

## Akustická studie

# ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

## Gymnázium Svitavy

Objednatel: **ŠAFÁŘ CZ s.r.o., Nová 205, 572 01 Polička**

Číslo zakázky: **17 039 B**

Počet stran: **8**

Zhotovitel:



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

Vypracoval: **Ing. Miroslav Dostál**

Kontrolovala: **Ing. Hana Vojířová**

Datum: **9. února 2017**

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 studie obsahující modelaci prostoru, výpočty a vyhodnocení s ohledem na platnou legislativu byla vypracována jako podklad pro návrh typu a množství akustických prvků aplikovaných do prostoru jídelny gymnázia ve Svitavách pro zlepšení hlukové situace v místnosti. Součástí je dále návrh typu a množství akustických prvků v přilehlé chodbě. Zakázka je vedena pod číslem 17 039.

Pro posouzení jsou použity příslušné normy ČSN a odborná literatura.

Úkolem práce bylo akustické řešení prostoru směřující k dosažení lepších poslechových podmínek a omezení volného šíření hluku v prostoru.

## 2 Legislativa

- 1 ČSN 73 0525: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. Český normalizační institut; únor 1998.
- 2 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. Český normalizační institut; březen 2005.
- 3 ČSN EN ISO 11654: Akustika. Absorbéry zvuku používané v budovách. Hodnocení zvukové pohltivosti. Český normalizační institut; prosinec 1998.
- 4 Výstavba školských zařízení – Akustické řešení školních staveb; Ministerstvo školství ČSR; duben 1972
- 5 Měření hluku školních jídelen z podkladů firmy Akusting; 2006-2016.

## 3 Seznam použitých zkratk a symbolů

$f$ [Hz]	- frekvence
$T$ [s]	- doba dozvuku
$T_{20}$ [s]	- doba dozvuku určená z poklesu mezi v rozmezí 5 až 25 dB
$T_{30}$ [s]	- doba dozvuku určená z poklesu mezi v rozmezí 5 až 35 dB
$V$ [m <sup>3</sup> ]	- objem místnosti
$c$ [m.s <sup>-1</sup> ]	- rychlost šíření zvuku ve vzduchu
$\alpha_w$ [-]	- vážený číselník zvukové pohltivosti
NRC	- střední hodnota číselníku pohltivosti $NRC = (\alpha_{n,250} + \alpha_{n,500} + \alpha_{n,1000} + \alpha_{n,2000}) / 4$

## 4 Obsah práce

Obsahem studie je řešení jídelny a přilehlé chodby vedoucí ke zlepšení akustické situace v prostoru.

Struktura: 

- modelace jídelny a chodby ve výpočtovém programu;
- návrh řešení prostorové akustiky na základě akustických výpočtů.

## 5 Legislativa a normativní požadavky

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.

V normě jsou uvedeny hodnoty optimální doby dozvuku pro místnosti o objemu nad  $100 m^3$ . Pro místnosti menší je možné hodnoty  $T_0$  odečíst z grafu dle příslušné křivky.

U prostorů školních jídelen se obecně požaduje širokopásmový obklad stropu. Širokopásmovým obkladem rozumíme obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti  $a_w \geq 0,8$ . Tento vážený činitel zvukové pohltivosti je jednočíselná kmitočtově nezávislá hodnota rovná hodnotě směrné křivky na 500 Hz po jejím posuvu, dle normy ČSN EN ISO 11654.

Optimální doba dozvuku a následné porovnání s tolerančním pásmem se v tomto případě nevyžaduje. Posuzuje se pouze to, zda je navržený obklad stropu širokopásmový.

Studie dále řeší prostor chodby, pro kterou není normově stanoven žádný požadavek z hlediska akustiky. Jelikož se jedná o prostor pro sdružování lidí, který navíc komunikačně přímo navazuje na prostory řešené jídelny, platí stejný požadavek jako v jídelně.

Akustické úpravy je možno rozdělit na:

a) úpravy pro snížení hlučnosti prostředí – patří sem všechny školní prostory, kde hluk vzniká vlastní činností, jako jsou školní jídelny, tělocvičny, školní dílny, herny družin apod. Maximální hladina hluku sice není předepsána, ale je jí třeba pro její vysokou hodnotu snížit.

b) úpravy pro zlepšení srozumitelnosti řeči nebo vytvoření podmínek dobrého poslechu hudby – sem patří učebny na školách všech typů, posluchárny a přednáškové sály. Jedná se o akusticky funkční místnosti, kde je nutno docílit optimální podmínky pro poslech řeči či hudby zajištěním optimální doby dozvuku.

## 6 Modelace stávajícího stavu a návrh nového řešení jídelny

Naše firma v minulosti měřila několik podobných prostor školních jídelen. Níže předkládáme výsledky měření v rozměrově i tvarově téměř stejné jídelně ZŠ Vyškov. Tyto hodnoty zde uvádíme pro srovnání, jako referenční.

## 6.1 Referenční hodnoty hladin akustického tlaku A v prostorách jídelny

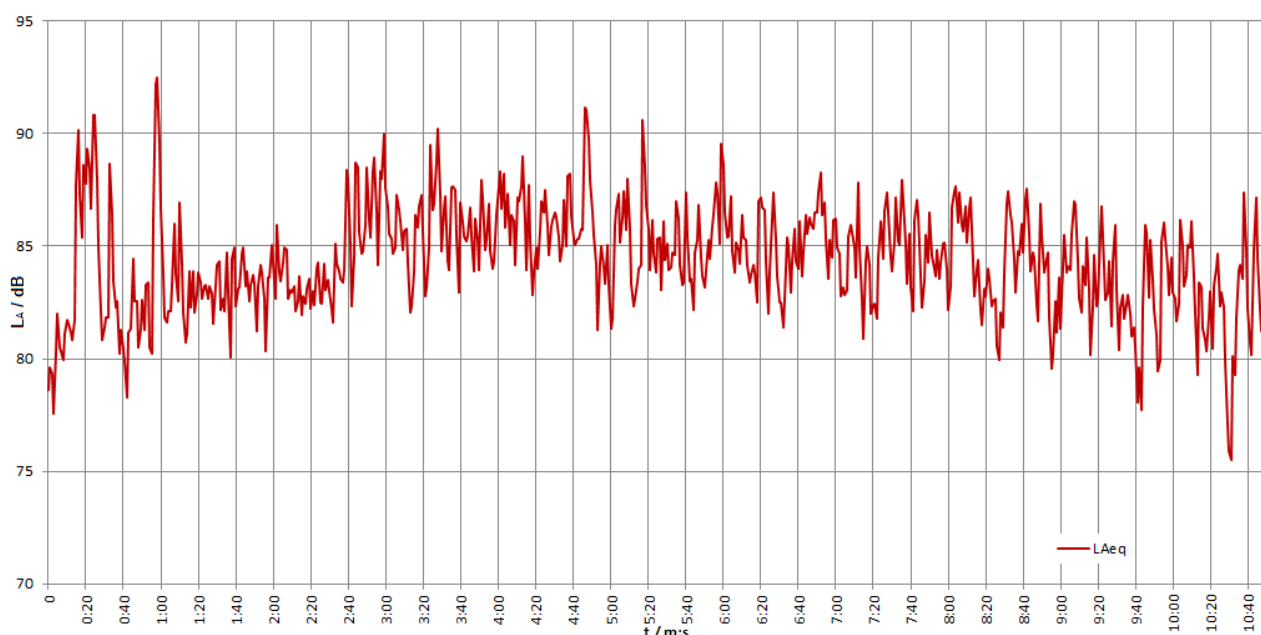
### 1 U sloupu ve středu jídelny – přítomna družina

Paměť	Čas spuštění	Interval T (s)	$L_{Aeq,T}(dB)$	$L_{pAmax}(dB)$	$L_{pAmin}(dB)$	$L_{A90,T}(dB)$
soubor001	15.12.2014 13:09	00:10:01	72,2	85,9	50,4	63,6

### 2 U sloupu ve středu jídelny – obědvá druhý stupeň

Paměť	Čas spuštění	Interval T (s)	$L_{Aeq,T}(dB)$	$L_{pAmax}(dB)$	$L_{pAmin}(dB)$	$L_{A90,T}(dB)$
soubor004	15.12.2014 13:32	00:03:04	78,7	87,1	69,3	74,2
soubor005	15.12.2014 13:36	00:11:00	82,4	91,9	69,6	78,1

Graf 6.1: Změny hladin akustického tlaku A v průběhu měření (soubor 005)



### Komentář:

Hladiny akustického tlaku A při plném provozu jídelny neklesají pod 80 dB, jak je viditelné na grafu výše. Hodnoty nejvíce oscilují kolem 85 dB. Komfortní stav pro tento druh místností je kolem 75 dB.

## 6.2 Stávající stav jídelny

Posuzovaný prostor jídelny má obdélníkový půdorys. Na podlaze je PVC, strop, stěny i sloupy jsou omítnuté. Všechny povrchy velmi odrazivé. Pomocí programu Odeon 9.10 Industrial byl vytvořen akustický model prostoru. Dle výsledků měření v obdobných jídelnách a pohltivosti ploch byl proveden výpočet stávající akustické situace. V tabulce 6.1 jsou uvedeny výsledky výpočtů doby dozvuku a hladin akustického tlaku A v jídelně bez akustických úprav.

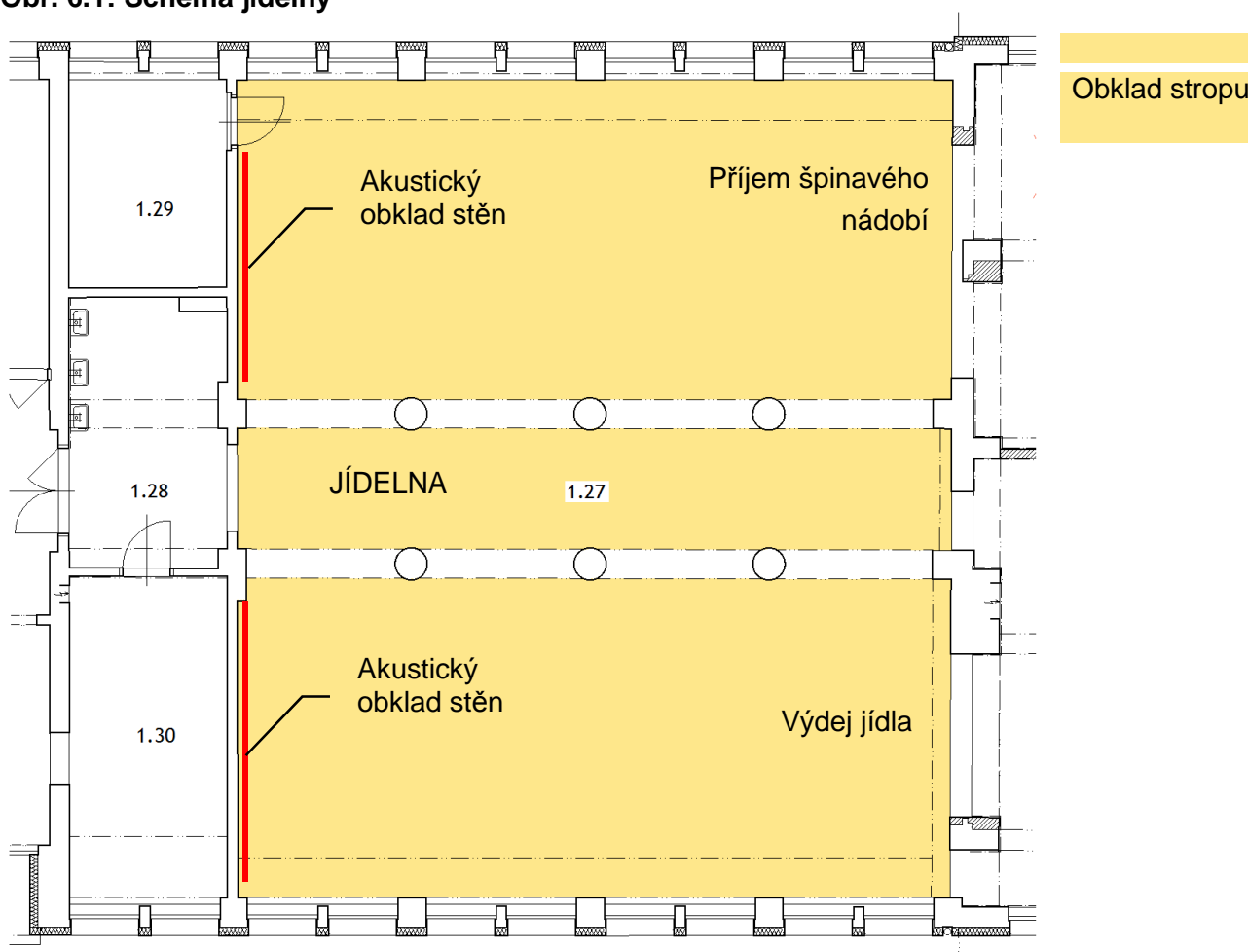
Tab. 6.1: Doba dozvuku v prostoru a průměrná hladina akustického tlaku A

Jídelna gymnázium Svitavy $V = 540 \text{ m}^3$		Doba dozvuku $f / \text{Hz}$						$L_{Aeq} / \text{dB}$
		125	250	500	1000	2000	4000	
$T_{30}$	Jídelna – stávající, bez úprav	3,73	3,10	2,59	2,41	2,21	1,43	85,8

### 6.3 Návrh úprav jídelny

Dle požadavku normy je třeba na strop aplikovat širokopásmový obklad. Nejvýhodnější je použití širokopásmových pohltivých desek svěšených pod stávající strop. Instalace s vytvořením dutiny mezi stropem a podhledem lépe pohlcuje v oblasti nižších frekvencí. Akustické desky lze aplikovat i přímo na strop lepením, ale tyto stropy nedosahují takové pohltivosti v oblasti nižších frekvencí. Třetí variantou je pak použití prostorových těles; vzhledem k nižší světlé výšce nejsou ale tyto prvky příliš vhodné, navíc jejich pohltivost na nízkých frekvencích je malá.

Obr. 6.1: Schéma jídelny



V novém řešení jsme zvolili akustický rastrový podhled z desek na bázi minerální vaty svěšený o 200 mm pod úroveň stávajícího stropu s nakaširovanou povrchovou úpravou ze spodní strany. Plocha úprav na stropě cca 152 m<sup>2</sup>.

Pro omezení nežádoucích odrazů a hluku šířícího se z výdejních oken kuchyně byl na zadní stěnu místnosti doplněn akustický obklad na bázi minerální vaty s tkaninou na povrchu. Obklad bude tvořit horizontální pás výšky 1,2 m a délky cca 9 m, který bude umístěn na středu stěny naproti výdejním okýnkům. Celková plocha úpravy stěny je 11 m<sup>2</sup>. Umístění obkladu je naznačeno na obr. 6.1. Vliv obkladu na celkovou dobu dozvuku a hladiny akustického tlaku není velký, jeho vliv je především v omezení nežádoucích odrazů, které se ve výpočtu těchto veličin neprojeví.

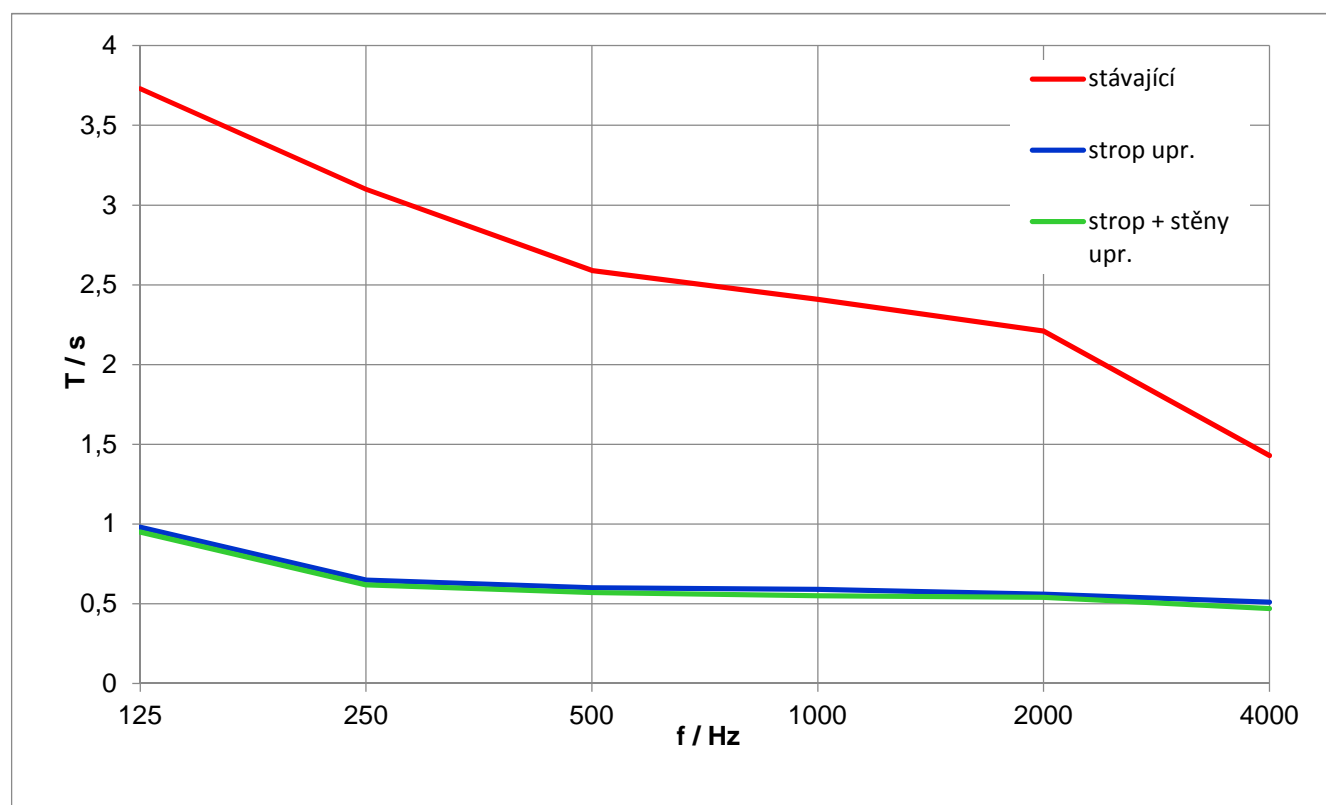
V následující tabulce přikládáme výsledky výpočtu s úpravami stropu a následně s přidanou úpravou částí dvou stěn. Jsou zde uvedeny hodnoty doby dozvuku v oktávových pásmech – modelované a vypočtené po aplikaci akustických prvků. V posledním sloupci je uvedena hladina akustického tlaku A v místnosti po úpravách.

**Tab. 6.2: Doba dozvuku v prostoru a průměrná hladina akustického tlaku A**

Jídelna gymnázium Svitavy $V = 540 \text{ m}^3$		Doba dozvuku $f / \text{Hz}$						$L_{\text{Aeq}} / \text{dB}$
		125	250	500	1000	2000	4000	
$T_{\text{up1}}$	Jídelna – strop upr.	0,98	0,65	0,60	0,59	0,56	0,51	79,3
$T_{\text{up2}}$	Jídelna – strop + stěny upr.	0,95	0,62	0,57	0,55	0,54	0,47	79,1

Po provedení akustických úprav na stropě a stěnách dojde ke snížení hladin akustického tlaku A v prostoru jídelny o cca 6 dB a doba dozvuku klesne v celém spektru zhruba na čtvrtinu původních hodnot.

**Graf 6.2: Grafické znázornění doby dozvuku modelovaných prostor jídelny před a po akustických úpravách**

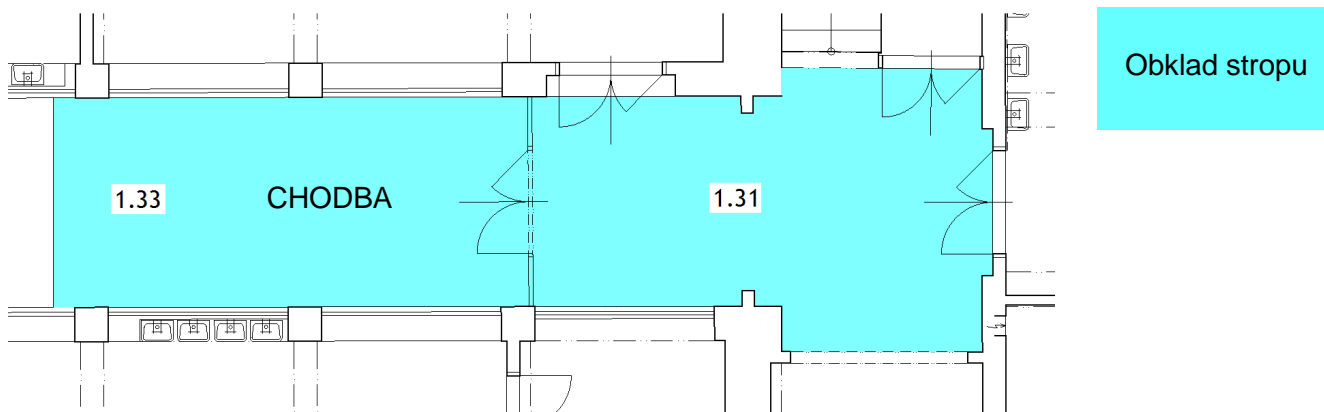


## 7 Návrh úprav chodby

Posuzovaný prostor chodby má obdélníkový půdorys. Na podlaze je PVC, strop i stěny jsou omítnuté. Všechny povrchy velmi odrazivé.

Jedná se o místnost, kde hluk vzniká vlastní činností. Pro snížení hladin akustického tlaku je opět použita úprava stropu pomocí širokopásmového akustického podhledu. Výpočet byl proveden s rastrovým podhledem z desek na bázi minerální vaty svěšený o 200 mm pod úroveň stávajícího stropu. Plocha úprav na stropě je cca 40 m<sup>2</sup>.

Obr. 7.1: Schéma chodby

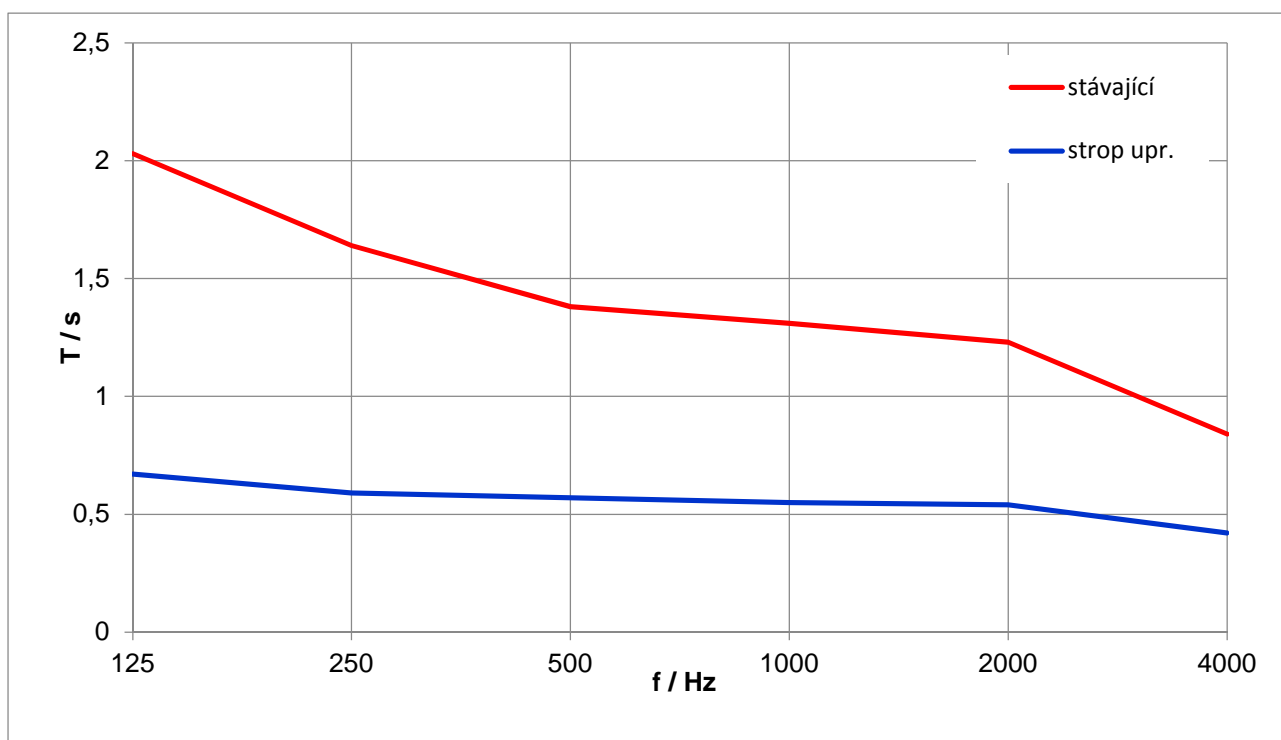


Tab. 7.1: Doba dozvuku v prostoru a průměrná hladina akustického tlaku A

Chodba gymnázium Svitavy $V = 101 \text{ m}^3$		Doba dozvuku $f / \text{Hz}$						$L_{\text{Aeq}} / \text{dB}$
		125	250	500	1000	2000	4000	
$T_{30}$	Chodba – stávající, bez úprav	2,03	1,64	1,38	1,31	1,23	0,84	80,8
$T_{\text{up}}$	Chodba – upr.	0,67	0,59	0,57	0,55	0,54	0,42	75,0

Po provedení akustických úprav na stropě dojde ke snížení hladin akustického tlaku A v prostoru chodby o cca 6 dB a doba dozvuku klesne v celém spektru zhruba až na třetinu původních hodnot. Pro úpravu chodby je možné použít i širokopásmový pohled s váženým činitelem zvukové pohltivosti  $\alpha_w \geq 0,7$ .

Graf 7.1: Grafické znázornění doby dozvuku modelovaných prostor chodby před a po akustických úpravách



## 8 Závěrečný komentář

Podrobné akustické výpočty, s použitím měření obdobných jídelen, prokázaly velkou odrazivost prostoru jídelny a s tím související vysoké hladiny akustického tlaku A při užívání jídelny žáky. Po provedení akustických úprav stropu a stěny dojde k poklesu doby dozvuku a snížení hladin akustického tlaku v jídelně o cca 6 dB. Snížení doby dozvuku má vliv na zlepšení srozumitelnosti řeči. Žáci na sebe v akusticky upravených jídelnách nemusí tolik křičet, aby si rozuměli, a jejich hlasové projevy se vlivem akustické úpravy méně šíří po prostoru.

Další přidávání pohltivých materiálů již nebude mít výraznější vliv na snížení hluku v místnosti, protože platí pravidlo, že při každém zdvojnásobení pohltivosti místnosti klesá doba dozvuku na polovinu své původní hodnoty a hladina akustického tlaku se zároveň sníží o 3 dB.

V navazující řešené chodbě je situace obdobná, po aplikaci úprav na stropě dojde ke snížení hluku cca o 6 dB.

## 9 Popis akustických materiálů

V následující tabulce přikládáme pohltivosti materiálů použitých při výpočtu. Není nutné se striktně držet uvedených pohltivostí na jednotlivých frekvencích. **Je třeba dodržet podmínku na vážený činitel zvukové pohltivosti akustických úprav  $\alpha_w \geq 0,8$  v prostoru jídelny a  $\alpha_w \geq 0,7$  v prostoru chodby.**

Pohltivosti použitých materiálů:

Materiál		f (Hz)						$\alpha_w$
		125	250	500	1000	2000	4000	
Akustický podhled	$\alpha (-)$	0,54	0,86	0,90	0,90	0,90	0,90	0,9
Pohltivý obklad stěny	$\alpha (-)$	0,16	0,64	0,87	0,87	0,89	0,86	0,8

