

## Studie prostorové akustiky

---

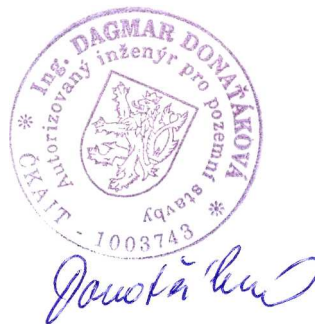
*Akce:* PrF - **Rekonstrukce učebny 25, Veverí 70**

*Investor:* **Masarykova univerzita, Žerotínovo náměstí 617/9, 601 77 Brno**

*Objednatel:* **Projekční architektonická kancelář spol. s r.o.  
Ing. Arch. V. Steinhauserová  
Gorkého 13, 602 00 Brno**

*Zpracovatel:* Ing. Dagmar Donatřáková

Lelekovice, červen 2021



Na základě požadavku objednatele bylo v květnu 2021 uskutečněno *kontrolní měření* doby dozvuku v prostorách učebny 25 Právnické fakulty MU Brno.

Účelem měření bylo získání podkladů pro návrh vhodného typu akusticky pohltivých prvků a materiálů, které budou nově instalovány v učebně ozn. 1032 (025) v 1NP.

Účelem návrhu je optimalizace akustických vlastností učebny pro způsob využití – výuka – mluvené slovo.

Studie obsahuje:

|   |    |
|---|----|
| 1. Identifikační údaje                          | 3  |
| 2. Seznam použitých předpisů                    | 3  |
| 3. Základní údaje místnosti                     | 3  |
| 4. Měření doby dozvuku                          | 5  |
| 4.1 Legislativní požadavky                      | 5  |
| 4.2 Výsledky měření                             | 5  |
| 5. Návrh akustického opatření                   | 6  |
| 5.1 Technicko-fyzikální popis navrženého řešení | 6  |
| 5.2 Ověření akustického návrhu                  | 7  |
| 6. Závěr  | 12 |

## 1. Identifikační údaje

Akce: PrF - Rekonstrukce učebny 25, Veveří 70

Místo: Veveří 158/70, Brno

Parc. č.: 1102/1

Katastrální území: Veveří

## 2. Seznam použitých předpisů a podkladů

- Vyhláška č. 465/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb., §4b.
- ČSN 73 0525 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.
- ČSN EN 12354-6 Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech. (73 0512).

## 3. Základní údaje místnosti

Učebna se nachází ve stávající budově Právnické fakulty MU Brno, na Veveří ulici.

Stavební úpravy budou probíhat v 1.NP, v rozsahu rekonstrukce stávající učebny, která bude po realizaci stavebních úprav dále sloužit jako učebna.

Nejmarkantnější změnou z hlediska stavebního řešení bude provedení nových podlah s nášlapnou vrstvou typu linoleum a instalace akustického podhledu do úrovně nadpraží oken se zapuštěným liniovým osvětlením.

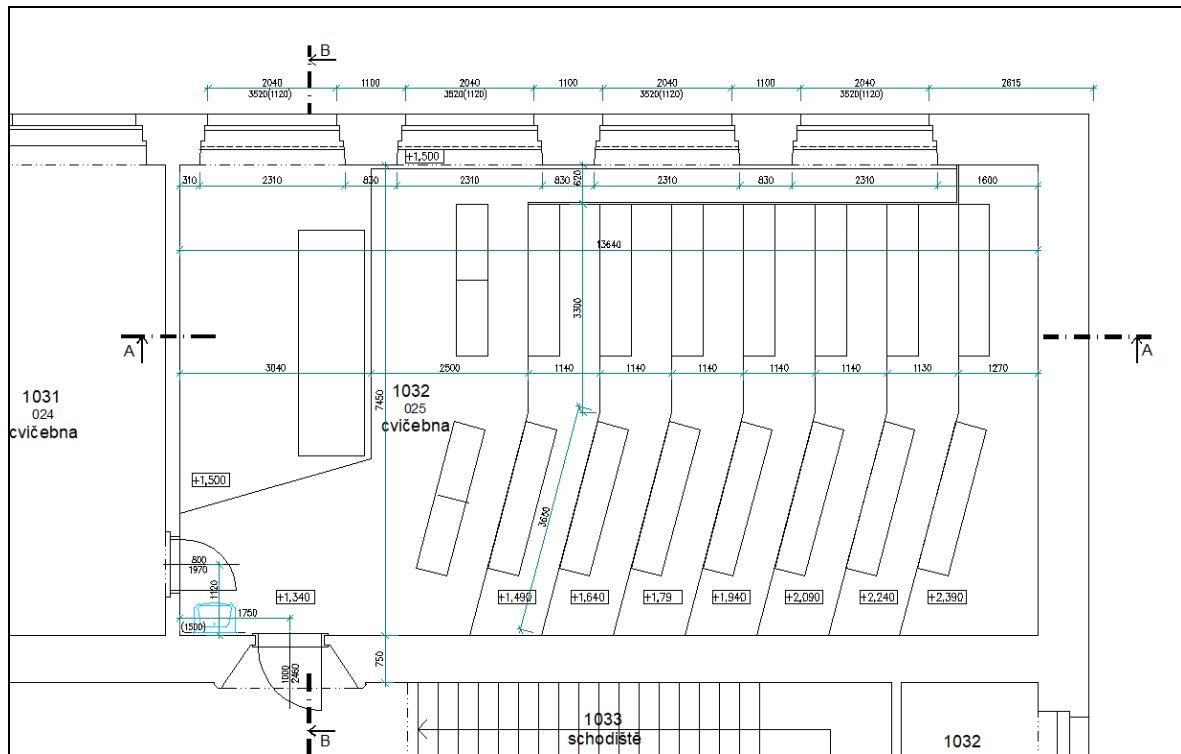
U zadní stěny bude provedena předstěna v kombinaci akusticky pohltivých děrovaných desek SDK a plné lamino desky.

Pro akusticky pohltivý podhled budou použity desky SDK s rozptýleným děrováním, doplněné o absorbční tkaninu bílé barvy s vloženou minerální rohoží tl. 50mm v provedení Isover Akustic SSP 2 nebo Multiplat 35.

Na zadní stěnu učebny dle návrhu akustických-pohltivých úprav bude osazena kombinovanou předstěnou z plných lamino desek a akusticky pohltivých děrovaných desek SDK doplněných absorbční tkaninou bílé barvy a minerální deskou tl. 50 mm v provedení Isover Akustic SSP 2 nebo Multiplat 35 – viz. návrh této studie.

Tab. 1 Identifikační údaje místnosti – stávající stav

| Údaj - materiál                       | Místnost - 1032 (025) – 1NP |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Plocha podlahy - S (m <sup>2</sup> )  | 101,62                      |
| Plocha stropu                         |                             |
| Objem místnosti – V (m <sup>3</sup> ) | 478,56                      |
| Světlná výška – h (m)                 | 4,88 až 3,83                |
| Podlaha - povrch                      | linoleum                    |
| Zdivo, strop                          | omítka                      |



Obr. 1 Posluchárna 1032 (025) – INP – stávající stav

#### 4. Měření doby dozvuku

##### 4.1 Legislativní požadavky

Dle vyhl. č. 465/2016 Sb. (410/2005 Sb.), §4b – v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání musí být dodrženy normové hodnoty příslušné české technické normy upravující optimální dobu dozvuku.

Dle ČSN 73 0527 má být dosaženo doporučené optimální, doby dozvuku  $T_o$  (s) pro oktávová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4 000 HZ.

Účelem vhodné akustické úpravy učebny je dosažení doby dozvuku  $T$  (s) takové, aby závislost hodnot  $T/T_o$  (-) na středních kmitočtových pásmech vyhovovala přípustnému rozmezí těchto hodnot.

Stanovení optimální doby dozvuku pro **učebny na individuální hudební nástroje** dle vztahu

$$T_o = (0,3424 \cdot \log V) - 0,185 \quad (s)$$

| Místnost   | Objem $V$ (m <sup>3</sup> ) | Optimální doba dozvuku $T_o$ (s) |
|------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1032 (025) | 478,56 – stávající stav     | 0,733                            |
|            | 458,21 – nový stav          | 0,726                            |

##### 4.2 Výsledky měření

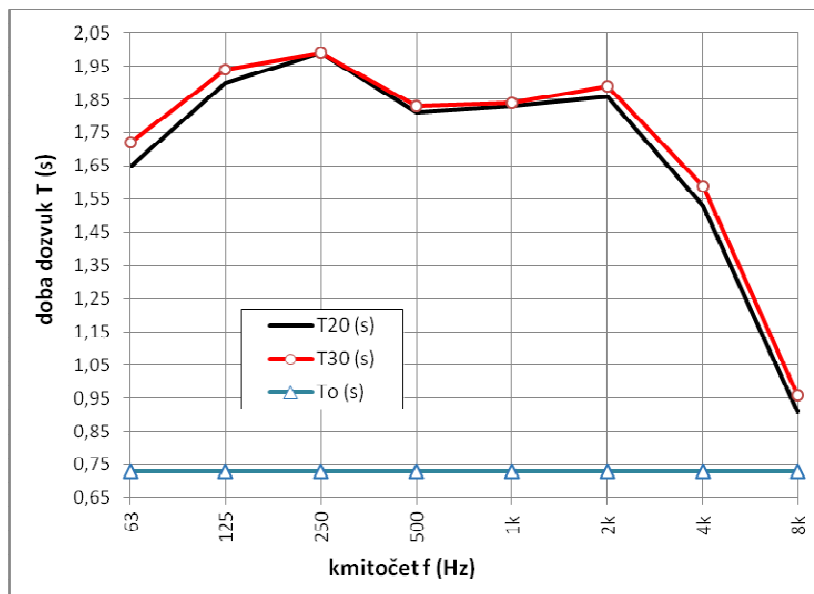
Průměrná hodnota doby dozvuku v 1/1 oktávových pásmech v místnosti stanovená v souladu s ČSN EN ISO 3382-2 pro každé kmitočtové pásmo je uvedena v tabulce 1.

##### 4.2.1 Posluchárna 1035 (030) – INP – neobsazená místnost

Tab. 2 Průměrná měřená doba dozvuku  $T$   
v 1/1 oktávových pásmech

| f (Hz) | Průměrná $T_{30}$ (s) | Průměrná $T_{20}$ (s) |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| 63     | 1,72                  | 1,65                  |
| 125    | 1,94                  | 1,90                  |
| 250    | 1,99                  | 1,99                  |
| 500    | 1,83                  | 1,81                  |
| 1000   | 1,84                  | 1,83                  |
| 2000   | 1,89                  | 1,86                  |
| 4000   | 1,59                  | 1,53                  |
| 8000   | 0,96                  | 0,91                  |

Graf 1 Kmitočtová charakteristika



## 5. Návrh akustického opatření

Pozn.: Plošné výměry materiálů uvedené v tabulce dále u zvoleného materiálu jsou minimálními hodnotami pro stanovení doby dozvuku. Nezahrnují nutné procentní navýšení z důvodu prořezu a rozměrové nepřesnosti konstrukcí při provádění stavby.

Pro volbu konkrétního materiálu je nutné použít hodnoty deklarovaného součinitele zvukové pohltivosti  $\alpha$  (-), zadanou tloušťku a děrování materiálu, odsazení od stávající konstrukce, případně další uvedené fyzikálně technické parametry. Odchytky od těchto hodnot jsou přípustné pouze v případě nového výpočtového ověření.

### 5.1 Technicko - fyzikální popis navrženého řešení

Základním předpokladem pro dosažení přiměřené doby dozvuku blízké doporučené optimální hodnotě, v daném případě pro učebnu s mluveným projevem, je vhodná aplikace zvuk pohlcujících prvků s efektem rezonátoru – děrovaná deska a jejich umístění v podhledu a na stěny s významnou výpočtem ověřenou vzduchovou mezerou.

U stropu je standardním způsobem úpravy instalace sníženého podhledu, zavěšeného pod stavebním stropem s významnou vzduchovou mezerou, která je minimálně 200 mm a více. Podhled musí být tvořen deskami s deklarovaným činitelem akustické pohltivosti. Pro tento účel byly po dohodě s projektantem zvoleny děrované desky SDK s rozptýleným děrováním 8/15/20, např. typ Rigitone R 8/15/20.

Do prostoru vzduchové mezery u podhledu bude vložen porézní pohlcovač zvuku z minerálních vláken v tloušťce 50 mm, s objemovou hmotností dle specifikace dodavatele, který bude garantovat akustické parametry podhledu či obkladu (Knauf, Rigips).

Akusticky pohltivá úprava stropu formou zavěšeného podhledu z děrovaných desek SDK (viz. výše) je doplněna akusticky pohltivou předstěnou v části zadní stěny učebny při aplikaci stejných děrovaných desek DSK, které jsou navrženy pro podhled.

Pro určení skutečné upravené plochy byly hodnoty ekvivalentní pohltivé plochy zkorigovány ekvivalentní pohltivou plochou standardního počtu studentů + vyučující, pro danou učebnu 67 osob. Konkrétní hodnota je závislá na hustotě obsazení a typu oděvu. Zařízení posuzovaných prostor výuky je v provedení klasických výukových stolů a sedadel v provedení MDF bez pohltivých částí. Výpočtové parametry byly použity z ČSN EN 12354-6/2004 (ČSN 73 0512).

Nejrozsáhlejší plochu dostupnou pro akustickou úpravu tvoří strop resp. podhled.

Akustickému ošetření prostoru na nízkých kmitočtech je všeobecně vhodné věnovat větší pozornost. Většina běžně používaných obkladových porézních materiálů jakož i další interiérové prvky stejného typu totiž pohlcují zvuk převážně na středních a vyšších kmitočtech. Norma sice toleruje nárůst doby dozvuku na nejnižších kmitočtech (125 a 250 Hz), zatlumení nízkých kmitočtů se však nesmí zanedbávat. Jedním z možných opatření je použití prvků, které mají charakter rezonátoru typu kmitající deska nebo vhodnějších dutinový rezonátor naladěných na požadovaný rezonanční kmitočet.

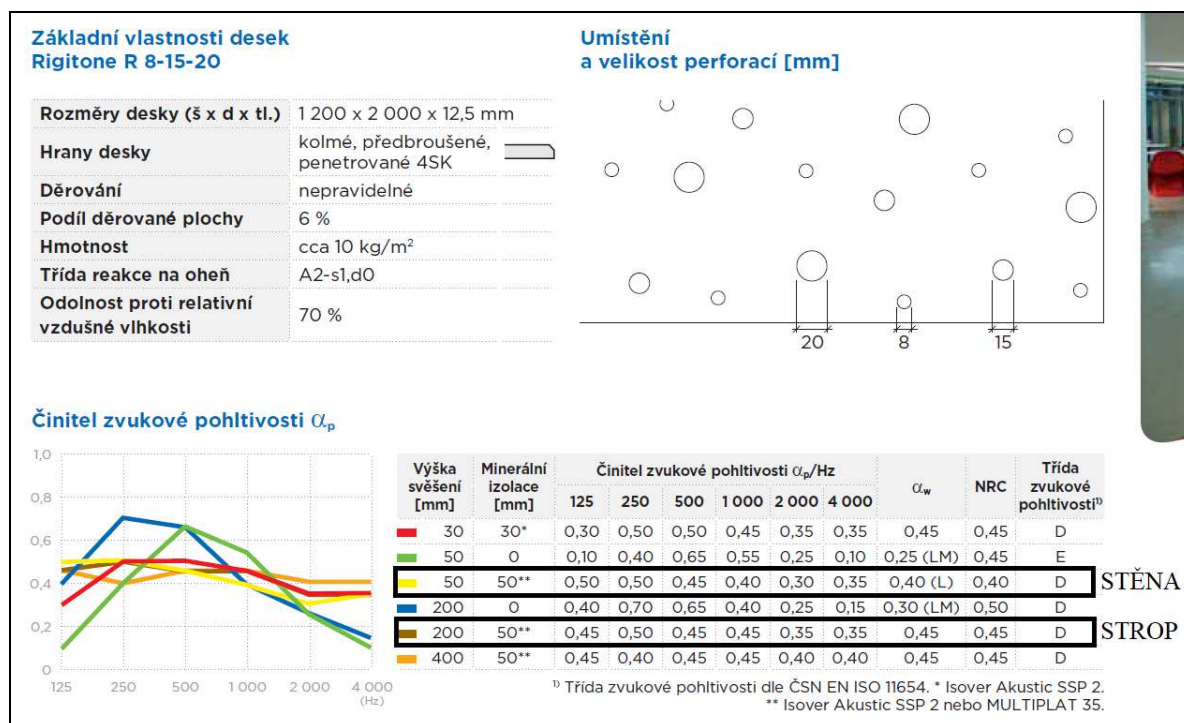
V případě zajištění optimálního stavu akustiky prostoru je vhodné navrhnout konkrétní provedení rezonátoru „na míru“ dané aplikace – konstrukční řešení je však vždy nutné na základě dílčího měření doby dozvuku po provedení částečné úpravy interiéru ostatními porézními pohltivými materiály na stropě, případně zadní stěně učebny.

## 5.2 Charakteristika vhodných materiálů

Pro akusticky pohltivou úpravu řešeného prostoru učebny byly vybrány projektantem a provozovatelem posluhářů níže uvedené prvky děrovaných desek vhodné pro úpravu podhledu a stěny mající optimální akustické vlastnosti ve vztahu k akustické pohodě v daném typu místnosti a jejího využití.

Tab. 3 Popis navržených materiálů

| Ozn.                                 | Typ prvku   | Součinitel pohltivosti $\alpha$ (-) pro kmitočet $f$ (Hz) |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
|                                      |   | 125   | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| STROP – podhled                      |   |   |      |      |      |      |      |
| 2                                    | <b>SDK - děrování R 8/15/20</b> – kruhové rozptýlené děrování – tl. desky 12,5 mm + izolace min. 50 mm, bílý vliet.<br><br>UMÍSTĚNÍ - zavěšení 200 mm   | 0,45  | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,35 | 0,35 |
| STĚNA v pásu šířky 1,5 m pod stropem |   |   |      |      |      |      |      |
| 1                                    | <b>SDK - děrování R 8/15/20</b> – kruhové rozptýlené děrování – tl. desky 12,5 mm + izolace min. 50 mm, bílý vliet.<br><br>UMÍSTĚNÍ – obklad v pásu šířky 1,5 m těsně pod stropním podhledem, odsazení od stěny 50 mm | 0,50  | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,30 | 0,35 |

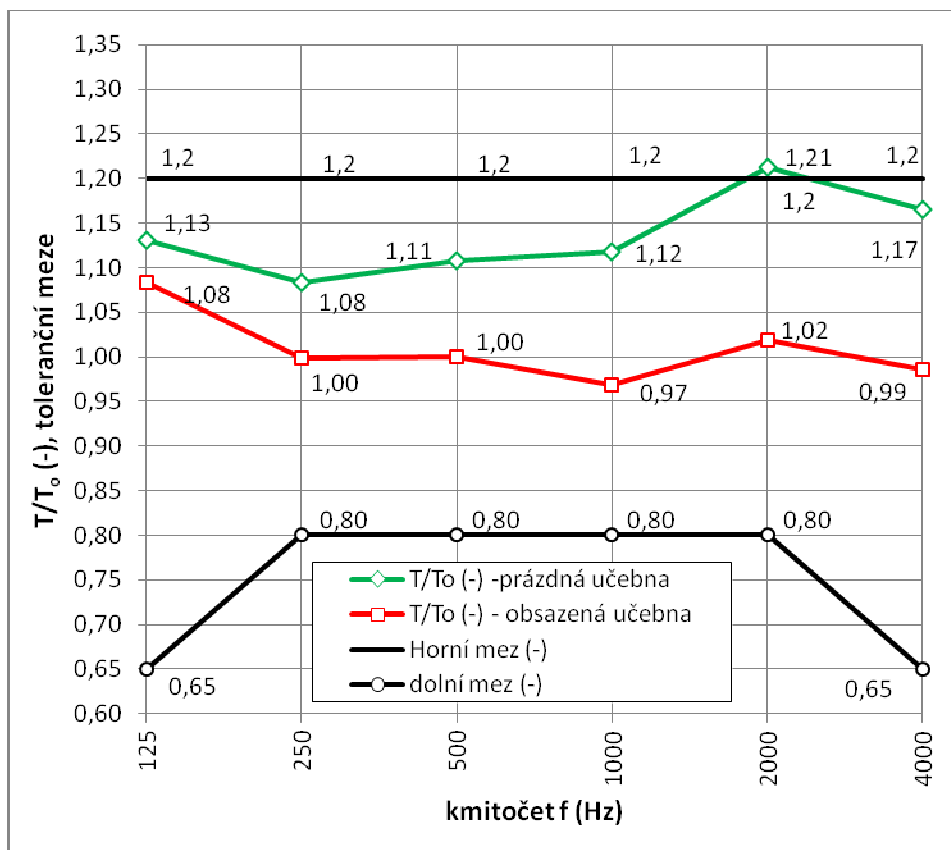


Při volbě optimálního materiálu bylo přihlédnuto k zajištění potřebné světlé výšky místnosti, ke zvuko-pohltivým vlastnostem (součinitel akustické pohltivosti  $\alpha$  (-)), ke způsobu instalace, k životnosti prvku v charakteristickém prostředí výukových místností, event. ke způsobu

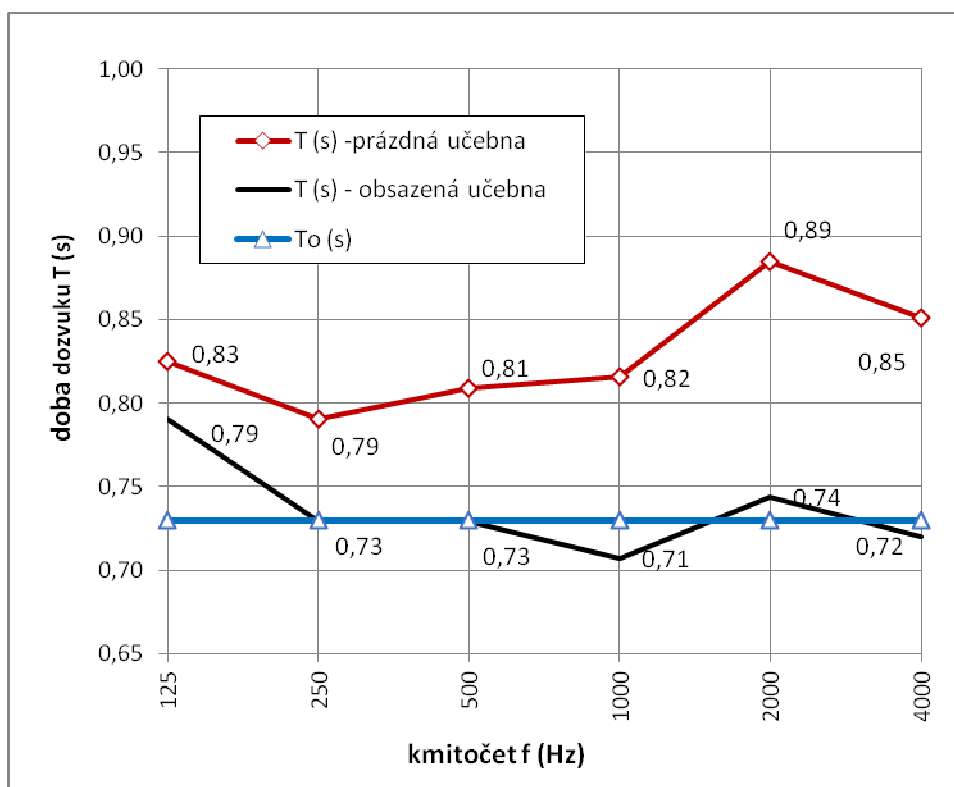








Graf 2 Poměr vypočítané doby dozvuku k optimální hodnotě v tolerančním pásmu



Graf 3 Doby dozvuku rekonstruované učebny prázdné, obsazené k optimální hodnotě

## 6. Závěr

Z výše uvedených výsledků návrhu akustických úprav učebny jsou zřejmé plochy, typy prvků a materiálů použitých pro dosažení optimálních akustických vlastností při plném obsazení místnosti posluchači. Přesný rozpis skladby a nutných upravených ploch určitým typem prvku je uveden v kap. 5.2, tab. 3 a 4.

Předpokládaná doba dozvuku po nově navržených úpravách bude v tolerančním doporučeném pásmu, tedy v souladu s požadavky legislativy při plném (také částečném) obsazení místností vycházející z běžné výuky.

Upozorňuji, že při montáži akustických podhledů a obkladů je nutné dodržet technologický a stavebně technický postup a použití navržených materiálů v souladu s touto studií a předpisem výrobce navržených akusticky pohltivých výrobků.

Současně je nutné dodržet minimálně stanovené plošné hodnoty akusticky pohltivého materiálu pro konkrétní místnost. Zvýšení upravené plochy je reálně možné.

*Pro volbu konkrétního prvku byly použity hodnoty součinitele zvukové pohltivosti  $\alpha$  (-), hloubka odsazení děrovaných desek a jejich tloušťka, případně další uvedené fyzikálně technické parametry, poskytnuté výrobcem. Odchyłky od těchto hodnot nejsou přípustné. Změna typu materiálu je možná pouze v případě nového výpočtového ověření.*

V Lelekovicích, 7. června 2021

Ing. Dagmar Donatřáková