

Akustická studie

POSLUCHÁRNÝ V BUDOVĚ Q MEDNĚLU

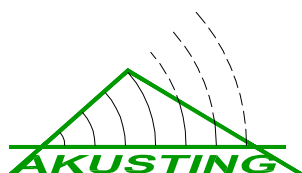
Posouzení doby dozvuku prostorů a neprůzvučnosti dělicích stěn

Objednatel: **Ing. arch. Lukáš Urban, Alešova 24, 613 00 Brno**

Číslo zakázky: **15 296**

Počet stran: **16**

Zhotovitel:



AKUSTING, spol. s r. o., Cejl 76, 602 00 BRNO
tel.+ fax +420 545 210 297

Vypracovala: **Ing. Hana Vojířová**

Kontroloval: **Ing. Miroslav Frič**

Datum: **8. prosince 2015**

Veškerá práva k využití si vyhrazuje AKUSTING společně se zadavatelem. Výsledky obsažené v dokumentaci jsou duševním vlastnictvím firmy AKUSTING. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

AKUSTING, spol. s r. o. je držitelem certifikátů systému managementu kvality ČSN EN ISO 9001:2009 a ČSN EN ISO 14001:2005 pro činnosti "zpracování akustických studií, projektů a realizace protihlukových opatření".

DIČ: **CZ 27679748**
IČO: **27679748**

e-mail: **akusting@akusting.cz**
http: **www.akusting.cz**

1 Úvod

Tato zpráva obsahující výsledky měření, vyhodnocení a návrh opatření s ohledem na platnou legislativu byla vypracována jako podklad pro hodnocení stávajícího stavu poslucháren v objektu Q v areálu Mendelovy zemědělské univerzity z hlediska akustiky a pro případný návrh akustických úprav pro zlepšení stávající situace. Zakázka je vedena pod číslem 15 296.

Pro posouzení je použito příslušných ČSN a odborná literatura.

Úkolem práce bylo zjištění současných akustických parametrů prostorů, doby dozvuku a neprůzvučnosti dělicích stěn, vyhodnocení dle platných norem a návrh řešení vedoucí ke zlepšení situace.

2 Použité zkušební postupy, legislativa a podklady

- 1 ČSN EN ISO 3382-1: Akustika. Měření parametrů prostorové akustiky. Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči. Úřad pro technickou normalizaci; prosinec 2009.
- 2 ČSN EN ISO 3382-2: Akustika. Měření parametrů prostorové akustiky. Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech. Úřad pro technickou normalizaci; únor 2009.
- 3 ČSN 73 0525: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. Český normalizační institut; únor 1998.
- 4 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. Český normalizační institut; únor 1998.
- 5 Výstavba školských zařízení. Akustické řešení školních staveb – pokyny pro projektování. Ing. arch. Evžen Novotný; Ministerstvo školství ČSR; duben 1972.
- 6 Část projektové dokumentace objektu.
- 7 Vlastní zaměření prostorů, fotodokumentace.

3 Seznam použitých zkratk a symbolů

f	/Hz/	-	frekvence
T	/s/	-	doba dozvuku
T _o	/s/	-	optimální doba dozvuku
R'	/dB/	-	stavební neprůzvučnost
R' _w	/dB/	-	vážená stavební neprůzvučnost
D _{nT}	/dB/	-	normalizovaný rozdíl hladin
L ₁	/dB/	-	průměrná hladina akustického tlaku ve vysílací místnosti
L ₂	/dB/	-	průměrná hladina akustického tlaku v přijímací místnosti
L _p	/dB/	-	průměrná hladina akustického tlaku pozadí v přijímací místnosti
C		-	faktor přizpůsobení spektru č. 1 (ružový šum, váženo filtrem A)
C _{tr}		-	faktor přizpůsobení spektru č. 2 (dopravní hluk, váženo filtrem A)
V	/m ³ /	-	objem místnosti
α	/0/	-	činitel zvukové pohltivosti
T _N ; T _U	/s/	-	doba dozvuku neupraveného prostoru, doba dozvuku upraveného prostoru
A [m ²]		-	ekvivalentní plocha pohlcování v přijímací místnosti

Pozn.: Definice jednotlivých veličin - viz uvedené normy ČSN EN ISO 16283-1, ČSN EN ISO 717-1, ČSN EN ISO 3382, ČSN 73 0525.

4 Obsah práce

Obsahem studie je vyhodnocení stávajícího stavu akustických parametrů tří poslucháren, které nejsou zcela optimální a návrhy pro zlepšení situace v rozsahu studie.

Struktura:

- měření akustických parametrů v prostorech – doby dozvuku a neprůzvučnosti stěn;
- vyhodnocení výsledků dle norem;
- návrhy úprav pro zlepšení situace na základě akustických výpočtů.

5 Přehled základních údajů

Jedná se o tři sousední stupňovité posluchárny. Největší posluchárna (1.09) je pro cca 350 posluchačů, dvě menší (1.10 a 1.11) jsou pro cca 170 posluchačů. V současné době se plánuje menší rekonstrukce, v rámci níž by se měly tyto posluchárny řešit. Ve všech třech posluchárnách byla změřena doba dozvuku a byla změřena neprůzvučnost stěn mezi posluchárnami.

Místo měření: Pavilon Q MENDELU
Datum měření: 30. listopadu 2015

Posluchárna 1.09

Podlahová plocha místnosti [m²]: 430
Objem místnosti [m³]: 1850

Posluchárna 1.10

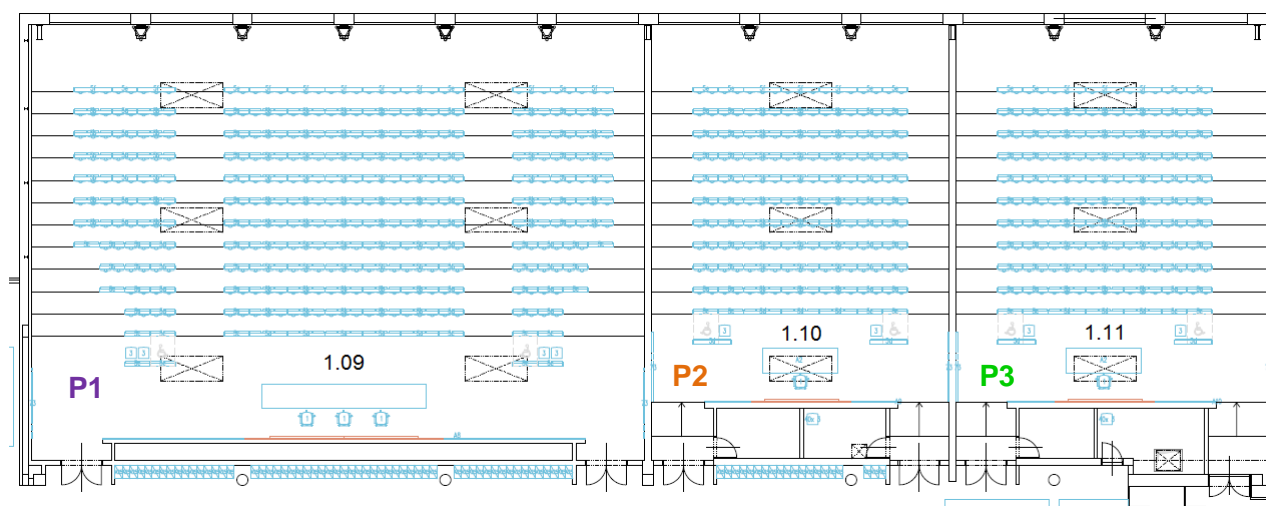
Podlahová plocha místnosti [m²]: 210
Objem místnosti [m³]: 925

Posluchárna 1.11

Podlahová plocha místnosti [m²]: 210
Objem místnosti [m³]: 925

Povrchy místností:	Strop je tvořen plechovými kazetami, boční stěny jsou omítnuty, přední stěna je z větší části obložena dřevem, na podlaze je položen koberec.
Vybavení:	Vybavení tvoří stůl pro přednášejícího s audiovizuální technikou v přední části a dřevěná sklápěcí sedadla se sklápěcími stolkami pro posluchače.
Složení dělicích stěn:	Posluchárny jsou mezi sebou odděleny stěnami z pórobetonových tvárnic tloušťky 300 mm, stěna je dotažena po střešní nosník, který je zesílen pomocí plných plátů

Obr. 5.1: Půdorys měřených učeben



6 Použitá metodika měření

6.1 Měření neprůzvučnosti stěn

Vzduchová neprůzvučnost byla měřena podle ČSN EN ISO 16283-1. Vyhodnocení výsledků měření je podle normy ČSN EN ISO 717-1. Ve vysílací místnosti bylo vytvořeno difuzní akustické pole zdrojem bílého šumu. Současně byly měřeny hladiny akustického tlaku A ve vysílací a přijímací místnosti, které byly následně zprůměrovány. Byla použita 1/3oktávová frekvenční pásma od 100 Hz do 3.150 Hz.

6.2 Měření doby dozvuku

Měření doby dozvuku proběhlo dle EN ISO 3382-2, lit. /1/. Pro měření byla použita metoda přerušovaného šumu. Bylo použito růžového šumu, který byl reprodukován pomocí všesměrového zdroje. V závislosti na velikosti poslucháren bylo zvoleno odpovídající množství poloh mikrofону a zdroje, splňující úroveň přesného měření. Doba dozvuku byla měřena v třetinooktávových pásmech v kmitočtovém rozsahu od 50 Hz do 10 kHz. Při určování prostorového průměru bylo použito aritmetického průměrování dob dozvuku. Prostorový průměr je dán střední hodnotou jednotlivých dob dozvuku pro všechny příslušné polohy zdroje a mikrofону.

7 Legislativa

Pro hodnocení hluku jsou využita následující ustanovení:

- ČSN 73 0532: Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky. Únor 2010.
- ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. Březen 2005.

Kompletní přepis legislativy zabývající se těmito účely je pro účely této práce nadbytečný, proto zde uvádíme pouze odstavce, které se dotýkají tématu.

7.1 ČSN 730532: Akustika. Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akust. vlastností stavebních výrobků. Požadavky.

3. Všeobecně

Základním předpokladem splnění požadavků na ochranu před hlukem v budovách podle zvláštních předpisů je uplatnění normových požadavků na neprůzvučnost stavebních konstrukcí mezi místnostmi v budovách a normových požadavků na neprůzvučnost obvodového pláště a jeho částí. Pokud není technickou normou stanoveno jinak, prokazuje se dodržení normových požadavků na neprůzvučnost zkouškou a porovnáním jejího výsledku s požadavkem.

5. Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi

5.1 Posuzování vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi

Vážené hodnoty vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi v budovách, nesmí být nižší než požadavky stanovené v tabulce 1. Požadavky platí ve směru přenosu zvuku. Posouzení se provádí pomocí veličin:

- vážená stavební neprůzvučnost R'_w , pro místnosti se společnou celou plochou stěny, příčky nebo stropu;
- vážená stavební neprůzvučnost R'_w , pro místnosti, které mají společnou jen část dělicí konstrukce, menší než je plocha příslušné stěny, příčky nebo stropu při pohledu z vysílací nebo přijímací místnosti. Je-li společná plocha S menší než 10 m^2 stanoví se plocha jako maximum z hodnot $(S; V/7,5)$ kde V je objem přijímací místnosti;
- vážená neprůzvučnost R_w (laboratorní), pro vnitřní dveře a jiné výplně otvorů;
- vážený normovaný rozdíl hladin $D_{nT,w}$, pro místnosti, které nemají společnou dělicí konstrukci, (tj. bezprostředně spolu nesousedí), nebo ve speciálních odůvodněných případech, např. když dělicí plochu S nelze jednoznačně stanovit.

Ve fázi návrhu a v projektové přípravě lze při posuzování též použít změřené nebo vypočtené laboratorní hodnoty neprůzvučnosti stavebních konstrukcí R_w a provést přibližný přepočtení na stavební váženou neprůzvučnost R'_w podle vztahu

$$R'_w = R_w - k_1 \quad \text{kde } k_1 \quad \text{je korekce, závislá na vedlejších cestách šíření zvuku}$$

Tabulka 1 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje hluku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{W}, D_{nT,W}$ dB	$L'_{n,W}, L'_{nT,W}$ dB	$R'_{W}, D_{nT,W}$ dB	R_W dB
F. Školy a vzdělávací instituce - učebny, výukové prostory					
15	Učebny, výukové prostory	52	58	47	-
16	Společné prostory, chodby, schodiště	52	58	47	32 27 ⁷⁾
17	Hlučné prostory (dílňny, jídelny) $L_{A,max} \leq 85$ dB	55	48	52	-
18	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{A,max} \leq 90$ dB	60 ⁹⁾	48 ⁹⁾	57 ⁹⁾	-

7.2 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely.

Normy ČSN 73 0527 a ČSN 73 0525 uvádí zásady pro projektování a realizaci uzavřených prostorů pro kulturní účely, prostorů ve školách a prostorů pro veřejné účely. Platí pro nově zřizované, rekonstruované nebo adaptované prostory, v nichž kvalita poslechových podmínek či akustická pohoda hraje významnou roli. Rozhodujícím krokem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je dosažení optimální doby dozvuku, odpovídající danému účelu prostoru.

Pro uzavřené prostory pro kulturní účely, prostory ve školách a prostory pro veřejné účely stanovují normy pro daný objem místnosti V (m^3) a s ohledem na **využití místnosti** optimální dobu dozvuku T_0 (s) a přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma. Důležité je, aby byla doba dozvuku ve frekvenčním spektru vyrovnaná.

Hodnoty optimální doby dozvuku pro posluchárny lze odečíst z grafu A.1, dle křivky 3 a objemu prostoru.

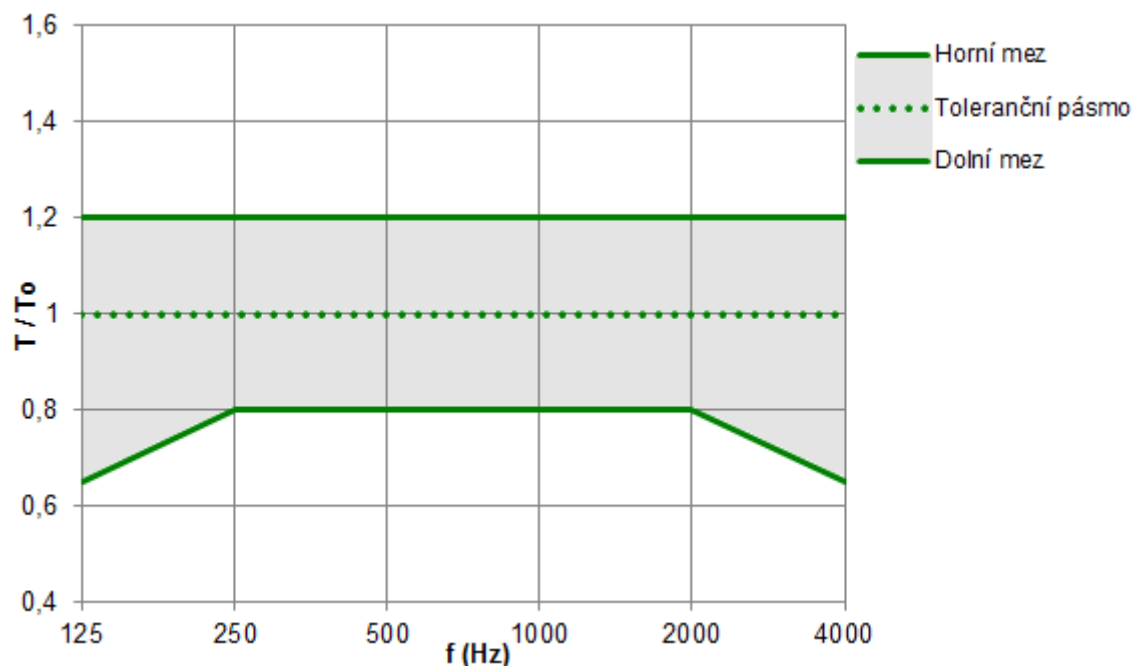
Velká posluchárna 1.09: $V = 1.850 \text{ m}^3$ $T_0 = 0,93 \text{ s}$

Menší posluchárny 1.10 a 1.11: $V = 925 \text{ m}^3$ $T_0 = 0,82 \text{ s}$

Doba dozvuku **se hodnotí v obsazeném stavu**. Uvažujeme s 80% obsazením poslucháren.

Přípustná toleranční pásma pro odchylky doby dozvuku od optimální hodnoty (T/T_0) jsou uvedena v grafu 6.1. Odpovídající toleranční pásmo je určeno převládajícím typem signálu v posuzované místnosti.

Graf 7.1: Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 prostoru určeného pro řeč v závislosti na středním kmitočtu okt. pásma



8 Rozbor a shrnutí výsledků měření

8.1 Neprůzvučnost stěn

8.1.1 Stěna mezi posluchárnami 1.09 a 1.10

f [Hz]	L ₁ [dB]	L ₂ [dB]	T [s]	L _p [dB]	R' [dB]	D _{nT} [dB]	A [m ²]
100	80,0	50,8	0,9	44,5	29,4	31,7	80,6
125	87,1	62,9	1,4	39,9	26,4	28,7	51,9
160	94,6	65,6	1,1	35,6	30,3	32,6	63,5
200	93,0	60,7	1,3	33,4	34,3	36,6	53,7
250	89,4	55,2	1,4	29,8	36,4	38,7	51,8
315	89,6	53,4	1,4	26,4	38,3	40,6	53,3
400	88,2	50,7	1,2	21,7	39,1	41,4	58,5
500	88,5	48,2	1,3	20,7	42,2	44,5	54,5
630	88,0	47,6	1,3	20,2	42,3	44,6	54,2
800	86,9	47,3	1,3	19,8	41,6	43,9	53,9
1000	87,8	47,1	1,2	17,3	42,3	44,6	58,5
1250	88,7	48,9	1,2	15,7	41,2	43,5	61,4
1600	87,7	48,7	1,1	12,9	40,1	42,4	65,1
2000	88,2	48,1	1,0	11,6	41,0	43,3	68,6
2500	86,4	46,4	1,0	11,3	40,7	43,0	72,8
3150	84,5	47,1	0,9	10,8	37,9	40,2	76,7
Plocha S dělicí konstrukce [m ²]							85,0

Zjištěná vážená stavební neprůzvučnost stěny:

$$R'_w (C; C_{tr}) = 41 (-1; -2) \text{ dB}$$

Vzduchová neprůzvučnost stěny mezi výukovými prostory **nevyhovuje** minimální požadované stavební neprůzvučnosti $R'_w = 47 \text{ dB}$.

8.1.2 Stěna mezi posluchárnami 1.10 a 1.11

f [Hz]	L ₁ [dB]	L ₂ [dB]	T [s]	L _p [dB]	R' [dB]	D _{nT} [dB]	A [m ²]
100	78,8	53,7	0,9	40,5	25,3	27,6	80,6
125	88,3	62,3	1,4	38,2	28,1	30,4	51,9
160	94,3	64,7	1,1	33,5	30,8	33,1	63,5
200	93,8	62,8	1,3	33,1	32,9	35,2	53,7
250	91,3	57,5	1,4	28,9	36,0	38,2	51,8
315	90,5	55,1	1,4	25,6	37,4	39,7	53,3
400	88,6	51,3	1,2	26,3	38,9	41,2	58,5
500	88,8	49,2	1,3	24,1	41,5	43,8	54,5
630	89,0	48,3	1,3	22,4	42,6	44,9	54,2
800	87,3	46,9	1,3	21,6	42,4	44,7	53,9
1000	88,8	46,7	1,2	19,7	43,7	46,0	58,5
1250	89,1	48,2	1,2	20,2	42,4	44,6	61,4
1600	88,7	48,5	1,1	18,2	41,3	43,6	65,1
2000	88,3	49,6	1,0	15,9	39,6	41,9	68,6
2500	86,4	48,3	1,0	16,0	38,7	41,0	72,8
3150	85,1	47,1	0,9	17,4	38,5	40,8	76,7
Plocha S dělicí konstrukce [m ²]							85,0

Zjištěná vážená stavební neprůzvučnost stěny:

$$R'_w (C; C_{tr}) = 41 (-1; -3) \text{ dB}$$

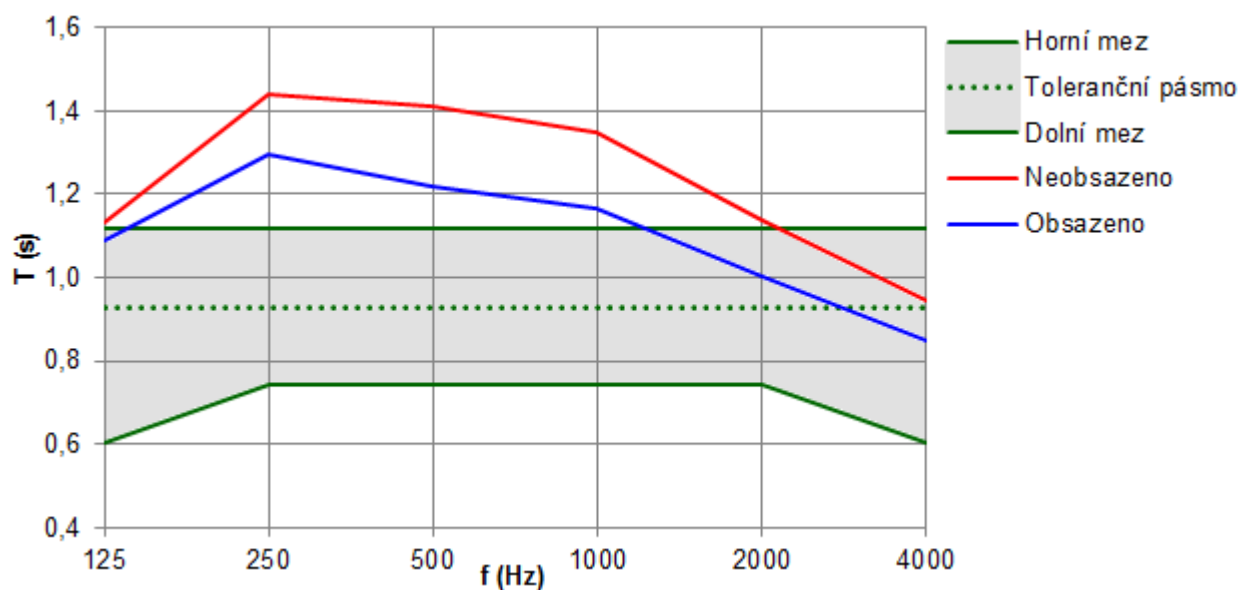
Vzduchová neprůzvučnost stěny mezi výukovými prostory **nevyhovuje** minimální požadované stavební neprůzvučnosti $R'_w = 47 \text{ dB}$.

8.2 Doba dozvuku

V následujících tabulkách a grafech je vyhodnocena doba dozvuku v posluchárnách. Hodnotí se v obsazeném stavu, bylo počítáno s 80% obsazením.

8.2.1 Posluchárna 1.09

Velká posluchárna 1.09		f (Hz)					
$T_o = 0,9 \text{ s}$	$V = 1.800 \text{ m}^3$	125	250	500	1000	2000	4000
T_{30}	měřené - neobsazeno	1,13	1,44	1,41	1,35	1,14	0,95
$T_{30,ob}$	měřené - obsazeno	1,09	1,30	1,22	1,17	1,00	0,83
T / T_o	TP horní mez	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
T / T_o	Toleranční pásmo střed	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
T / T_o	TP dolní mez	0,60	0,74	0,74	0,74	0,74	0,60

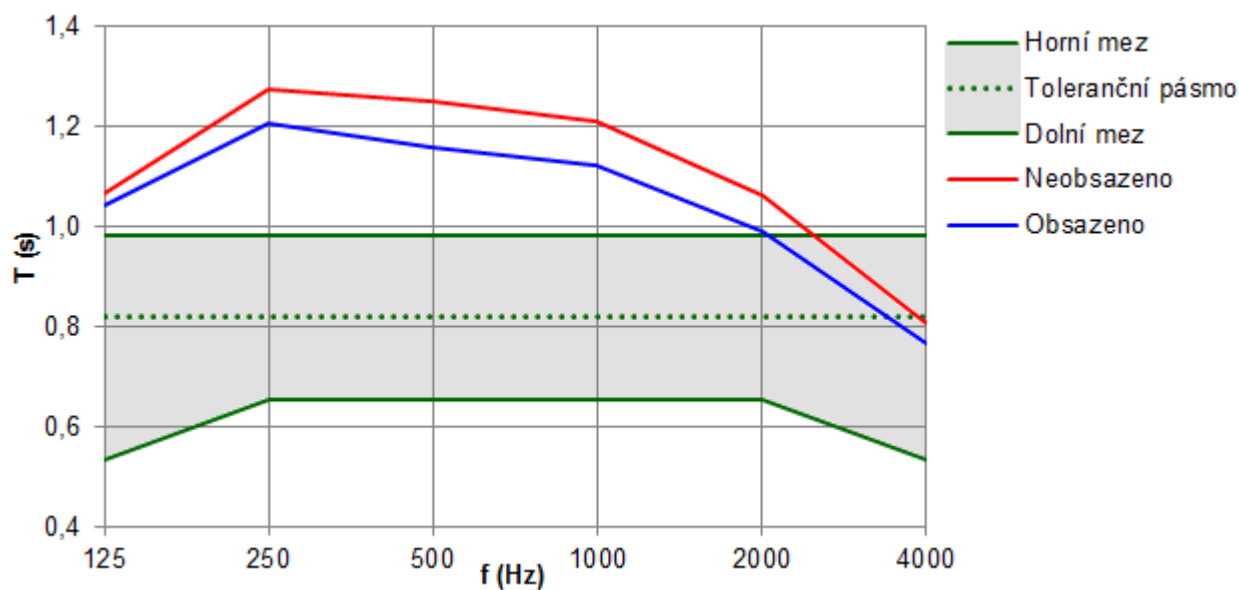


Z tabulky a grafu je viditelné, že i při obsazení místnosti **není** doba dozvuku zcela **v tolerančním pásmu**. Nedotlumení místnosti je spíše na nižších frekvencích. Doba dozvuku je nevyrovnaná.

8.2.2 Posluchárna 1.10

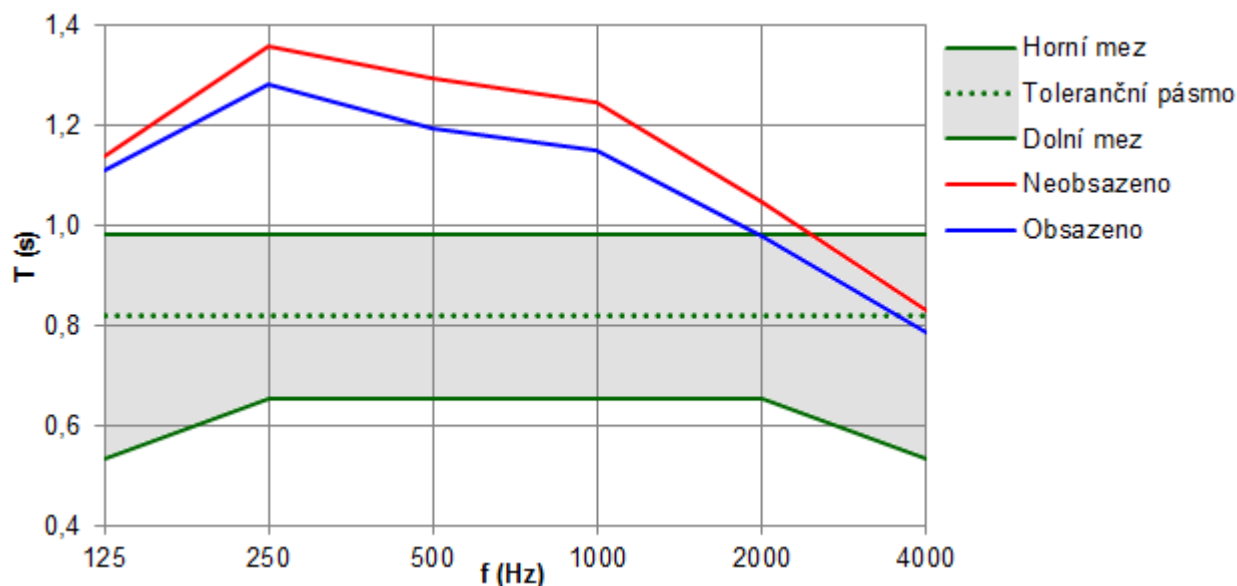
Posluchárna 1.10		f (Hz)					
$T_o = 0,8 \text{ s}$	$V = 850 \text{ m}^3$	125	250	500	1000	2000	4000
T_{30}	měřené - neobsazeno	1,07	1,27	1,25	1,21	1,06	0,81
$T_{30,ob}$	měřené - obsazeno	1,04	1,20	1,16	1,12	0,99	0,76
T / T_o	TP horní mez	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
T / T_o	Toleranční pásmo střed	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
T / T_o	TP dolní mez	0,53	0,66	0,66	0,66	0,66	0,53

Z tabulky a grafu je viditelné, že i při obsazení místnosti **není** doba dozvuku zcela **v tolerančním pásmu**. Nedotlumení místnosti je téměř v celém spektru, kromě frekvence 4000 Hz. Doba dozvuku je nevyrovnaná.



8.2.3 Posluchárna 1.11

Posluchárna 1.11		f (Hz)					
$T_o = 0,8 \text{ s}$	$V = 850 \text{ m}^3$	125	250	500	1000	2000	4000
T_{30}	měřené - neobsazeno	1,14	1,36	1,29	1,25	1,05	0,83
$T_{30,ob}$	měřené - obsazeno	1,11	1,28	1,19	1,15	0,98	0,78
T / T_o	TP horní mez	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
T / T_o	Toleranční pásmo střed	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
T / T_o	TP dolní mez	0,53	0,66	0,66	0,66	0,66	0,53



Z tabulky a grafu je viditelné, že i při obsazení místnosti **není** doba dozvuku zcela **v tolerančním pásmu**. Nedomlavení místnosti je téměř v celém spektru, kromě frekvence 4000 Hz. Doba dozvuku je nevyrovnaná.

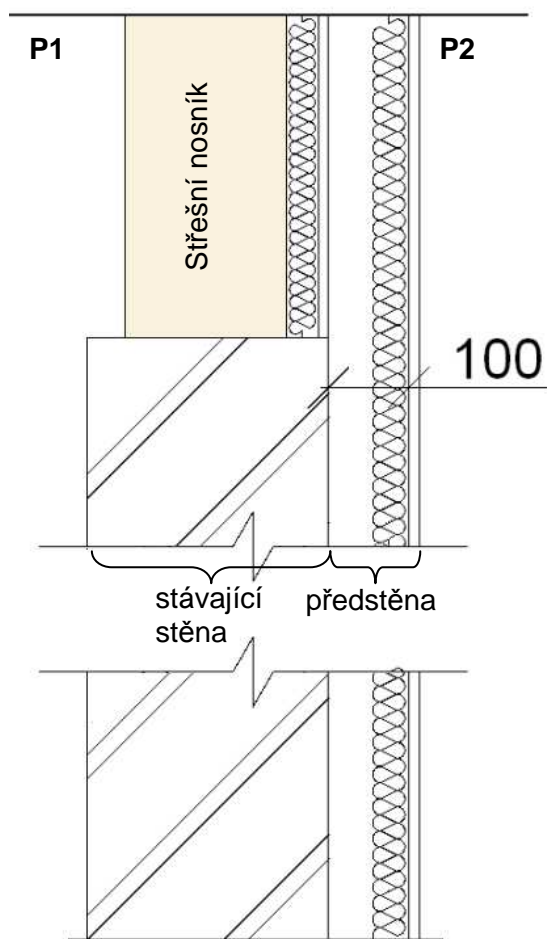
9 Návrh akustického řešení

9.1 Neprůzvučnost stěn

Stávající dělicí stěny jsou z pórobetonových přesných tvárníc (Ytong) tloušťky 300 mm. Neznáme přesný typ, ale výrobce udává laboratorní neprůzvučnost (46 – 48) dB. Protože se jedná o laboratorní neprůzvučnost, je třeba si od této hodnoty odečíst korekci závislou na vedlejších cestách šíření. Stavební neprůzvučnost (to, co dosáhneme při běžných podmínkách na stavbě) této konstrukce bude v rozmezí (41 – 43) dB. Při měření bylo zjištěno, že hluk se ve větší míře šíří z horní části stěny přes střešní nosník, který je pouze překryt, zřejmě plechem.

Protože i neprůzvučnost pórobetonové stěny není dostatečná, doporučujeme celou plochu stěny zesílit pomocí předstěny. Tento způsob je vhodnější, než samostatné zesilování pouze v oblasti nosníku. Předstěnou pokryjeme i vedlejší cesty šíření zvuku ve styku stěna – nosník. Slabé místo je v oblasti nosníku. Při realizaci předstěny bude proto vhodné přidat zesílení zejména do této části.

Obr. 9.1: Schéma úprav



Celoplošná předstěna by měla být odsazena o 100 mm před stávající dělicí stěnu; Vytažena od podlahy až po strop, s pružným uložením k okolním konstrukcím (podlaha, strop, boční stěny). Předstěna by v ideálním případě neměla být spojena se stávající stěnou (na obrázku 9.2 pod písmenem A). Pokud by to nešlo tímto způsobem zrealizovat, tak řešit dle písmene B na obrázku 9.2, s podložením profilu na stávající stěně pomocí pružné podložky. Spojení dle písmene C obrázku 9.2 použít pouze v krajním případě a opět s pružným podložením.

Do dutiny mezi předstěnou a stávající stěnu je třeba vložit minerální izolaci tloušťky (50 – 70) mm s objemovou hmotností minimálně 45 kg.m⁻³.

Další deskový materiál (SDK, Cetriz, OSB apod.) by překryl prostor u střešního vazníku, dutina by byla celá vyplněna minerální vatou. Pro zlepšení neprůzvučnosti lze nosník polepit folií AMS (viz popis v závěru zprávy).

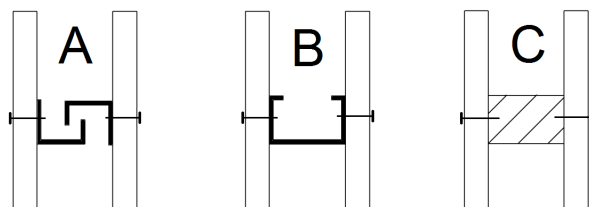
Zesílení stěny dle popisu výše zvýší neprůzvučnost o cca 10 dB na 52 dB.

Zdvojením desek předstěny může neprůzvučnost vzrůst o další 3 dB.

Přidání jednoduché předstěny stejné skladby z druhé strany stávající stěny může zvýšit neprůzvučnost o cca 4 dB.

Pokud by bylo třeba vyšší neprůzvučnost než 52 dB, je vhodnější použít předstěnu 2x opláštěnou místo jednoduchých předstěn z obou stran.

Obr. 9.2: Spojení stěn



Popsané úpravy stěny mezi velkou a malou posluchárnou, by měly být aplikovány i na stěnu mezi menšími posluchárnami.

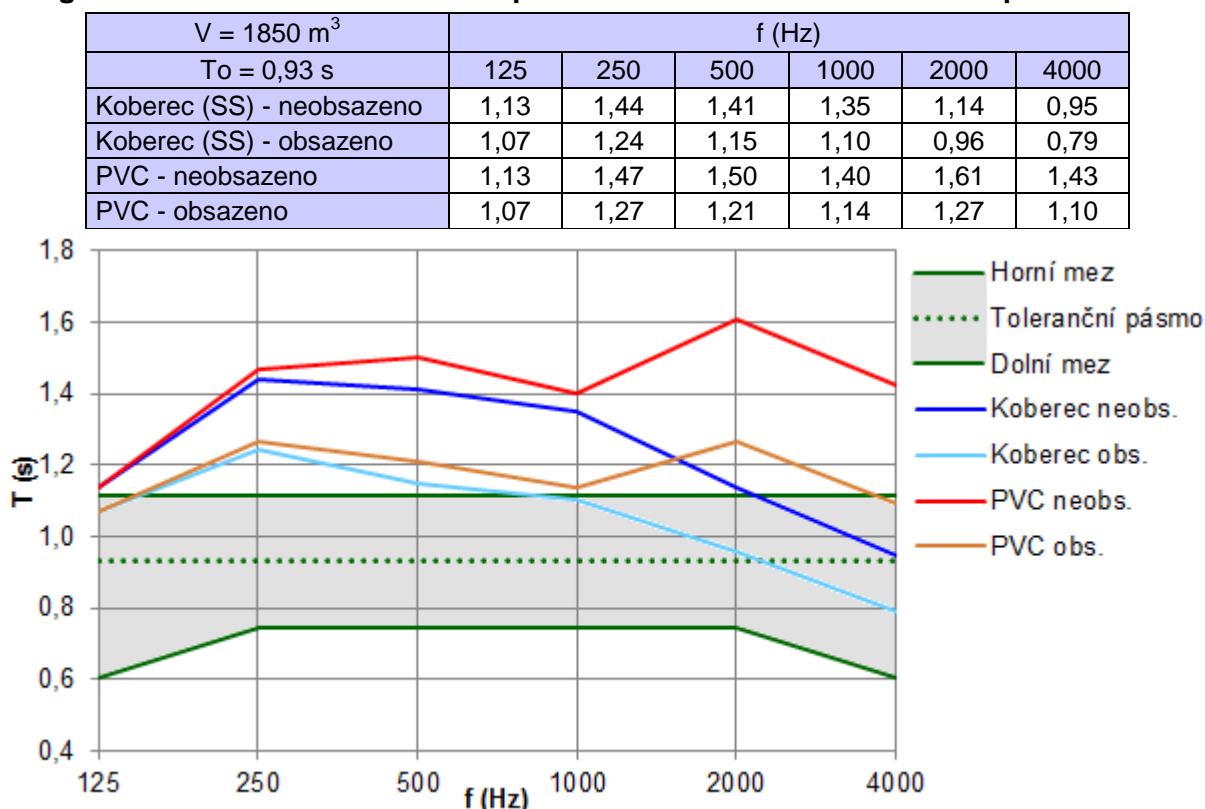
Efekt zesílení je závislý na kvalitě provedení, proto je třeba důslednosti při realizaci.

9.2 Dozvuk

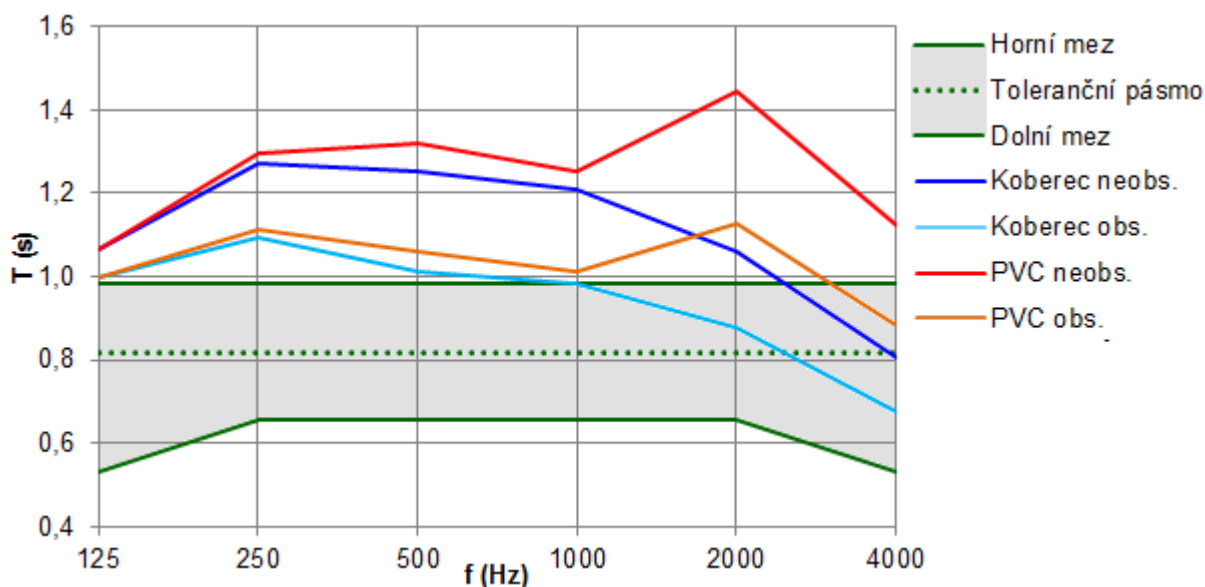
9.2.1 Výměna podlahové krytiny

Doba dozvuku ve všech třech posluchárnách není zcela optimální. Prostory jsou nejvíce nedotlumené na frekvencích 250 Hz až 2000 Hz. Protože stávající koberec je dost zničený, je v plánu jej vyměnit. Zvažuje se možnost nahrazení koberce linoleem, nebo obdobnou omyvatelnou podlahovou krytinou. V následující tabulce a grafu předkládáme výpočet dozvuku ve velké posluchárně v případě, že by na podlaze bylo místo koberce položeno PVC. Výpočet je proveden pro prázdný a obsazený sál. Stejný výpočet je předložen i pro menší posluchárnu.

Tab. a graf 9.1: Doba dozvuku ve velké posluchárně s kobercem a PVC na podlaze



Graf 9.2: Doba dozvuku v menší posluchárně s kobercem a PVC na podlaze



SS – stávající stav s položeným kobercem

neobs. = prázdná místnost, neobsazeno; obs. = obsazeno 80% míst

Tab. 9.2: Doba dozvuku v menší posluchárně s kobercem a PVC na podlaze

$V = 925 \text{ m}^3$	$f \text{ (Hz)}$					
$T_0 = 0,82 \text{ s}$	125	250	500	1000	2000	4000
T30 neobsazeno	1,07	1,27	1,25	1,21	1,06	0,81
T30 obsazeno	1,00	1,10	1,02	0,98	0,88	0,67
PVC neobsazeno	1,07	1,30	1,32	1,25	1,45	1,13
PVC obsazeno	1,00	1,11	1,06	1,01	1,13	0,88

Komentář:

Z grafů a tabulek je viditelné, že po výměně koberce za PVC dojde ke změně průběhu doby dozvuku. Křivka se mírně vyrovná. Abychom dosáhli snížení doby dozvuku, je třeba doplnit akustické materiály, které budou pohlcovat v celém spektru.

9.2.2 Návrh akustických úprav pro snížení doby dozvuku v posluchárnách

Dále uváděné možné akustické úpravy byly počítány pro stav, kdy by bylo v posluchárnách instalováno PVC na podlaze. Výpočty byly provedeny variantně. Jedná se o návrh, který slouží především pro představu, co by úprava dozvuku na optimální podmínky obnášela. Návrh tak lze po konzultacích jakkoliv upravit, dle estetických požadavků, únosnosti apod.

U poslucháren se doporučuje akusticky upravit zadní stěnu, část stropu popřípadě boční stěny. Vzhledem k tvarování stropu a jeho materiálovému složení nelze přímo na něj aplikovat akustické prvky. V úvahu tak přichází prostorová tělesa. Jedná se o do prostoru zavěšené prvky různých tvarů, které pohlcují zejména vyšší frekvence. Uspořádání může být různé. Vhodné je více prvků umístit do zadní části poslucháren a po stranách. Ve středu může být menší pohltivá plocha. Tyto prvky lze podle potřeby doplnit obkladem na boční stěny.

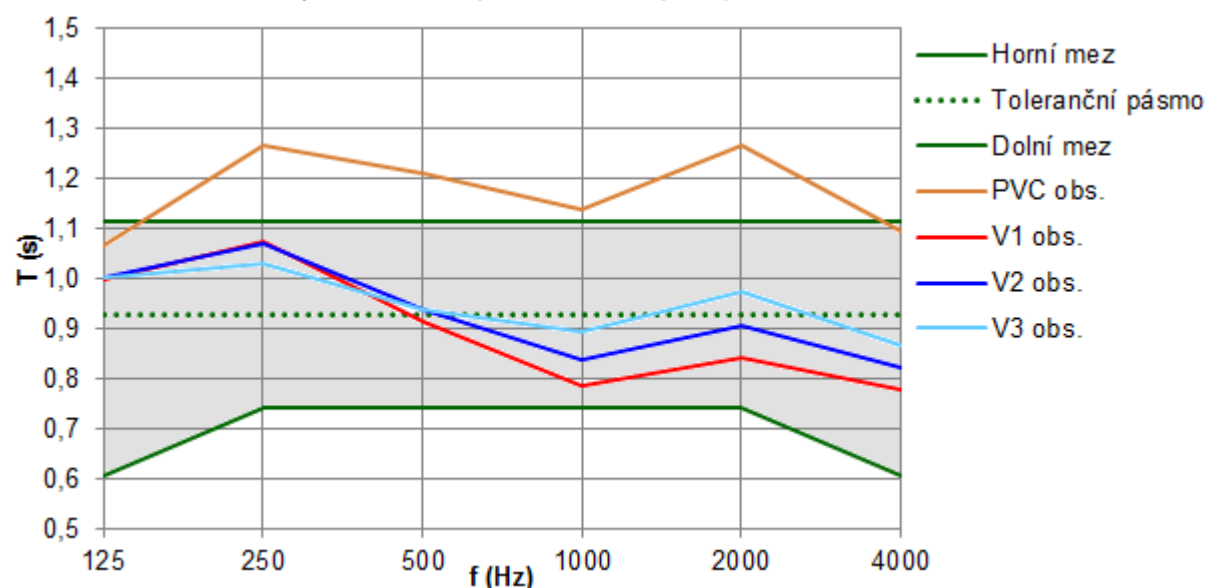
Velká posluchárna 1.09

Varianta 1 – úpravy s použitím obdélníkových prostorových prvků SOLO Rectangle od výrobce Ecophon. Prvky zavěšené vodorovně v úrovni světelných nebo nad nimi. Celková plocha prvků 72 m^2 .

Varianta 2 – úpravy s použitím obdélníkových prostorových prvků SOLO Rectangle od výrobce Ecophon doplněné o obklad na boční stěně z panelů Wall C od stejného výrobce. Celková plocha prostorových těles 43 m^2 , celková plocha obkladů stěn 26 m^2 .

Varianta 3 – úprava bočních stěn pomocí pohltivých panelů Wall C od výrobce Ecophon (nebo PP20 Verso od výrobce SONING Praha). Pohltivé panely umístěny v zadní části stěn. Celková plocha obkladů stěny 80 m^2 .

Graf 9.3: Průběh doby dozvuku v posluchárně po úpravách v obsazeném stavu



Tab. 9.3: Doba dozvuku ve velké posluchárně po akustických úpravách

$V = 1.850 \text{ m}^3$	$f \text{ (Hz)}$					
$T_0 = 0,93 \text{ s}$	125	250	500	1000	2000	4000
V1 neobsazeno	1,05	1,22	1,07	0,90	0,98	0,93
V1 obsazeno	1,00	1,07	0,91	0,79	0,84	0,78
V2 neobsazeno	1,06	1,21	1,11	0,97	1,07	1,00
V2 obsazeno	1,00	1,07	0,94	0,84	0,91	0,82
V3 neobsazeno	1,06	1,16	1,11	1,05	1,16	1,06
V3 obsazeno	1,00	1,03	0,94	0,90	0,97	0,87

Menší posluchárny 1.10 a 1.11

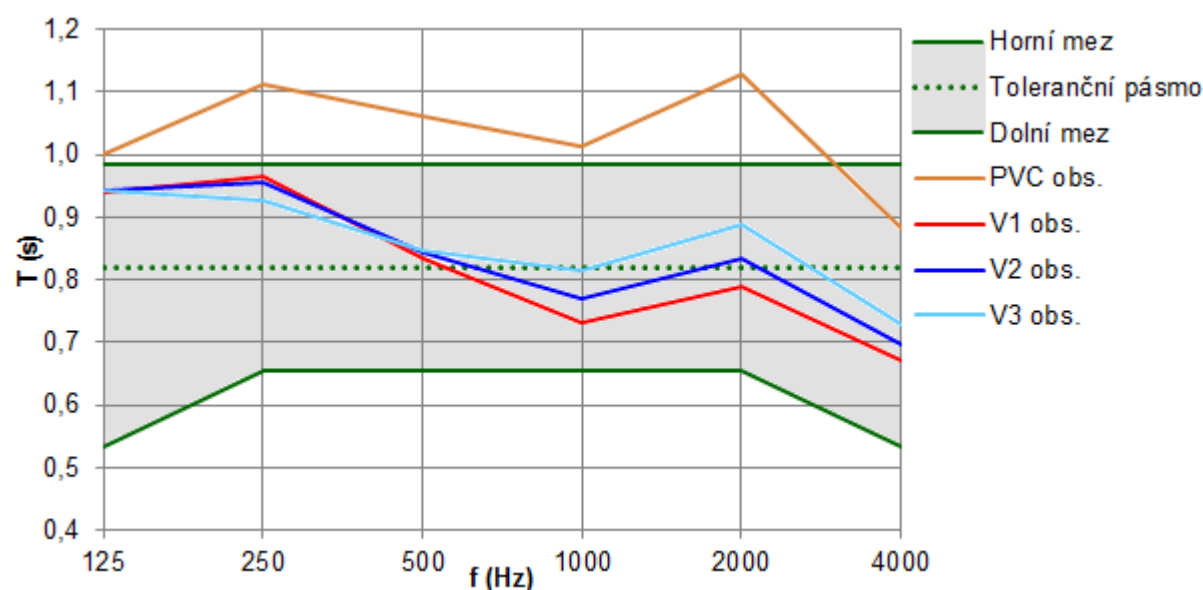
Výpočet byl proveden pro posluchárnu 1.10. Obě posluchárny jsou stejné, dobou dozvuku se příliš neliší. Akustické úpravy se také nebudou lišit. Plochy navrhovaných úprav budou stejné.

Varianta 1 – úpravy s použitím obdélníkových prostorových prvků SOLO Rectangle od výrobce Ecophon. Prvky zavěšené vodorovně v úrovni světel nebo nad nimi. Celková plocha prvků 35 m^2 .

Varianta 2 – úpravy s použitím obdélníkových prostorových prvků SOLO Rectangle od výrobce Ecophon doplněné o obklad na boční stěně z panelů Wall C od stejného výrobce. Celková plocha prostorových těles 20 m^2 , celková plocha obkladů stěn 15 m^2 .

Varianta 3 – úprava bočních stěn pomocí pohltivých panelů Wall C od výrobce Ecophon (nebo PP20 Verso od výrobce SONING Praha). Pohltivé panely umístěny v zadní části stěn. Celková plocha obkladů stěny 40 m^2 .

Graf 9.4: Průběh doby dozvuku v posluchárně 1.10 po úpravách v obsazeném stavu



Tab. 9.4: Doba dozvuku v menší posluchárně 1.10 po akustických úpravách

$V = 925 \text{ m}^3$	$f \text{ (Hz)}$					
$T_0 = 0,82 \text{ s}$	125	250	500	1000	2000	4000
V1 neobsazeno	1,00	1,10	0,99	0,85	0,93	0,80
V1 obsazeno	0,94	0,97	0,83	0,73	0,79	0,67
V2 neobsazeno	0,90	1,00	0,91	0,80	0,86	0,74
V2 obsazeno	0,85	0,88	0,78	0,70	0,74	0,63
V3 neobsazeno	1,00	1,05	1,00	0,97	1,07	0,89
V3 obsazeno	0,94	0,93	0,85	0,81	0,89	0,73

Komentář:

Po aplikaci akustických úprav dojde k poklesu doby dozvuku na optimální úroveň. V oblasti nízkých frekvencí je pokles u všech materiálů stejný. Je to dáno tím, že použité materiály „fungují“ nejvíce od frekvence 500 Hz. I když doba dozvuku jednotlivých variant je srovnatelná, samostatný obklad stěn vykazuje dokonce nejvyrovnanější dobu dozvuku, je z hlediska srozumitelnosti a celkové akustické pohody v prostoru vhodné alespoň pár prvků aplikovat na strop.

10 Popis akustických systémů a prvků

10.1 Akustické panely na bázi skelné vaty - Ecophon

Popis: Prvky jsou vyrobeny ze skelné vaty. Jejich povrch je opatřen kvalitním mikropórovým povrchem. Montují se v deskách do lišt.

Základní rozměry /mm/: 600 x 600; 1.200 x 600; 1.200 x 1.200

Akustické vlastnosti: Vysoká zvuková pohltivost

Požární ochrana: Klasifikace dle hořlavosti: třída A2-s1 podle EN 13501-1

10.1.1 Vertikální prvky Akusto Wall C

Stěnový zvukový absorbér. Vyznačuje se skrytým nosným rastroem a sraženými hranami tvořící úzké drážky mezi jednotlivými panely. Nabízí se v různých barvách. Umožňuje dosažení vynikajících akustických vlastností zejména ve větších místnostech. Celková hmotnost systému je 5 kg/m².

Základní rozměr /mm/: 2.700 x 600

Orientační cena: Od 2.500,- Kč/m²

Obr. 10.1: Příklady provedení



10.1.2 Prostorové prvky SOLO

Akustické vertikální a horizontální volně zavěšené prvky různých tvarů a barev. Prvky jsou akustickým řešením převážně v případech, kde nelze instalovat celoplošný podhled. Jsou vhodné do místností, kde je zapotřebí zachovat jejich objem a světlou výšku. Volně zavěšené prvky nabízí široké spektrum barevných provedení a závěsných systémů. Panely lze zavěsit i v odlišných výškových úrovních i pod různými úhly.

Panely mají jádro vyrobené ze skelné vlny o vysoké hustotě, přední a zadní strana je opatřena povrchem Akutex. Hrany jsou rovné a natřené.

Systémová řada obsahuje několik základních geometrických tvarů: obdélník, čtverec, trojúhelník, kruh, elipsa, pěti až osmiúhelník. Systémová řada Solo Freedom pak umožňuje vytvoření vlastního návrhu a tvaru.

Obr. 10.2: Příklady provedení



Orientační cena: Dle tvaru a typu závěsu od 3.800,- Kč/ks

10.2 Materiál se vzhledem přírodního kamene

10.2.1 SONIT PP20 Verso

Akustický stěnový obklad pro interiérové i exteriérové aplikace s efektním vzhledem přírodního kamene s velkou škálou barev. Vyznačuje se nehořlavostí, ekologickou čistotou (neobsahuje vlákna) a velmi dobrou mechanickou, klimatickou a chemickou odolností. Jedná se o obdélníkové desky různých formátů s rovinnou lícovou stranou se zkosenými hranami. Některé formáty jsou na protilehlých bočních stranách opatřeny drážkou pro montáž do nosné konstrukce. Hmotnost systému je 30 kg/m².

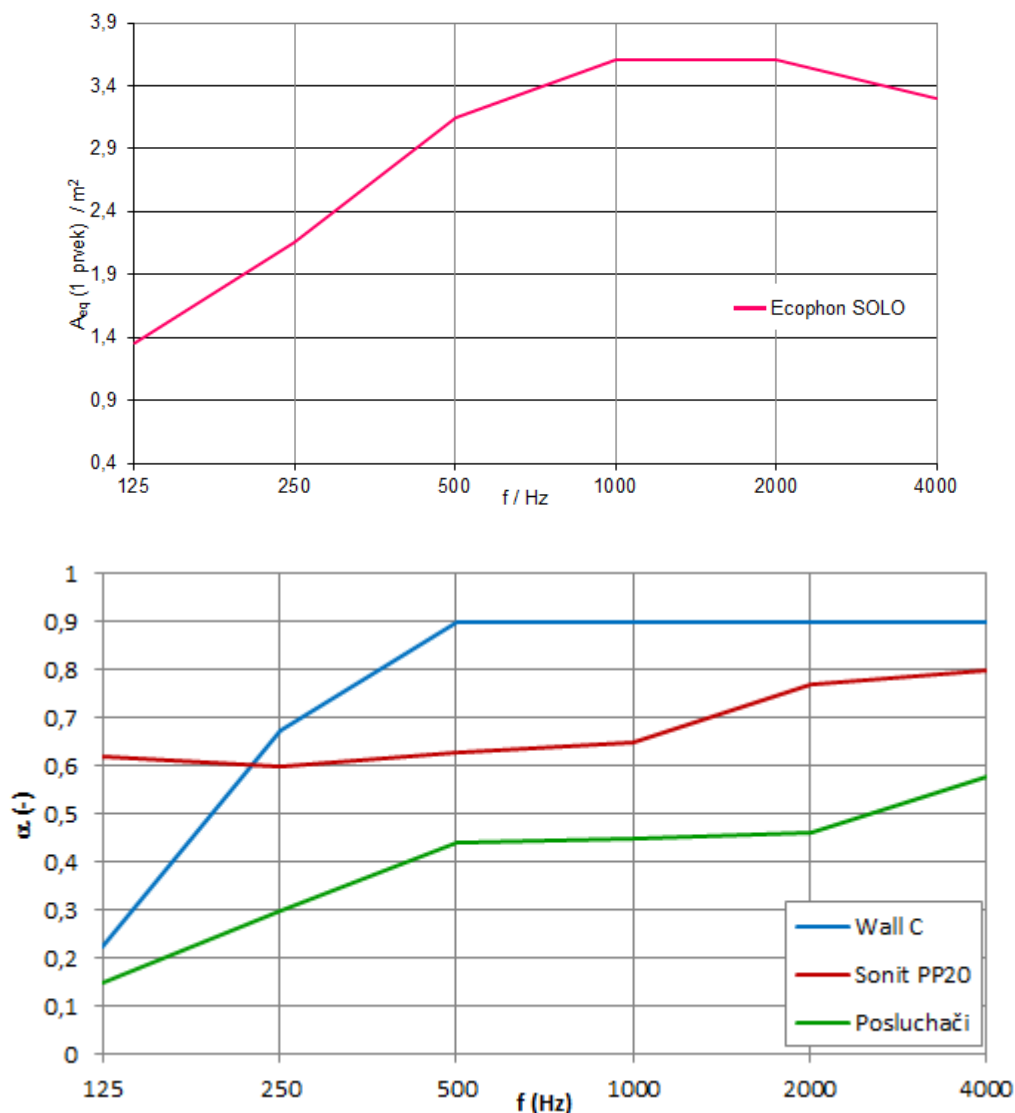
Základní rozměry /mm/: 900 × 1000 × 18, 950 × 1000 × 18, 650 × 1300 × 20 s drážkou

Orientační cena: 1.600,- Kč/m²

Obr. 10.3: Příklad provedení



10.3 Pohltivost použitých materiálů



10.4 Folie AMS

Neasfaltická, hygienicky a ekologicky nezávadná hmota, vyrobená na bázi chlorovaného polyetyleny s minerálním plnivem, aromatickým olejem a dalšími aditivy. Vysoká plasticita této hmoty umožňuje nejen překrytí tvarově velmi složitých ploch, ale i snížení rezonancí a vibrací tenkých plechů, přičemž tato schopnost se významně nemění ani v závislosti na čase ani na nízkých teplotách.

Rozměry /mm/: 1000 x 2000, tl. 2 mm, 3 mm, případně 4 mm.

Výstupní kontrola, 10. prosince 2015

