

ATELIER

DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Zakázka číslo: 2018-009077-KřA

Akustická studie

Řešení prostorové akustiky

ZŠ a MŠ Kosmonautů
Kosmonautů 177
405 38 Děčín

Vypracovala

Bc. Adéla Křížková

Zpracováno v období

Červenec 2018

Verze dokumentu

Třetí vydání

Obsah

1. VŠEOBECNĚ.....	3
1.1 Předmět.....	3
1.2 Úkol.....	3
1.3 Objednatel.....	3
1.4 Dodavatel.....	3
1.5 Vypracovala.....	3
1.6 Kontroloval.....	3
1.7 Zpracováno v období.....	3
2. PODKLADY.....	3
3. SITUACE.....	3
4. POŽADAVKY.....	4
5. VÝCHOZÍ STAV.....	5
5.1 Výpočtový model.....	5
5.2 Posouzení výchozího stavu.....	5
6. NÁVRH OPATŘENÍ.....	8
6.1 Obecně.....	8
6.2 Návrh řešení.....	8
7. ZÁVĚR.....	16

1. VŠEOBECNĚ

- 1.1 Předmět** ZŠ a MŠ Kosmonautů, Kosmonautů 177, 405 38 Děčín
- 1.2 Úkol** Řešení prostorové akustiky
- 1.3 Objednatel** **Digitronic CZ s.r.o.**
Za Pasáží 1429 kontaktní osoba:
530 02 Pardubice Ing. David Akrman
IČO: 48168017 +420 777 279 668
 akrman@digitronic.cz
- 1.4 Dodavatel** **DEKPROJEKT s.r.o.**
Tiskařská 10/257 IČO: 27 64 24 11
budova TTC TECHKOM
CENTRUM
108 00 Praha 10 - Malešice bankovní spojení:
tel.: +420 234 054 284 35-7899980247/0100
fax.: +420 234 054 291 KB Praha 9

Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem v Praze oddíl C., vložka 120996
- 1.5 Vypracovala** Bc. Adéla Křížková
- 1.6 Kontroloval** Ing. Jan Pešta, Ing. Tomáš Kupsa
- 1.7 Zpracováno v období** Červenec 2018

2. PODKLADY

- [1] Stavební fyzika 1 - Akustika - Ing. Jan Kaňka, Ph.D. - Nakladatelství ČVUT 2007
- [2] Projektová dokumentace dodaná objednatelem
- [3] ČSN 73 0525 (73 0525) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- [4] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely
- [5] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí, Doc. Ing. Jiří Čechura, CSc., 1999
- [6] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech
- [7] Protokol č. 135745/2016 o měření doby dozvuku zpracovaný Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem z listopadu 2016

Pozn.: Všechny uvedené předpisy jsou v aktuálním znění (včetně změn platných ke dni zpracování posudku).

3. SITUACE

Předmětem akustické studie jsou učebny a tělocvična základní a mateřské školy Kosmonautů v Děčíně. Úkolem studie je posouzení doby dozvuku v kmenové učebně, jazykové učebně a v tělocvičně a návrh opatření ke zlepšení prostorové akustiky v těchto prostorech a v učebně pracovních činností.

Studie je aktualizací akustické studie z března 2018 (č. zakázky 2018-004033-KřA). Ve studii je doplněno posouzení prostorové akustiky v počítačové učebně, interaktivní učebně a hudebně. Dále jsou doplněny světlé výšky místností po realizaci obkladů a je upraven návrh obkladů v tělocvičně.

4. POŽADAVKY

ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely

Požadavky a doporučení na optimální dobu dozvuku ve vzdělávacích zařízeních, stavebách pro kulturní, školské a veřejné účely stanovuje norma ČSN 73 0527.

Optimální doba dozvuku T_0 obsazeného prostoru daného účelu se stanoví pro objem prostoru, k němuž se dospěje na základě počtu osob a doporučeného objemu připadajícího na jednu osobu. Číselně vyjádřené hodnoty optimální doby dozvuku v sekundách se vztahují ke kmitočtu 1000 Hz.

Optimální doba dozvuku T_0 pro prostor sportovních hal a tělocvičen se určí ze vztahu:

$$T_0 = 0,3961 \cdot \log(V) + 0,023 \text{ [s]} \text{ (pro objem 500 - 3000 m}^3\text{)}$$

kde $V \text{ [m}^3\text{]}$ je objem posuzovaného prostoru.

Hodnoty optimální doby dozvuku pro řešené prostory jsou uvedeny v následující tabulce.

Účel prostoru	Objem (orientačně)	Optimální doba dozvuku [s]
Běžná učebna	do 250 m ³	0,70
Jazyková učebna	130 až 180 m ³	0,45
Tělocvična	500 až 3000 m ³	1,34
Audiovizuální učebna	200 m ³	0,60
Učebna hudební výchovy	200 m ³	0,90

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku dle ČSN 73 0527

Učebny se hodnotí v obsazeném stavu. Předpokládá se obsazenost 80% z počtu míst znázorněných v projektové dokumentaci. Tělocvična se dle ČSN 73 0527 posuzuje v neobsazeném stavu.

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN 73 0525 pro oktávová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4000 Hz pro učebny a od 250 Hz do 2 000 Hz pro tělocvičnu. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku T se ve vztahu k optimální době dozvuku projevuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktávová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Určení	Meze	Střední kmitočet oktávového pásma f [Hz]											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		T/T_0	T [s]	T/T_0	T [s]	T/T_0	T [s]	T/T_0	T [s]	T/T_0	T [s]	T/T_0	T [s]
Běžná učebna	Horní	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84
	Dolní	0,65	0,46	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,65	0,46
Jazyková učebna	Horní	1,20	0,54	1,20	0,54	1,20	0,54	1,20	0,54	1,20	0,54	1,20	0,54
	Dolní	0,65	0,29	0,80	0,36	0,80	0,36	0,80	0,36	0,80	0,36	0,65	0,29
Tělocvična	Horní	-	-	1,20	1,61	1,20	1,61	1,20	1,61	1,20	1,61	-	-
	Dolní	-	-	0,80	1,07	0,80	1,07	0,80	1,07	0,80	1,07	-	-
Audiovizuální učebna	Horní	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72
	Dolní	0,65	0,39	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,65	0,39
Uč. hudební výchovy	Horní	1,45	1,31	1,20	1,08	1,20	1,08	1,20	1,08	1,20	1,08	1,20	1,08
	Dolní	0,80	0,72	0,80	0,72	0,80	0,72	0,80	0,72	0,80	0,72	0,65	0,59

Tab. /2/ Rozmezí T/T_0

Pro učebnu pracovních činností není normou stanoven číselný požadavek na dobu dozvuku, normou je v tomto případě požadováno použití širokopásmového obkladu stropu.

Širokopásmový akustický obklad je normou definován jako obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,80$. Podle ČSN EN ISO 11654, příloha B, spadá širokopásmový akustický obklad do tříd A a B zvukové pohltivosti.

5. VÝCHOZÍ STAV

Pro objektivní hodnocení prostorové akustiky učeben a tělocvičny bylo provedeno měření doby dozvuku in-situ a na jeho základě vytvořen výpočtový model prostoru.

5.1 Výpočtový model

Výpočet doby dozvuku byl proveden dle ČSN EN 12354-6 a dle Eyringova vztahu:

$$T = 0,16 * [V / (-S * \ln(1-\alpha) + 4mV)]$$

kde: V ... objem [m³]
S ... plocha povrchů [m²]
 α ... činitel zvukové pohltivosti [-]
m ... činitel útlumu ve vzduchu [np/m]

Výpočet doby dozvuku podle uvedené metodiky zohledňuje pouze velikost ploch materiálů a jejich teoretické vlastnosti. Do výpočtu nelze přesně zahrnout tvar prostoru ani řešení všech detailů.

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující:

Kmitočet f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Činitel útlumu ve vzduchu [np/m]	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0019	0,0058

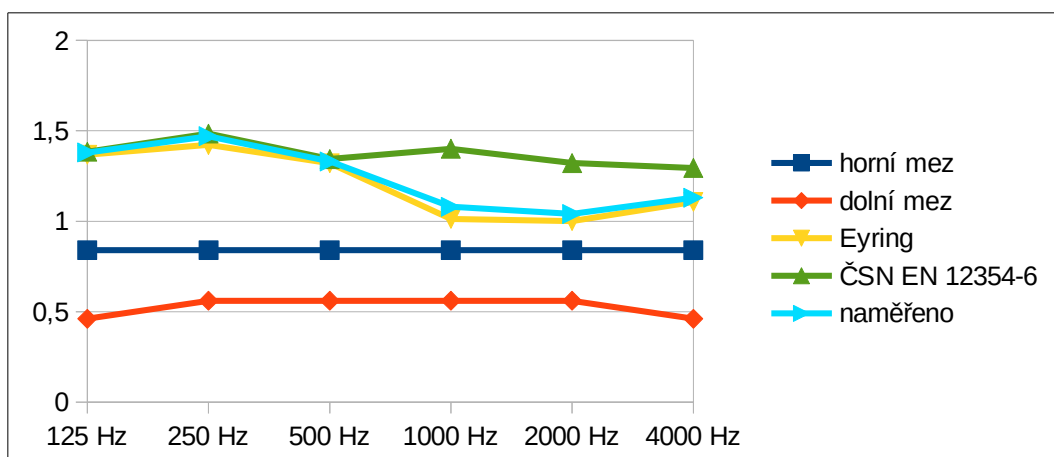
Tab. /3/ Činitel útlumu ve vzduchu

5.2 Posouzení výchozího stavu

V následujících tabulkách je posouzena doba dozvuku dle ČSN 73 0527 pro výchozí stav řešených prostor bez realizace akustických opatření, grafické porovnání uvedených hodnot je zobrazeno na obrázcích 1 - 3. Výpočty byly kalibrovány na základě měření doby dozvuku in-situ [7].

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktavového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktavových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	1,38	1,48	1,34	1,40	1,32	1,29
	Eyring	1,37	1,42	1,32	1,01	1,00	1,11
	Měření in-situ	1,38	1,47	1,33	1,08	1,04	1,13
Požadované rozmezí doby dozvuku ve sportovní hale T _N [s]	Horní mez	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46

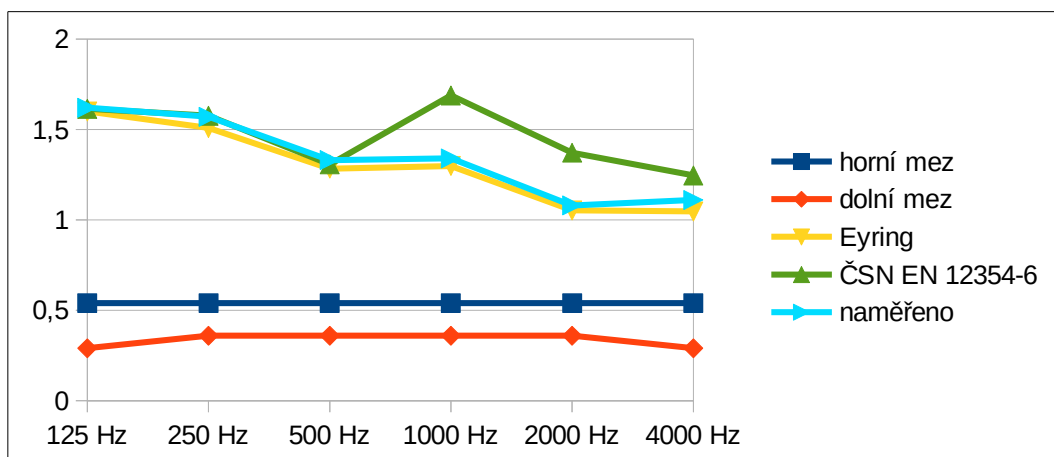
Tab. /4/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – běžná učebna



Obr. 1/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – běžná učebna

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	1,61	1,58	1,31	1,69	1,37	1,25
	Eyring	1,60	1,51	1,28	1,30	1,05	1,05
	Měření in-situ	1,62	1,57	1,33	1,34	1,08	1,11
Požadované rozmezí doby dozvuku ve sportovní hale T _N [s]	Horní mez	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Dolní mez	0,29	0,36	0,36	0,36	0,36	0,29

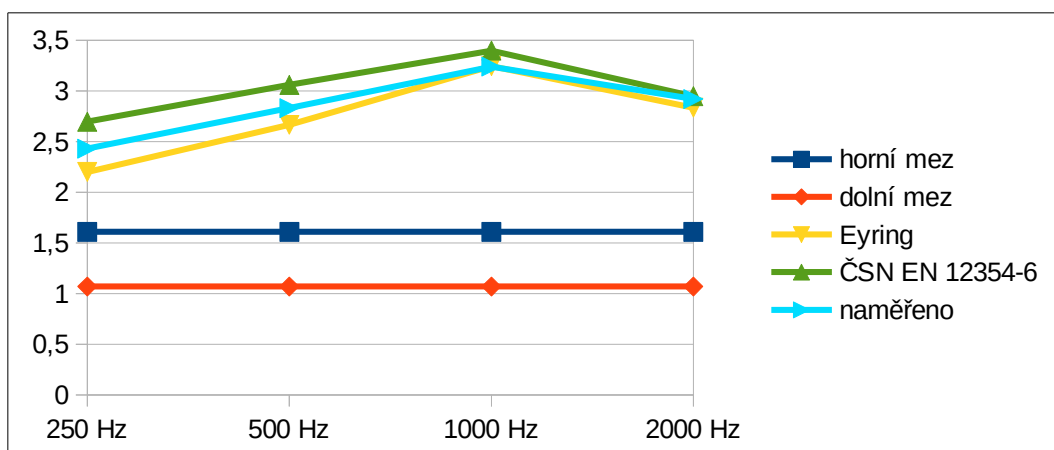
Tab. 5/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – jazyková učebna



Obr. 2/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – jazyková učebna

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	-	2,70	3,06	3,40	2,95	-
	Eyring	-	2,20	2,67	3,25	2,83	-
	Měření in-situ	-	2,43	2,83	3,24	2,92	-
Požadované rozmezí doby dozvuku ve sportovní hale T _N [s]	Horní mez	-	1,61	1,61	1,61	1,61	-
	Dolní mez	-	1,07	1,07	1,07	1,07	-

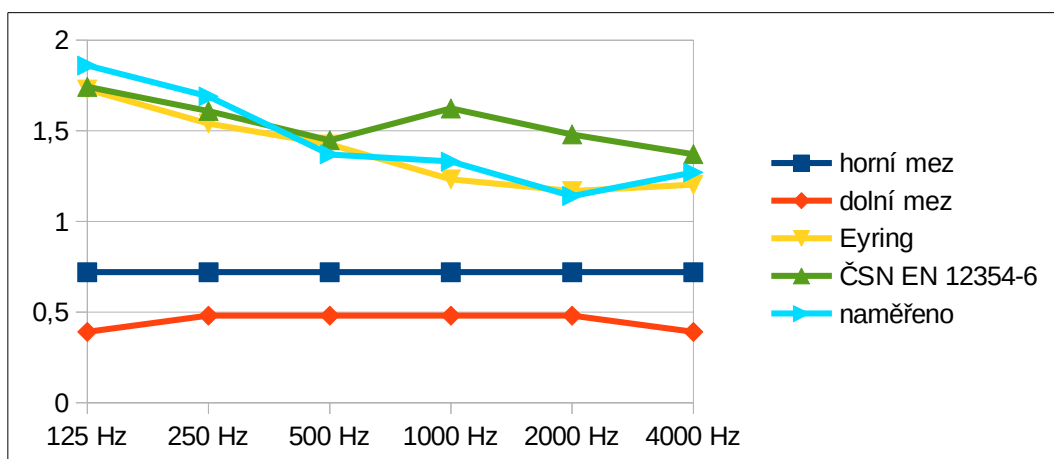
Tab. 6/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – tělocvična



Obr. /3/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – tělocvična

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	1,74	1,61	1,45	1,62	1,48	1,37
	Eyring	1,73	1,54	1,42	1,23	1,17	1,20
	Měření in-situ	1,86	1,69	1,37	1,33	1,14	1,27
Požadované rozmezí doby dozvuku ve sportovní hale T_N [s]	Horní mez	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	Dolní mez	0,39	0,48	0,48	0,48	0,48	0,39

Tab. /7/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – učebna PC



Obr. /4/ Posouzení doby dozvuku – výchozí stav – učebna PC

Z tabulek a grafů je zřejmé, že posuzované prostory bez akustických úprav nesplňují požadavky na optimální dobu dozvuku v žádném z hodnocených oktávových pásem. Bude proto proveden návrh opatření ke zlepšení tohoto stavu. V učebně hudební výchovy nebylo měření doby dozvuku provedeno.

6. NÁVRH OPATŘENÍ

6.1 Obecně

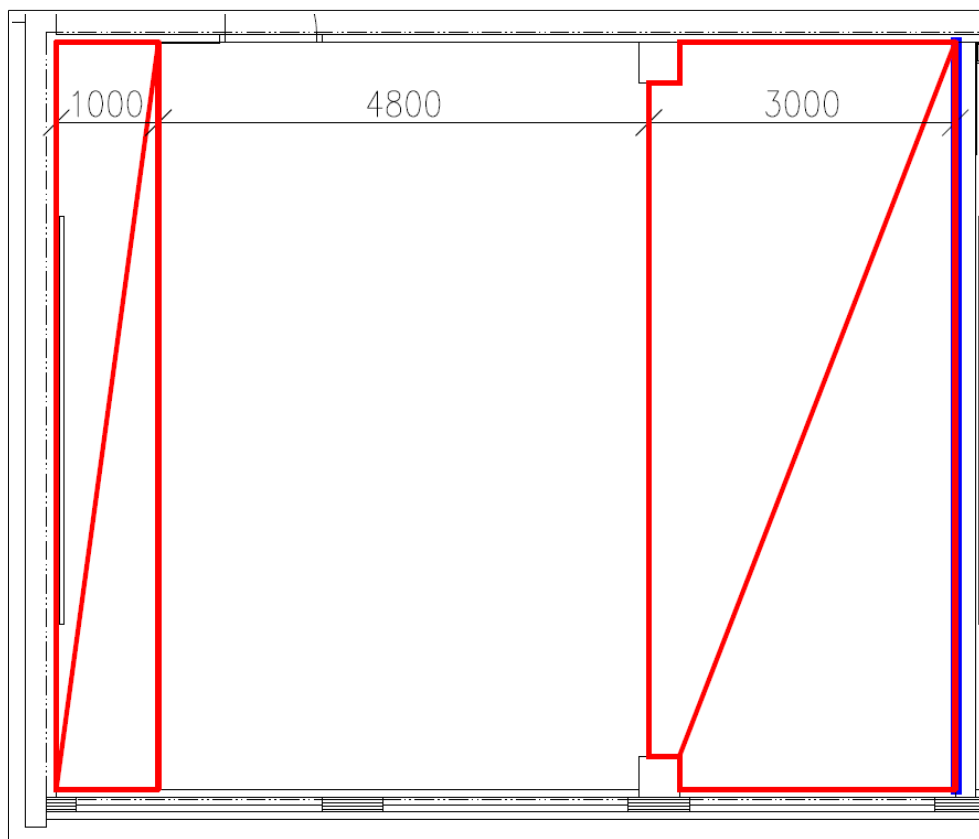
Pro prostory bude proveden návrh opatření ke zlepšení doby dozvuku. Snížení doby dozvuku lze obecně dosáhnout zvětšením celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet doby dozvuku podle uvedené metodiky zohledňuje pouze velikost ploch materiálů a jejich teoretické vlastnosti. Do výpočtu nelze přesně zahrnout tvar prostoru ani řešení všech detailů. Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se tedy mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

6.2 Návrh řešení

Pro návrh opatření bylo vybráno 5 typových místností. Výčet všech místností s přiřazením varianty řešení je uveden na konci této kapitoly.

Běžná učebna (varianta 1)

Na část stropu je navržen akusticky pohltivý podhled Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, celková plocha podhledu je cca 22 m². Zbytek stropu tvoří plný sádkartonový podhled. Na část stěny jsou od výšky 2 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 75 mm, celková plocha obkladů je cca 9 m². Rozmístění obkladů je schematicky zobrazeno na obrázku 5. Uvažované činitele navržených obkladů jsou uvedeny v tabulce 8.



Obr. /5/ Návrh obkladů – modře jsou vyznačeny obklady stěn, červeně obklady stropu

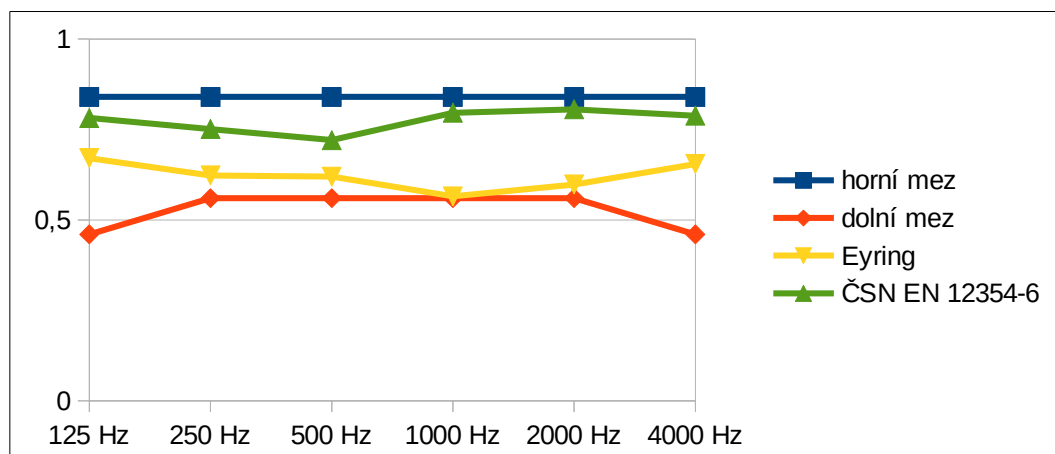
Výrobek	Tloušťka obkladu [mm]	Vzduchová mezera [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	50	50	0,50	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	100	75	0,60	0,65	0,55	0,40	0,30	0,25

Tab. /8/ Činitelé pohltivosti navržených výrobků

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku.

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	0,78	0,75	0,72	0,80	0,81	0,79
	Eyring	0,67	0,62	0,62	0,56	0,60	0,65
Požadované rozmezí doby dozvuku T _N [s]	Horní mez	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46

Tab. /9/ Posouzení doby dozvuku

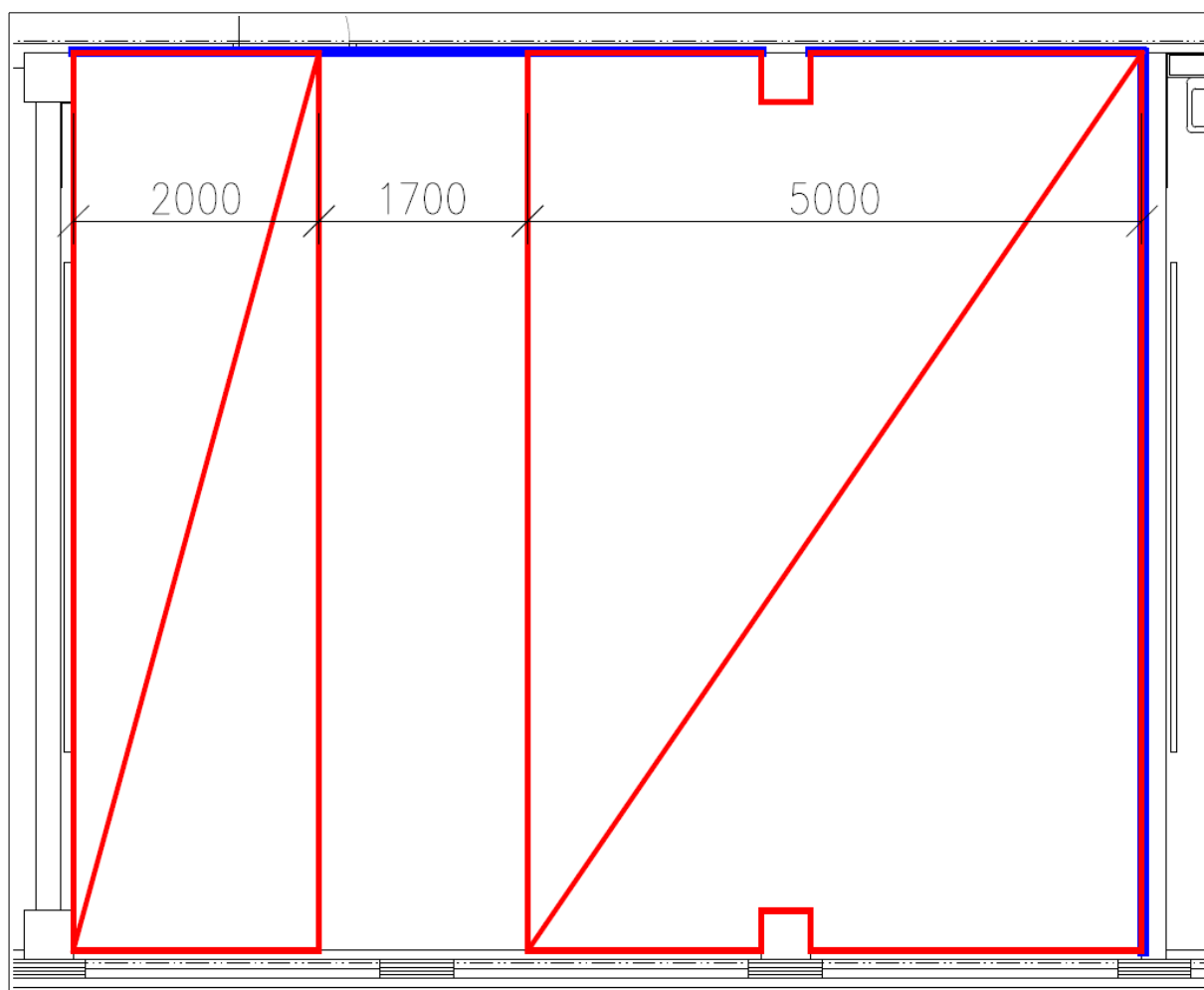


Obr. /6/ Posouzení doby dozvuku

Z tabulky a grafu je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí.

Jazyková učebna (varianta 2)

Na část stropu jsou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, celková plocha obkladů je cca 52 m². Zbytek stropu tvoří plný sádkartonový podhled. Na část stěn jsou od výšky 1 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 46 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, celková plocha obkladů je cca 34 m². Rozmístění obkladů je schematicky zobrazeno na obrázku 7. Uvažované činitele navržených obkladů jsou uvedeny v tabulce 10.



Obr. /7/ Návrh obkladů – modře jsou vyznačeny obklady stěn, červeně obklady stropu

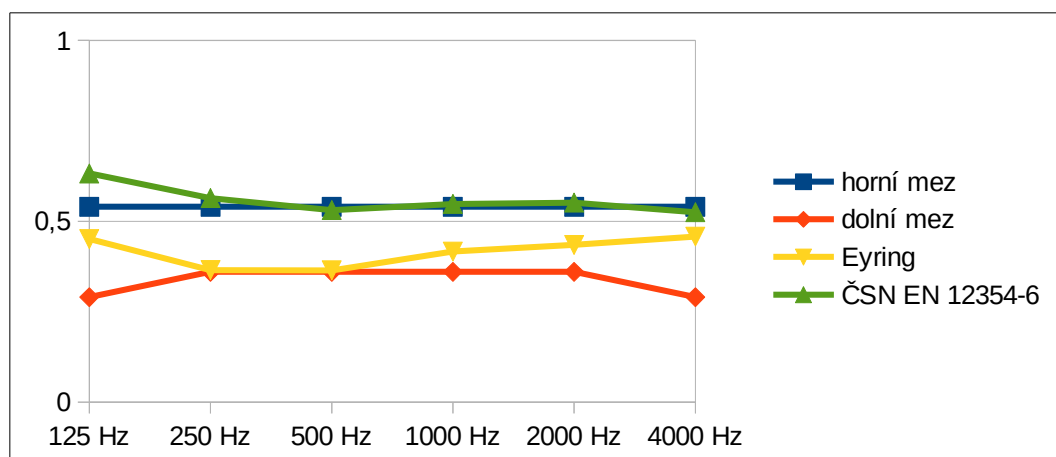
Výrobek	Tloušťka obkladu [mm]	Vzduchová mezera [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Gyptone BIG Quattro 46	12,5	50	50	0,50	0,70	0,65	0,55	0,45	0,40
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	50	50	0,50	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30

Tab. /10/ Činitelé pohltivosti navržených výrobků

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku.

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	0,63	0,56	0,53	0,55	0,55	0,52
	Eyring	0,45	0,36	0,36	0,42	0,43	0,46
Požadované rozmezí doby dozvuku T _N [s]	Horní mez	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Dolní mez	0,29	0,36	0,36	0,36	0,36	0,29

Tab. /11/ Posouzení doby dozvuku

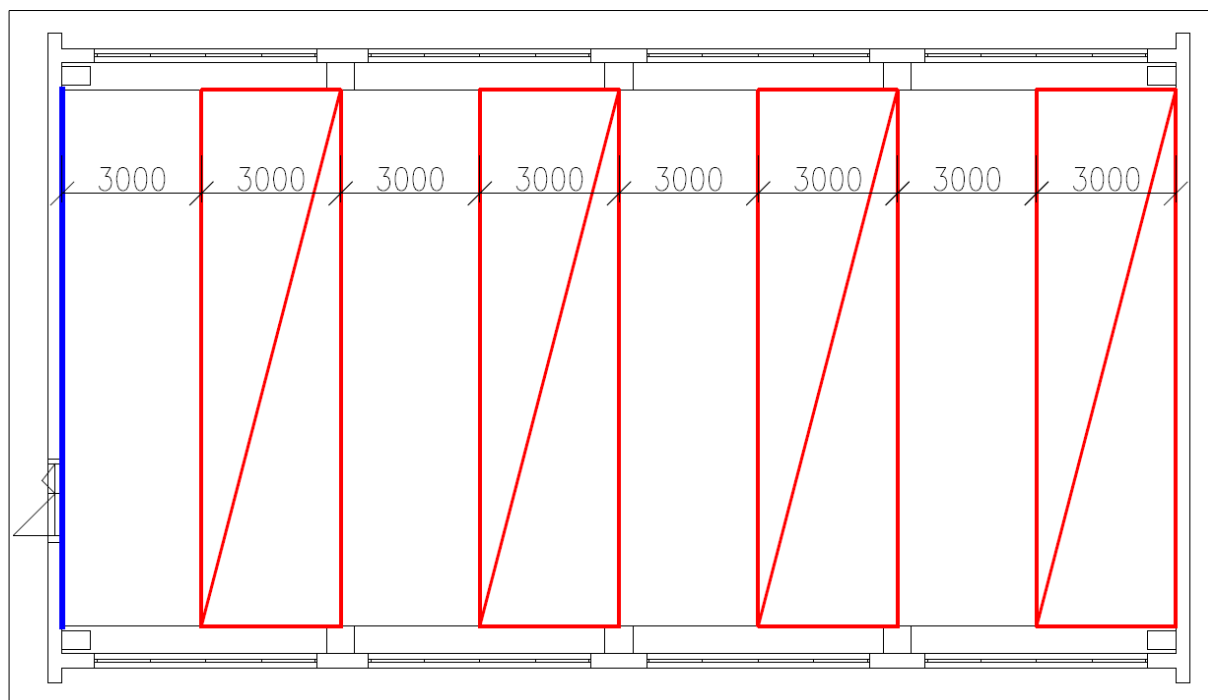


Obr. 18/ Posouzení doby dozvuku

Z tabulky a grafu je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí nebo mírně nad jeho horní hranicí. Výpočtová metoda dle ČSN EN 12354-6 poskytuje pro nízké kmitočty hodnoty často nadhodnocené oproti výsledkům měření. V tomto případě lze považovat za přesnější hodnoty vypočtené metodou dle Eyringa, tato metoda poskytla přesnější hodnoty i při kalibraci výpočtového modelu. Uvedený stav lze tedy považovat za vyhovující.

Tělocvična (varianta 3)

Na část stropu jsou navrženy akusticky pohltivé obklady Heradesign Superfine se vzduchovou mezerou tl. 200 mm bez vložené izolace, celková plocha obkladu je cca 152 m². Na část stěny jsou od výšky 3 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Heradesign Superfine se vzduchovou mezerou tl. 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, celková plocha obkladu je cca 152 m². Do výšky 3 m nad podlahou je stávající dřevěný obklad. Rozmístění obkladů je schematicky zobrazeno na obrázku 9. Uvažované činitele navržených obkladů jsou uvedeny v tabulce 12.



Obr. 19/ Návrh obkladů – modře jsou vyznačeny obklady stěn, červeně obklady stropu

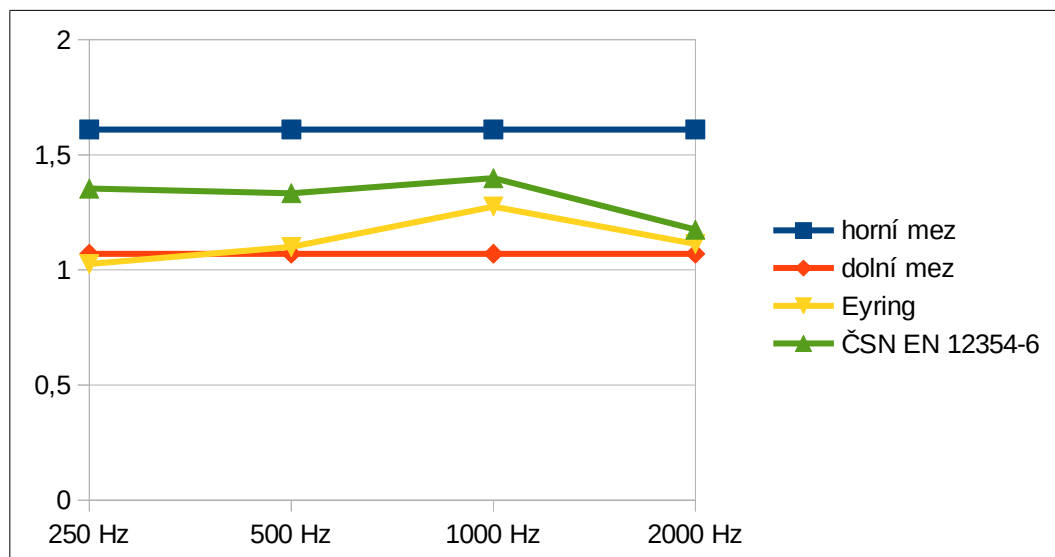
Výrobek	Tloušťka obkladu [mm]	Vzduchová mezera [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Heradesign Superfine	25	200	-	-	0,65	0,70	0,65	0,75	-
Heradesign Superfine	35	200	50	-	1,00	1,00	0,95	1,00	-

Tab. /12/ Činitele pohltivosti navržených výrobků

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku.

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	-	1,35	1,33	1,40	1,18	-
	Eyring	-	1,03	1,10	1,28	1,11	-
Požadované rozmezí doby dozvuku T _N [s]	Horní mez	-	1,61	1,61	1,61	1,61	-
	Dolní mez	-	1,07	1,07	1,07	1,07	-

Tab. /13/ Posouzení doby dozvuku

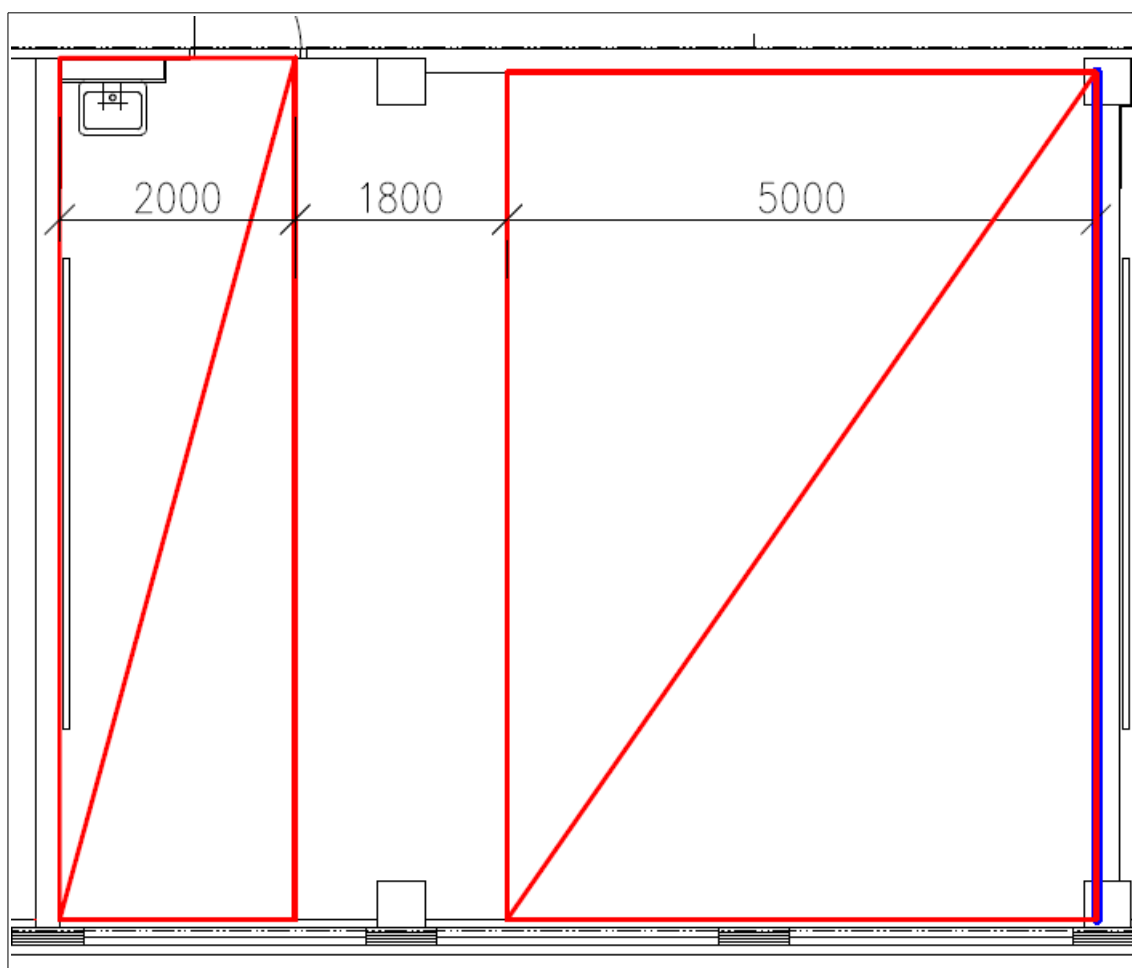


Obr. /10/ Posouzení doby dozvuku

Z tabulky a grafu je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí nebo mírně pod jeho spodní hranicí. Mírné přetlumení lze vzhledem k účelu prostoru považovat za vyhovující.

Interaktivní učebna (varianta 4)

Na část stropu je navržen akusticky pohltivý podhled Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, celková plocha podhledu je cca 52 m². Zbytek stropu tvoří plný sádkokartonový podhled. Na část stěny jsou od výšky 1,5 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 75 mm, celková plocha obkladů je cca 13 m². Rozmístění obkladů je schematicky zobrazeno na obrázku 11. Uvažované činitele navržených obkladů jsou uvedeny v tabulce 14.



Obr. /11/ Návrh obkladů – modře jsou vyznačeny obklady stěn, červeně obklady stropu

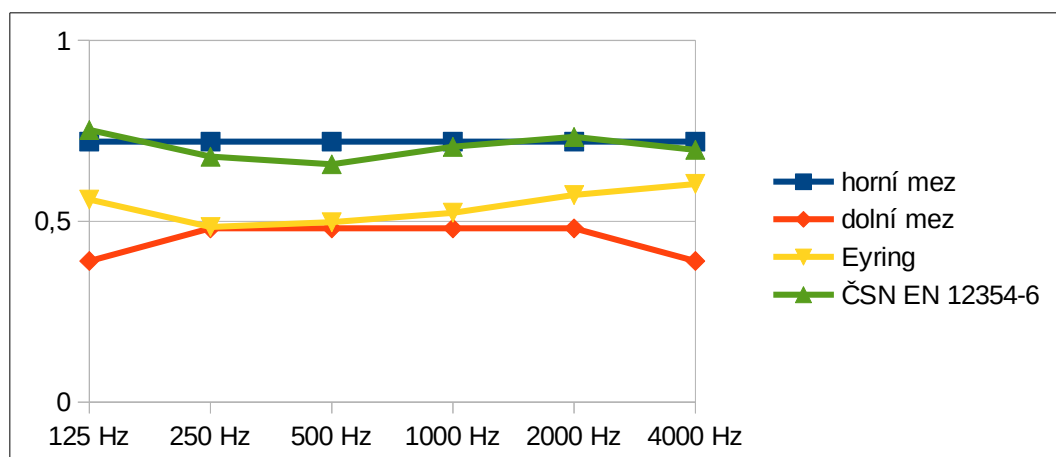
Výrobek	Tloušťka obkladu [mm]	Vzduchová mezera [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	50	50	0,50	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	100	75	0,60	0,65	0,55	0,40	0,30	0,25

Tab. /14/ Činitelé pohltivosti navržených výrobků

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku.

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	0,75	0,68	0,66	0,71	0,73	0,70
	Eyring	0,56	0,48	0,50	0,52	0,57	0,60
Požadované rozmezí doby dozvuku T _N [s]	Horní mez	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	Dolní mez	0,39	0,48	0,48	0,48	0,48	0,39

Tab. /15/ Posouzení doby dozvuku

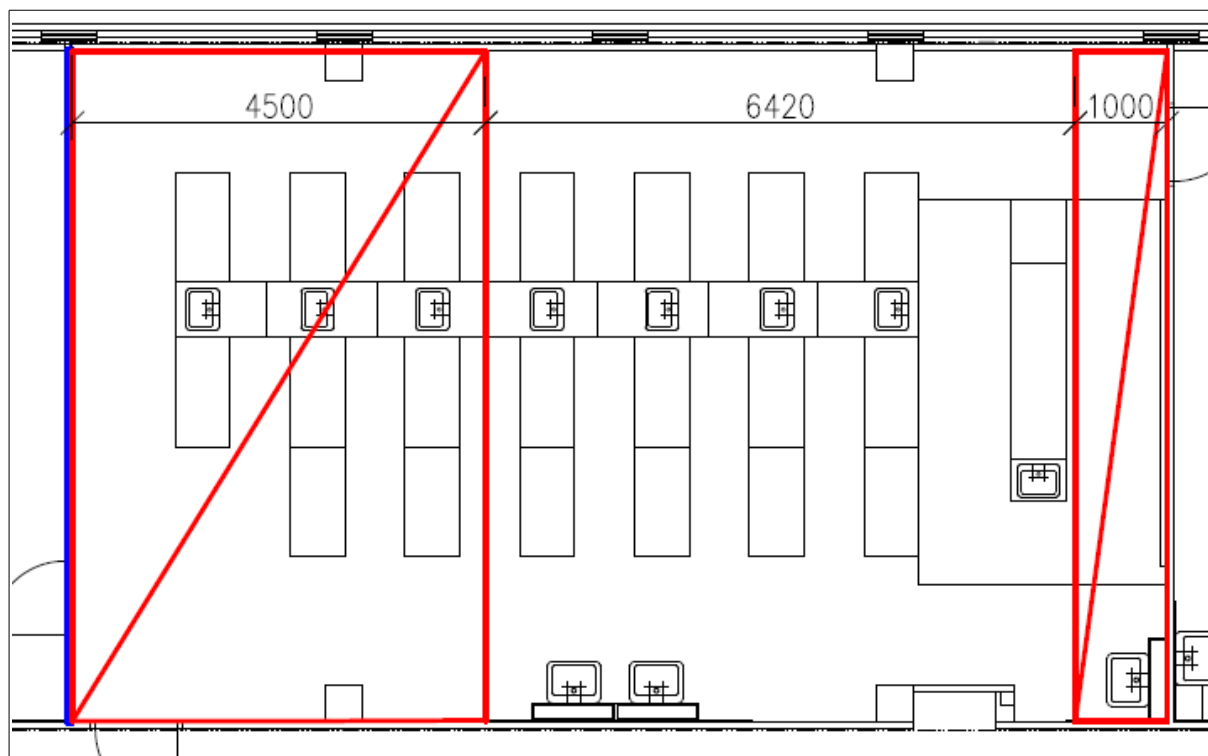


Obr. /12/ Posouzení doby dozvuku

Z tabulky a grafu je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí nebo mírně nad jeho horní hranicí. Výpočtová metoda dle ČSN EN 12354-6 poskytuje pro nízké kmitočty hodnoty často nadhodnocené oproti výsledkům měření. V tomto případě lze považovat za přesnější hodnoty vypočtené metodou dle Eyringa, tato metoda poskytla přesnější hodnoty i při kalibraci výpočtového modelu. Uvedený stav lze tedy považovat za vyhovující.

Hudebna (varianta 5)

Na část stropu je navržen akusticky pohltivý podhled Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, celková plocha podhledu je cca 40 m². Zbytek stropu tvoří plný sádkartonový podhled. Na část stěny jsou od výšky 1,5 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 75 mm, celková plocha obkladů je cca 12 m². Rozmístění obkladů je schematicky zobrazeno na obrázku 13. Uvažované činitele navržených obkladů jsou uvedeny v tabulce 16.



Obr. /13/ Návrh obkladů – modře jsou vyznačeny obklady stěn, červeně obklady stropu

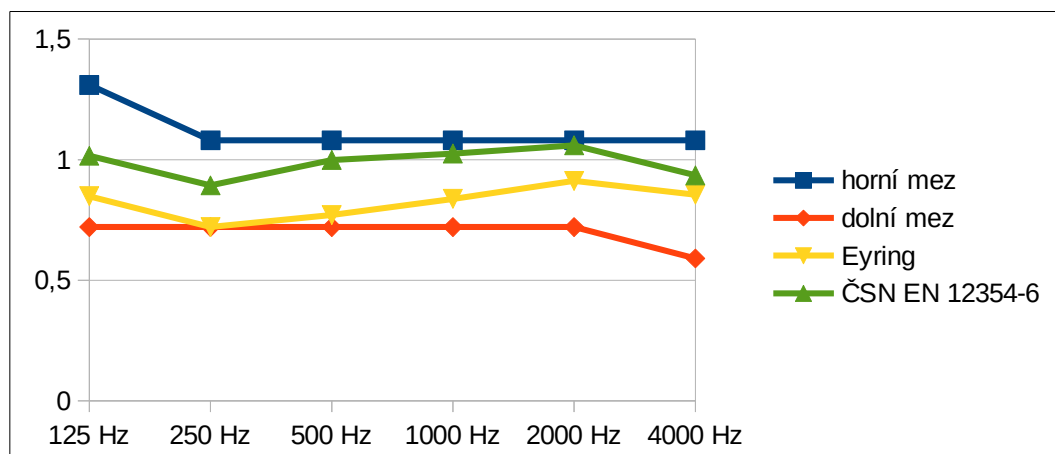
Výrobek	Tloušťka obkladu [mm]	Vzduchová mezera [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	50	50	0,50	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30
Gyptone BIG Quattro 47	12,5	100	75	0,60	0,65	0,55	0,40	0,30	0,25

Tab. /16/ Činitelé pohltivosti navržených výrobků

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku.

Parametr		Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
		125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech T [s]	ČSN EN 12354-6	1,02	0,89	1,00	1,03	1,06	0,93
	Eyring	0,85	0,72	0,77	0,84	0,91	0,85
Požadované rozmezí doby dozvuku T _N [s]	Horní mez	1,31	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
	Dolní mez	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,59

Tab. /17/ Posouzení doby dozvuku



Obr. /14/ Posouzení doby dozvuku

Z tabulky a grafu je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí.

Učebna pracovních činností (varianta 6)

Do učebny pracovních činností navrhujeme použít např. podhled Rigiton 8/18 Q s výškou svěšení 200 mm a vloženou minerální izolací tl. 50 mm (činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w = 0,80$), případně jiný obklad s $\alpha_w \geq 0,80$. Podhled je navržen na celou plochu stropní konstrukce.

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé místnosti s přiřazením varianty řešení.

Varianta	Místnosti	Světlá výška místnosti po realizaci obkladů [m]
1	104, 106	3,24
	201, 206, 210, 211	3,29
2	101, 103	3,24
3	T1	6,73
4	102	3,24
	202, 203	3,29
5	209	3,29
6	109, 117	3,09
	204	3,14

Tab. /18/ Výčet místností

7. ZÁVĚR

Předmětem akustické studie jsou učebny a tělocvična základní a mateřské školy Kosmonautů v Děčíně. Cílem studie bylo posouzení doby dozvuku v kmenové učebně, jazykové učebně a v tělocvičně a návrh opatření ke zlepšení prostorové akustiky v těchto prostorech a v učebně pracovních činností.

Studie je aktualizací akustické studie z března 2018 (č. zakázky 2018-004033-KřA). Ve studii je doplněno posouzení prostorové akustiky v počítačové učebně, interaktivní učebně a hudebně.

Do kmenové třídy jsou na část stropu navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, na část stěny jsou od výšky 2 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 75 mm. Vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí.

Do jazykové učebny jsou na část stropu navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, na část stěn jsou od výšky 1 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 46 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm. Vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí.

Do tělocvičny jsou na část stropu navrženy akusticky pohltivé obklady Heradesign Superfine se vzduchovou mezerou tl. 200 mm bez vložené izolace, na část stěny jsou od výšky 3 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Heradesign Superfine se vzduchovou mezerou tl. 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 50 mm. Vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí nebo mírně pod jeho spodní hranicí. Tento stav lze považovat za předběžně vyhovující.

Do učebny PC jsou na část stropu navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, na část stěny jsou od výšky 1,5 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 75 mm. Vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí.

Do hudebny jsou na část stropu navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 50 mm, na část stěny jsou od výšky 1,5 m nad podlahou navrženy akusticky pohltivé obklady Gyptone BIG Quattro 47 s vloženou minerální izolací tl. 75 mm. Vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí.

Do učebny pracovních činností navrhuje použít např. podhled Rigiton 8/18 Q s výškou svěšení 200 mm a vloženou minerální izolací tl. 50 mm (činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w = 0,80$).

Pro úpravu akustických vlastností prostorů je možné použít i jiné výrobky se srovnatelnými parametry pohltivosti. Vhodnost použití obkladů do prostorů s vyšším mechanickým namáháním je nutné před konečným výběrem konzultovat s dodavatelem systému. Při realizaci obkladů je nutné postupovat dle technologických předpisů výrobce. Navržené obklady je nutné posoudit z hlediska požární bezpečnosti, tepelněvlhkostního chování konstrukcí a případně dalších hledisek.

Návrh vychází z teoretických výpočtů a hodnot měřených v laboratorním prostředí, které nahrazují reálný stav pouze s omezenou přesností. Skutečný stav akustiky prostoru se proto od výpočtového modelu může mírně lišit. Pro doladění akustiky místnosti doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou ve výši cca 15%.

V Praze dne 3.7.2018

za DEKPROJEKT s.r.o.

Bc. Adéla Křížková

Tel.: +420 234 054 284

e-mail: adela.krizkova@dek-cz.com