

## Studie prostorové akustiky

---

*Akce:* **Rekonstrukce poslucháren Právnické fakulty, Veverí 70, Brno**

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

*Objednatel:* **Projekční architektonická kancelář spol. s r.o.  
Ing. Arch. V. Steinhäuserová  
Gorkého 61/11, 602 00 Brno**

*Zpracovatel:* Ing. Dagmar Donatřáková  
Mackovec 349/9, 664 31 Lelekovice  
☎ +420 541 147 415



*Dagmar Donatřáková*

Lelekovice, červenec 2018

Na základě požadavku objednatele bylo dne 23. března 2018 uskutečněno *kontrolní měření* doby dozvuku v prostorách dvou poslucháren Právnické fakulty MU Brno.

Účelem měření bylo získání podkladů pro návrh vhodného typu akusticky pohltivých prvků a materiálů, které budou nově instalovány v posluchárnách ozn. 1035 (030) a 1037 (034) v 1NP a 2042 (140) a 2037 (136) ve 2NP/3NP.

Účelem návrhu je optimalizace akustických vlastností obou místností pro způsob využití – posluchárna – 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	6
5. Návrh akustického opatření	7
5.1 Technicko-fyzikální popis navrženého řešení	7
5.2 Ověření akustického návrhu	7
6. Závěr	12

## **1. Identifikační údaje**

*Akce:* Rekonstrukce poslucháren Právnické fakulty, Veveří 70, Brno

*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**

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

Stavební úpravy budou probíhat v 1.PP, 1.NP, 2.NP, zvýšeném 2NP a na střeše. Převážně jde o rekonstrukci poslucháren, které budou dále sloužit jako posluchárny. V dispozici mezi posluchárnami je umístěna stávající kancelář a mezonetová místnost šaten. Po dokončení stavebních úprav bude kancelář sloužit jako šatna. V mezonetové místnosti bude mezonet zrušen a místnost bude sloužit jako kancelář zvukařů.

Nejmarkantnější změnou z hlediska stavebního řešení bude provedení nových stropů mezi 1NP a 2.NP, provedení nových stupňovitých konstrukcí v posluchárnách ve 2.NP, výměna stávajících zaslepených světlíků za nové prosklené a drobná úprava dispozice mezi posluchárnami.

V dotčených místnostech budou provedeny nové podlahy, v posluchárnách budou instalovány akustické podhledy.

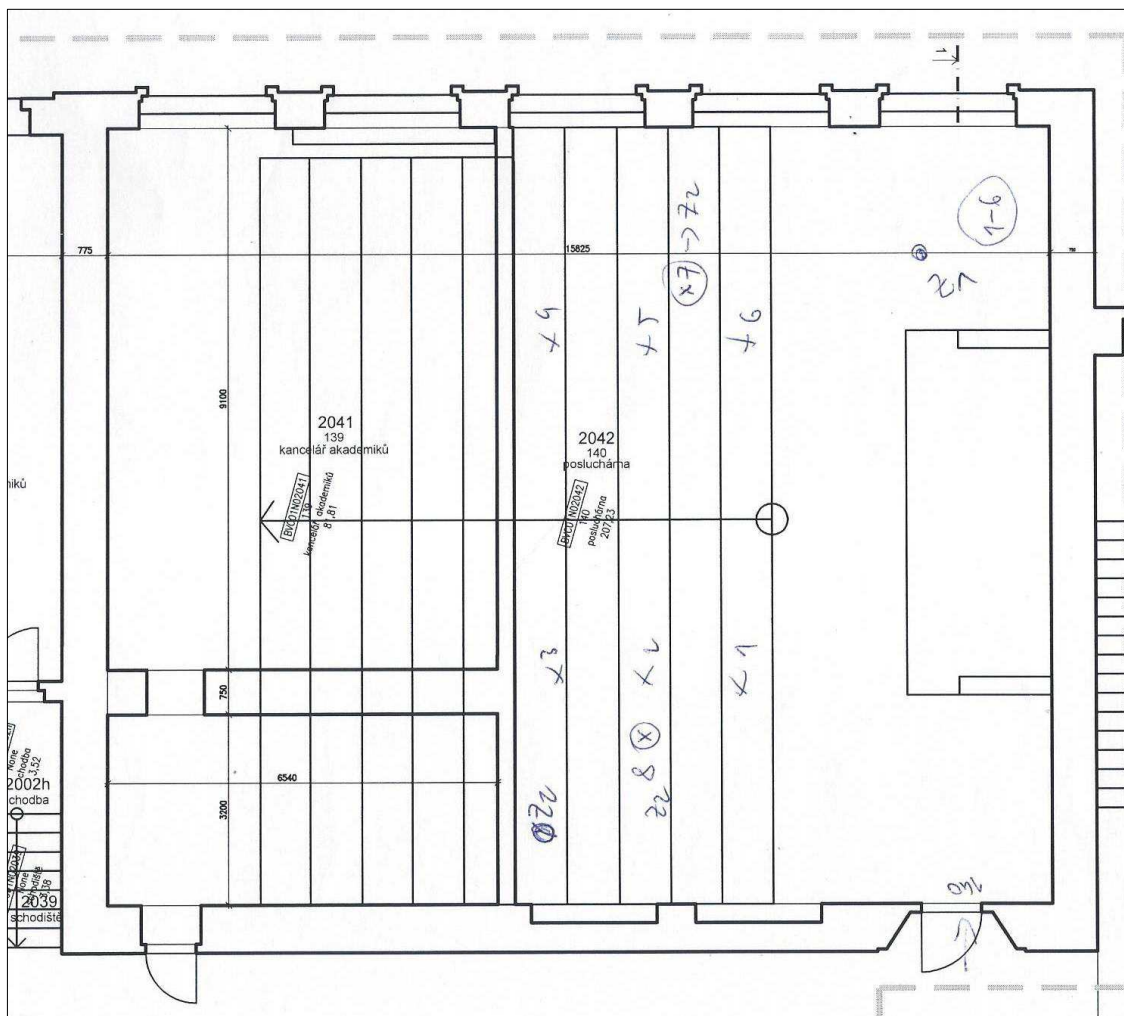
V posluchárnách bude provedena u přední stěny SDK předstěna pro rozvody vzt a jiných profesí. Veškerá kabeláž a rozvody budou zapuštěny do zděných konstrukcí nebo skryty pod sádkartonem.

Stěny v dotčených místnostech budou osekány na cihelné zdivo, po té budou opatřeny jádrovou a sádrovou omítkou.

Budou instalovány nové akusticky pohltivé SDK podhledy (rozptýlené děrování, absorbční tkanina bílá s vloženou minerální rohoží tl. 40mm) s proměnou světloú výškou. Na vybraných stěnách dle návrhu akustických-pohltivých úprav bude osazena SDK předstěna s akusticky pohltivým obkladem s absorbční tkaninou – viz. návrh této studie.

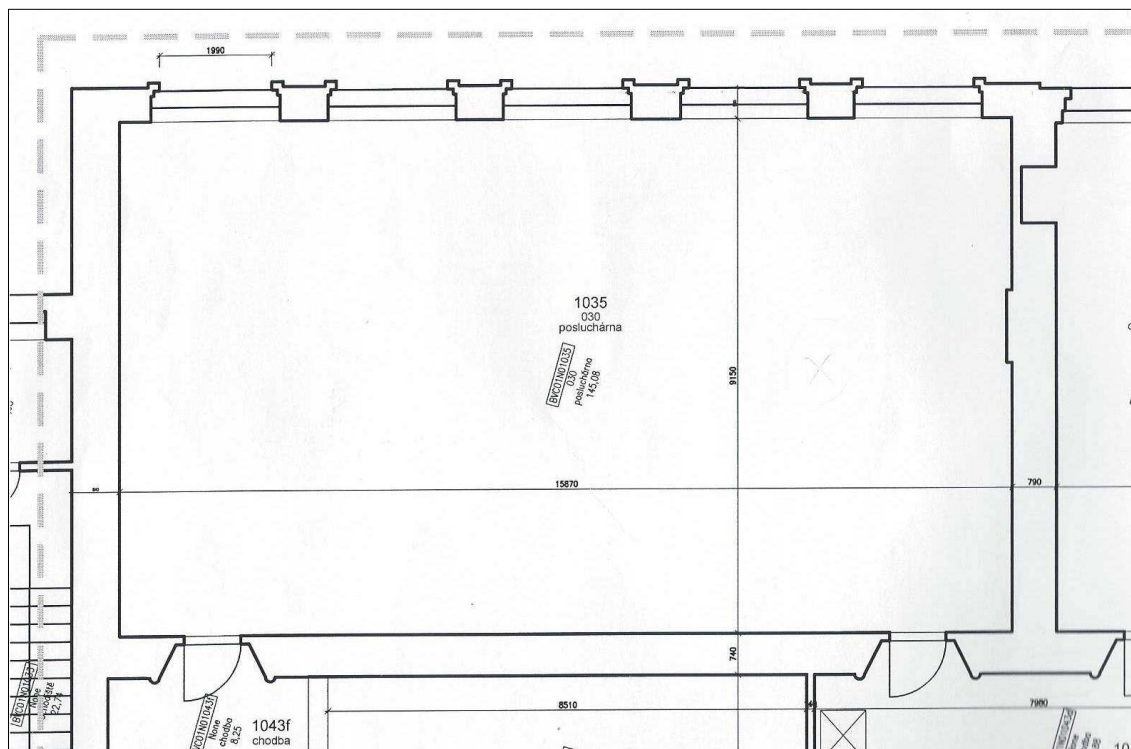
V dotčených místnostech budou provedeny podlahy s nášlapnou vrstvou z linolea s korkovou podložkou.

Posluchárna 2042 (140) – 2NP/3NP – stávající stav





Posluchárna 1035 (030) – INP – stávající stav



### Identifikační údaje místnosti

Údaj - materiál	Místnost	
	1035 (030) – 1NP	2042 (140) – 2NP/3NP
Plocha podlahy - S (m <sup>2</sup> )	145,08	207,23
Plocha stropu – podhled Feal Var M3 děrované kovové kazety		
Objem místnosti – V (m <sup>3</sup> )	754	1 492
Světlá výška – h (m)	5,7 / 3,9	8,1 / 5,6
Podlaha - povrch	PVC	PVC
Zdivo	omítka	omítka

## 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)
1035 (030)	754	0,80
2042 (140)	1 492	0,90

### 4.2 Výsledky měření

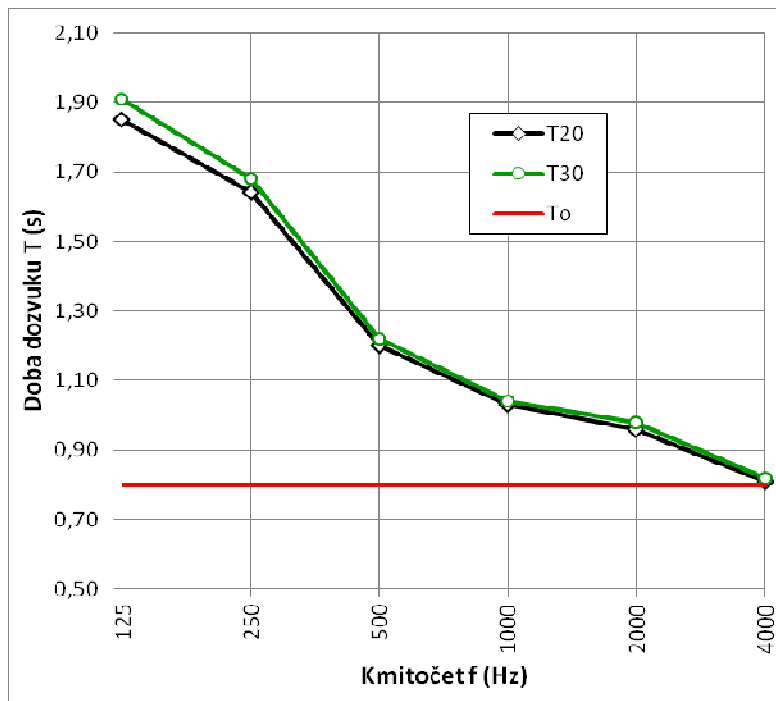
Průměrná hodnota doby dozvuku v 1/1 oktávových pásmech v místnosti stanovená v souladu s ČSN EN ISO 3382-2 pro každé kmitočtové pásmo je uvedena v tabulce na str. 7.

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

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

f (Hz)	Průměrná $T_{30}$ (s)	Průměrná $T_{20}$ (s)
125	1,91	1,85
250	1,68	1,64
500	1,22	1,20
1000	1,04	1,03
2000	0,98	0,96
4000	0,82	0,81

Graf 1 Kmitočtová charakteristika

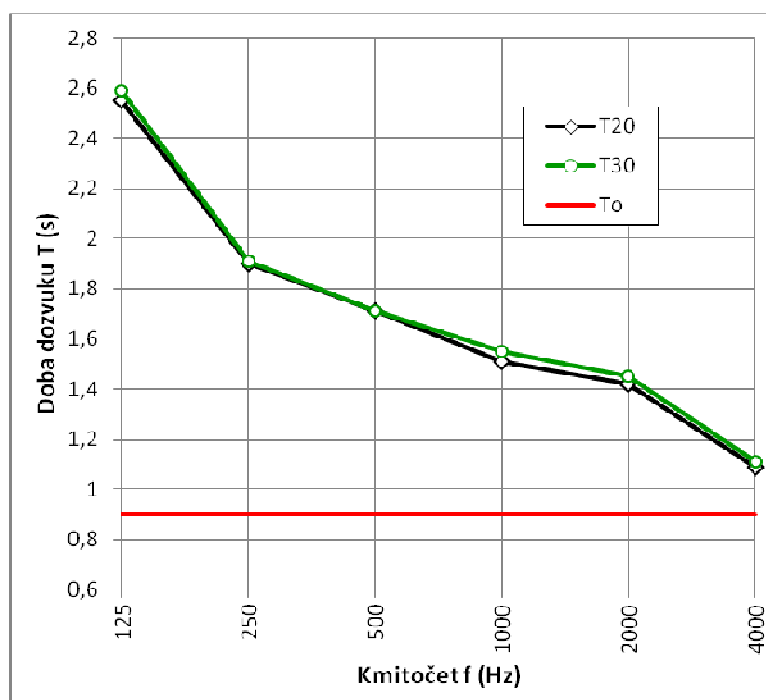


#### 4.2.2 Posluchárna 2042 (140) – 2NP/3NP – neobsazená místnost

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

f (Hz)	Průměrná $T_{30}$ (s)	Průměrná $T_{20}$ (s)
125	2,59	2,55
250	1,91	1,90
500	1,71	1,71
1000	1,55	1,51
2000	1,45	1,42
4000	1,11	1,09

Graf 2 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 součinitele zvukové pohltivosti  $\alpha$  (-), zadanou tloušťku, případně další uvedené fyzikálně technické parametry. Odchyly 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 posluchárnu v mluveném projevu, je vhodná aplikace zvuk pohlcujících prvků s efektem rezonátoru – děrovaná deska (kmitočet 125 a 250 Hz) a jejich umístění v podhledu a na stěny s významnou vzduchovou mezerou.

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

Do prostoru vzduchové mezery u podhledu bude vložen porézní pohlcovač zvuku z minerálních vláken v tloušťce min. 40 mm, s objemovou hmotností dle specifikace dodavatele, který bude garantovat akustické parametry podhledu či obkladu (Knauf, Rigips).

Pro určení skutečné upravené plochy byly hodnoty ekvivalentní pohltivé plochy zkorigovány ekvivalentní pohltivou plochou standardního počtu studentů. 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 dutinových rezonátorů 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 poslucháren níže uvedené prvky děrovaných desek vhodné pro úpravu podhledu a stěn 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 RL 8/15/20</b> – kruhové rozptýlené děrování – tl. desky 12,5 mm + izolace min. 40 mm, bílý vlies.  UMÍSTĚNÍ - zavěšení 200 mm	0,55	0,70	0,65	0,50	0,30	0,20
STĚNA v pásu šířky 1,5 m pod stropem + příruba světlíku (h = 2,3 m)							
1 + 3	<b>SDK - děrování RL 8/15/20</b> – kruhové rozptýlené děrování – tl. desky 12,5 mm + izolace min. 40 mm, bílý vlies.  UMÍSTĚNÍ – obklad v pásu šířky 1,5 m těsně pod stropním podhledem, odsazení od stěny 50 mm	0,15	0,40	0,65	0,50	0,30	0,20

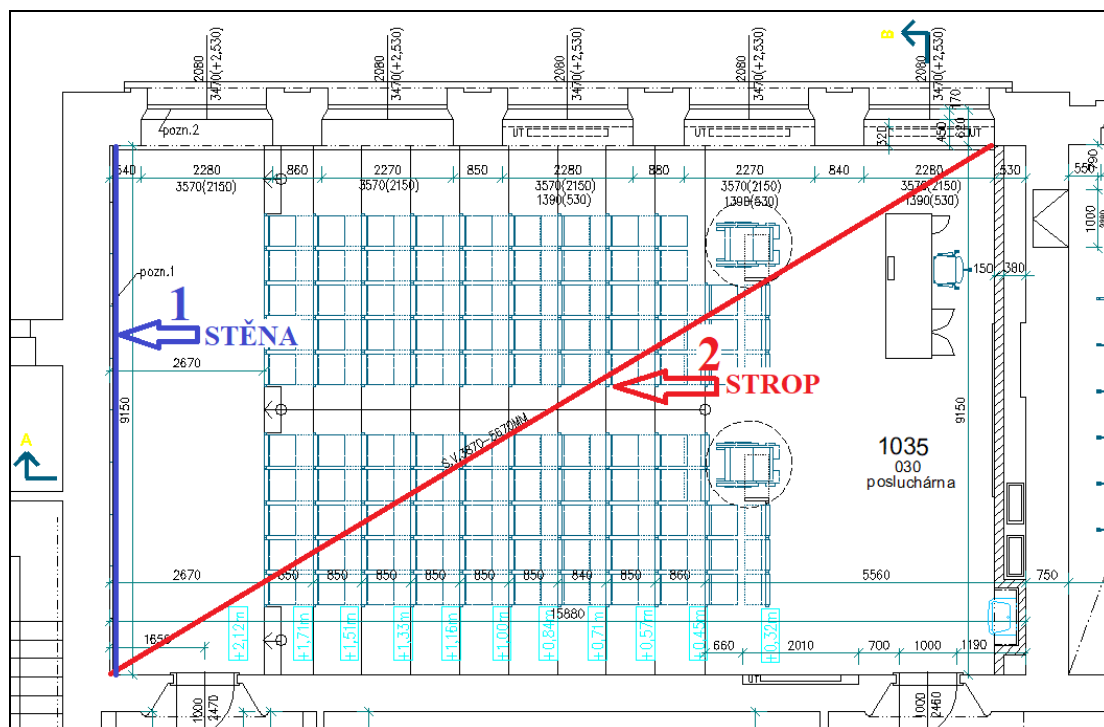
Při volbě optimálního materiálu bylo přihlédnuto k zajištění potřebné světlé výšky místnosti, ke zvuko-pohltivým vlastnostem (součinitel akustické pohltivosti  $\alpha$  (-)), ke způsobu instalace, k životnosti prvku v charakteristickém prostředí výukových místností, event. ke způsobu demontáže pro výměnu či opravu a samozřejmě k ceně, která souvisí s min. plochou ( $m^2$ ), která musí být vybraným materiálem upravena pro dosažení požadované doby dozvuku místnosti.

Plochy uvedené u zvolených materiálů pro akustickou úpravu učeben jsou v minimálních hodnotách dle výpočtu a nezahrnují případnou %-tní rezervu na prořezy.

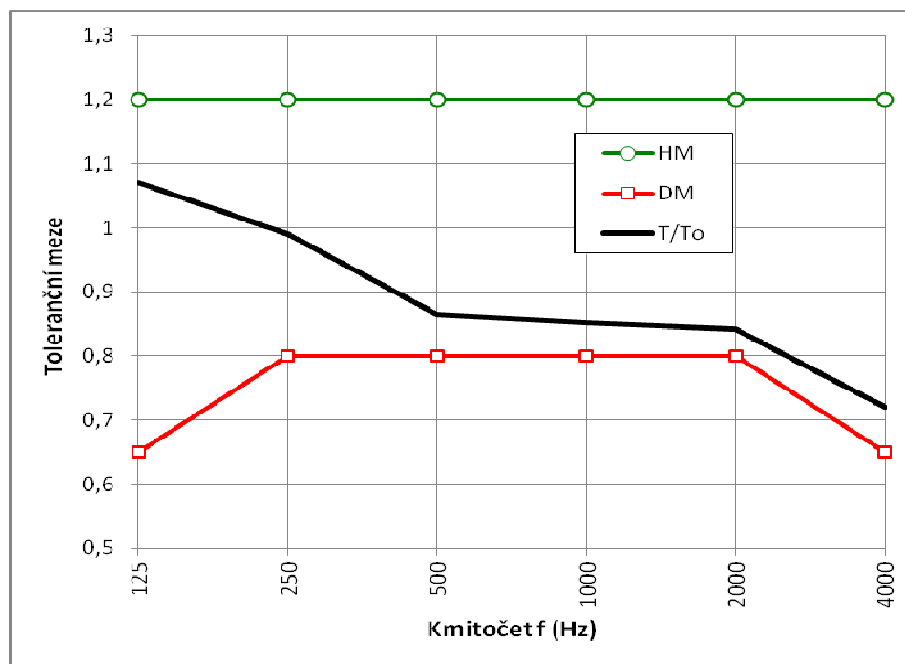
Výpočet doby dozvuku je proveden pro řešení úpravy podhledu a stěn za použití materiálu (Rigiton RL 8/15/20) uvedeného v tab. 3.

- **Posluchárna 1035 (030) – 1NP** – posluchárna obsazena 70 lidmi (max. 98 osob)

Konstrukce	Materiál - prvek	Min. upravená plocha $S$ (m <sup>2</sup> )
Strop	Rigiton RL 8/15/20 – závěšení 200 mm	145 – ozn. 2
Stěna	Rigiton RL 8/15/20 – předsazení 50 mm	13,5 – ozn. 1



Obr. 1 Půdorys posluchárny 1035 (030) v 1NP – návrh akustického řešení

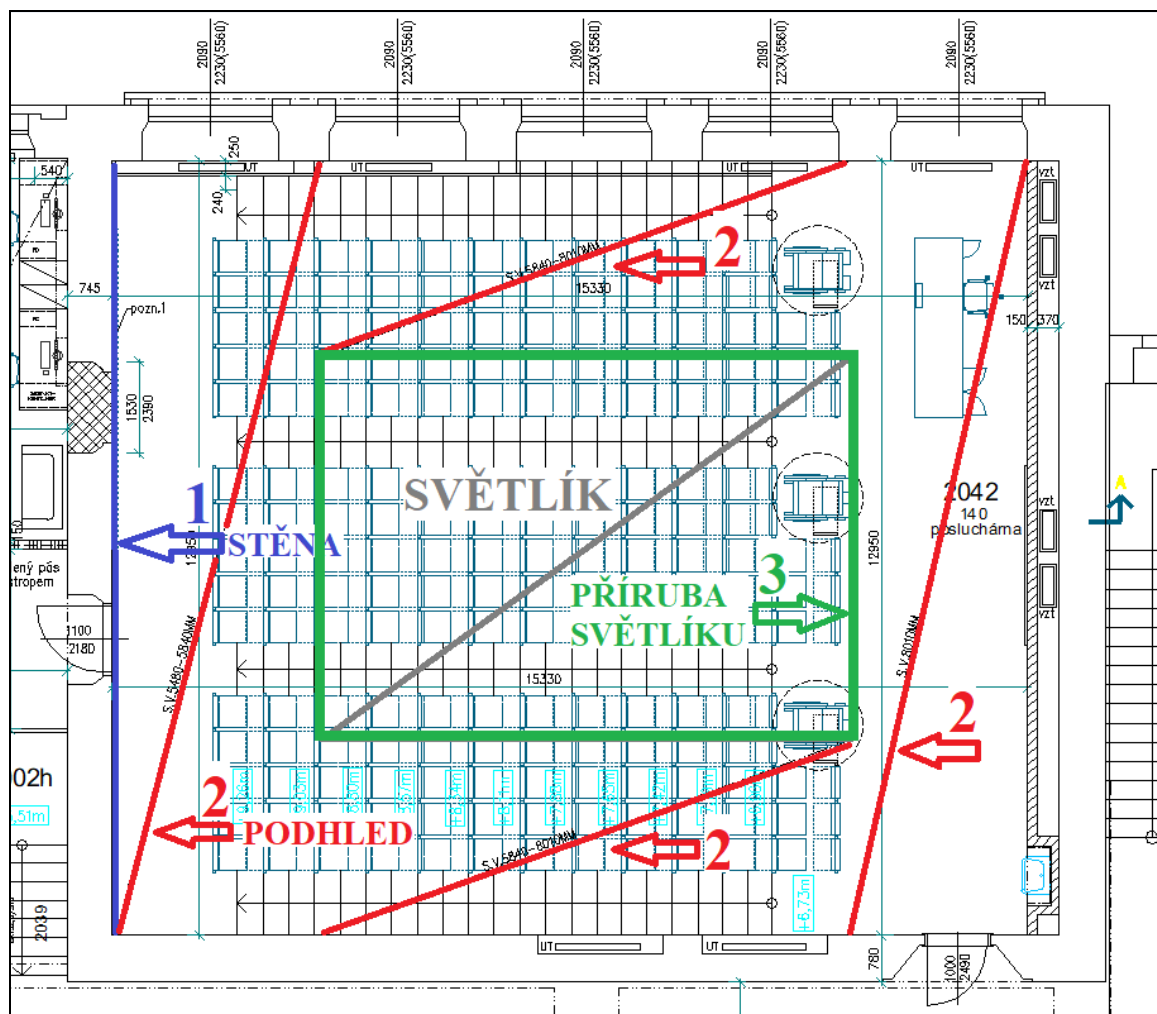


Graf 3 Poměr vypočítané doby dozvuku k optimální hodnotě v tolerančním pásmu

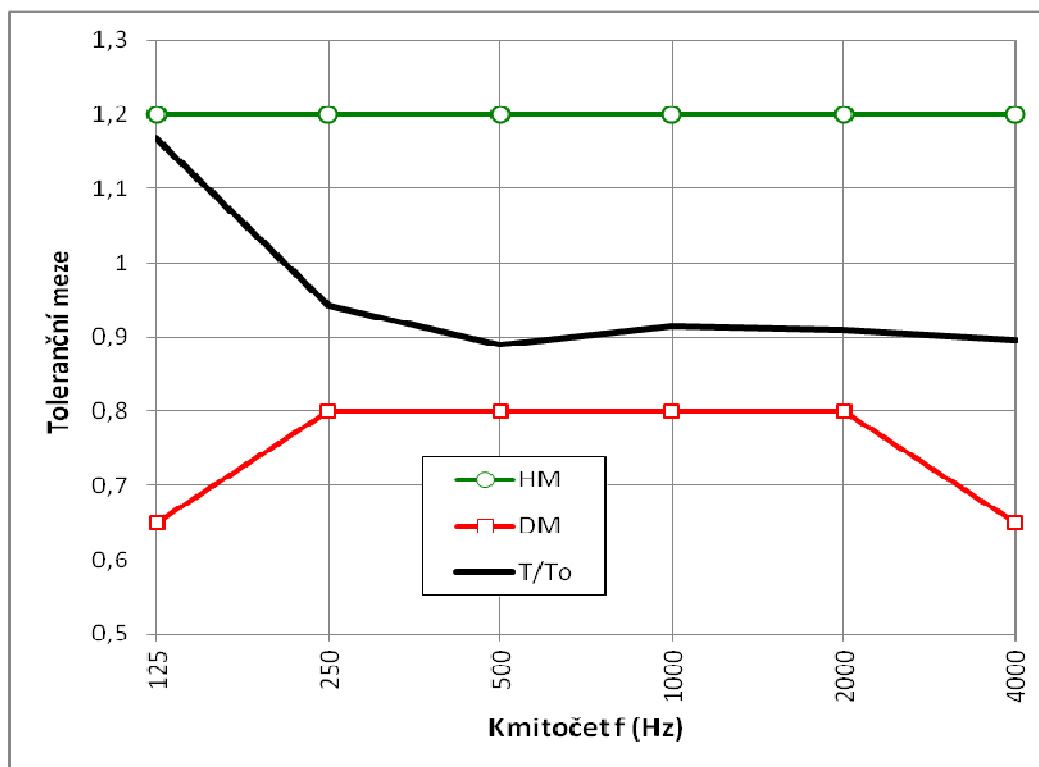


- **Posluchárna 2042 (140) - 2NP/3NP** – posluchárna obsazena 90 lidmi (max. 122 osob)

Konstrukce	Materiál - prvek	Min. upravená plocha $S$ (m <sup>2</sup> )
Strop	Rigiton RL 8/15/20 – závěšení 200 mm	138 – ozn. 2
Světlík – svislá stěna příruby	Rigiton RL 8/15/20 – předsazení 50 mm	34 – ozn. 3
Stěna	Rigiton RL 8/15/20 – předsazení 50 mm	19,3 – ozn. 1



Obr. 2 Půdorys posluchárny 2042 (140) ve 2NP/3NP – návrh akustického řešení



Graf 4 Poměr vypočítané doby dozvuku k optimální hodnotě v tolerančním pásmu

## 6. Závěr

Z výše uvedených výsledků návrhu akustických úprav místností obou poslucháren jsou zřejmé plochy, typy prvků a materiálů použitých pro dosažení optimálních akustických vlastností v učebnách při jejich standardním obsazení posluchači. Přesný rozpis skladby a nutných upravených ploch určitým typem prvku je uveden v kap. 5.2.

Předpokládaná doba dozvuku po nově navržených úpravách bude v tolerančním doporučeném pásmu, tedy v souladu s požadavky legislativy při standardním 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 fyzikální technické parametry, poskytnuté výrobcem. Odchyłky od těchto hodnot nejsou přípustné. Změna typu materiálu je možná pouze v případě nového výpočtového ověření.*

V Lelekovicích, 27. července 2018

Ing. Dagmar Donatřáková