/files/akustika-a-design-podhledy/Akustika_a_design_v_interi%C3%A9ru.pdf