

DOSTAVBA ZŠ LUKA NAD JIHLAVOU

Školní 177, 588 22 Luka nad Jihlavou

Akustická studie - prostorová akustika

4.15, 4.16, 4.17, 4.21, 4.22 - Učebny

Návrh akustických obkladů a výpočet doby dozvuku

Vypracoval:



Ing. Martin Čech

Na Míčánkách 6
101 00 Praha 10-Vršovice

Projektant:

Ing. Josef Slabý

Arnolec 30
588 27 Jamné u Jihlavy

Investor:

Městys Luka nad Jihlavou

1. máje 76
588 22 Luka nad Jihlavou

Praha, listopad 2021

DOSTAVBA ZŠ LUKA NAD JIHLAVOU

Školní 177, 588 22 Luka nad Jihlavou

Akustická studie - prostorová akustika

4.15, 4.16, 4.17, 4.21, 4.22 - Učebny

Návrh akustických obkladů a výpočet doby dozvuku

1. Úvod

Předmětem akustické studie je návrh úprav prostorové akustiky učeben umístěných v nové nástavbě budovy základní školy ve Školní ulici 177 v Lukách nad Jihlavou.

2. Použité výchozí podklady

1. Dostavba ZŠ Luka nad Jihlavou, D. Architektonické a stavebně technické řešení, projektant Ing. Josef Slabý, Arnolec 30, 588 27 Jamné u Jihlavy, říjen 2021,
2. Konzultace a technické podklady poskytnuté zpracovatelem projektové dokumentace,
3. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění,
4. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění,
5. ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. ČNI, únor 1998,
6. ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. ČNI, březen 2005,
7. J. Vaverka, J. Havránek, V. Kozel, P. Siegl: Akustika staveb-Souhrn kritériálních požadavků a výpočtových metod v oboru stavební a prostorové akustiky, VUT Brno, 1996,
8. J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb-Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996,
9. Technická dokumentace výrobců akustických obkladů a konstrukcí a stavebních materiálů.

3. Doba dozvuku

V každém uzavřeném prostoru dochází vlivem zvukové pohltivosti stěn a vnitřního vybavení k pohlcování akustické energie vyzařované zdrojem zvuku.

Po zapnutí zdroje zvuku hustota zvukové energie s časem roste a asymptoticky se blíží hodnotě v ustáleném stavu, ve kterém je zvuková energie pohlcovaná stěnami neustále doplňována zdrojem zvuku. Součet energie v prostoru a energie pohlcované stěnami a vybavením se tedy musí rovnat zvukové energii vysílané zdrojem. Po vypnutí zdroje zvuku bude hustota zvukové energie v prostoru postupně klesat, až zcela zanikne.

Zvuk, který se šíří prostorem po vypnutí zdroje zvuku, se nazývá dozvuk a doba, po kterou existuje, je dobou dozvuku T .

Doba dozvuku je definována jako doba, za kterou po vypnutí zdroje zvuku klesne hustota energie nebo intenzita zvuku na miliontinu (10^{-6}) své původní hodnoty.

Při vyjádření pomocí hladin akustického tlaku L , na jejichž vyhodnocování je založeno měření doby dozvuku, odpovídá době dozvuku rozdíl hladin 60 dB.

Činitel zvukové pohltivosti plochy je poměr zvukové energie plochou pohlcené k celkové energii na plochu dopadající

$$0 < \alpha < 1.$$

Pro plochu úplně odrážející dopadající zvukovou energii je tedy

$$\alpha = 0 \quad [-]$$

a naopak plocha úplně pohlcující dopadající zvukovou energii má

$$\alpha = 1 \quad [-].$$

Zvuková pohltivost plochy S je

$$A = \alpha S \quad [m^2].$$

Střední činitel zvukové pohltivosti n ($i = 1$ až n) ploch je

$$\alpha_S = \sum_i \alpha_i S_i / S \quad [m^2]$$

kde je

S_i	$[m^2]$	- dílčí plocha,
α_i	$[-]$	- činitel zvukové pohltivosti této dílčí plochy,
S	$[m^2]$	- celkový vnitřní povrch uzavřeného prostoru,
α_S	$[-]$	- střední činitel zvukové pohltivosti vnitřního povrchu.

Pro dobu dozvuku platí Eyringův vztah

$$T = 0,163V / A \quad [s],$$

kde je

V	$[m^3]$	- objem uzavřeného prostoru,
$A = \alpha_E S + 4mV$	$[m^2]$	- celková ekvivalentní plocha pohlcování,
m	$[-]$	- činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu,
$\alpha_E = -\ln(1 - \alpha_S)$	$[-]$	- Eyringův činitel zvukové pohltivosti.

Jak je z uvedených vztahů zřejmé, lze vhodnou kombinací obkladů a konstrukcí o různé zvukové pohltivosti ovlivňovat velikost doby dozvuku v uzavřeném prostoru.

Pro každý uzavřený prostor existuje tzv. optimální doba dozvuku, jejíž velikost závisí na objemu prostoru, na druhu zvukového signálu šířícího se vzduchem a na účelu, ke kterému má prostor sloužit.

Hlavní požadavky, zásady a kritéria pro řešení prostorové akustiky uzavřených prostorů jsou uvedeny ve státních normách:

- ČSN 73 0525-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady,
- ČSN 73 0526-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku,
- ČSN 73 0527-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely; Prostory ve školách; Prostory pro veřejné účely.

V ČSN ISO 3382 (73 0534)-Akustika. Měření doby dozvuku místností a sálů s uvedením jiných akustických parametrů je stanoven způsob měření doby dozvuku.

Výpočet doby dozvuku se provádí v oktavových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz nebo 250 Hz až 2 000 Hz (pro tělocvičny, sportovní a plavecké haly) podle ČSN 73 0525. Kmitočtový průběh doby dozvuku T vypočítaný pro navrhovanou skladbu akustických obkladů musí vyhovovat tolerančnímu pásmu pro převažující typ signálu v prostoru. Přípustná rozmezí poměru vypočítané doby dozvuku a optimální doby dozvuku T/T_0 jsou uvedeny v příslušných normách.

V současné době jsou tyto státní normy platné, ale jejich ustanovení nejsou závazná, pokud není dalšími předpisy stanoveno jinak. Jejich doporučení se týkají objemu, tvaru, doby dozvuku a hlukových poměrů v akusticky náročných prostorech. Kvůli kvalitě díla je vhodné je při realizaci dodržovat.

4. Požadavky na dobu dozvuku akusticky upravovaných místností

Návrh úprav prostorové akustiky je proveden podle doporučení platných českých státních norem, které jsou pro prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých závazné na základě § 7 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, /lit. 3/, v platném znění a vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, /lit. 4/, v platném znění. Podle § 4b této vyhlášky musí být v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých dodrženy normové hodnoty doby dozvuku podle příslušné české technické normy.

ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely, /lit. 6/, stanoví v tabulce č. 2 pro prostory ve školách následující požadavky na optimální dobu dozvuku:

$T_o = 0,70$ s	pro učebny o vnitřním objemu do 250 m^3	4.05 a 4.17,
	pro učebny o vnitřním objemu větším než 250 m^3	4.16 - $272,7 \text{ m}^3$,
		4.21 - $258,5 \text{ m}^3$,
		4.22 - $294,3 \text{ m}^3$,

- hodnoty optimální doby dozvuku se vztahují ke kmitočtu 1 000 Hz, v obsazeném stavu,
- přípustné rozmezí doby dozvuku je stanoveno ve zmíněné normě na obrázku A 4 pro řeč - učebny $\pm 20 \%$ pro střední kmitočty oktařových pásem 250-2 000 Hz, $+20 \%$ / -35% pro střední kmitočty oktařových pásem 125 Hz a 4 000 Hz.

5. Návrh úprav prostorové akustiky

Výpočet doby dozvuku je proveden podle ČSN 73 0525, /lit. 5/, v oktařových pásmech kmitočtu se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz.

Základní rozměry prostoru a výsledky teoretického výpočtu předpokládaného kmitočtového průběhu doby dozvuku v jednotlivých učebnách jsou pro navrženou akustickou úpravu stropu a stěn uvedeny v tabulkách TAB 1-5:

4.05 - Učebna	$V = 178,0 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70$ s	$T_{1k} = 0,58$ s	$T_{stř} = 0,63$ s	TAB 1
stropní podhled	$15,0 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, d=200 mm,			
	$32,0 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, gamma, d=200 mm,			
stěny	$3,2 \text{ m}^2$	Ecophon Akusto Wall C Super G, d%50 mm,			
4.16 - Učebna	$V = 272,7 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70$ s	$T_{1k} = 0,56$ s	$T_{stř} = 0,60$ s	TAB 2
stropní podhled	$30,0 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, d=200 mm,			
	$55,8 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, gamma, d=200 mm,			
stěny	$3,2 \text{ m}^2$	Ecophon Akusto Wall C Super G, 2 700×600×40 mm,			
4.17 - Učebna	$V = 229,0 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70$ s	$T_{1k} = 0,58$ s	$T_{stř} = 0,62$ s	TAB 3
stropní podhled	$25,0 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, d=200 mm,			
	$35,9 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, gamma, d=200 mm,			
stěny	$3,2 \text{ m}^2$	Ecophon Akusto Wall C Super G, 2 700×600×40 mm,			
4.21 - Učebna	$V = 258,5 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70$ s	$T_{1k} = 0,57$ s	$T_{stř} = 0,60$ s	TAB 4
stropní podhled	$30,0 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, d=200 mm,			
	$45,1 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, gamma, d=200 mm,			
stěny	$3,2 \text{ m}^2$	Ecophon Akusto Wall C Super G, 2 700×600×40 mm,			
4.22 - Učebna	$V = 294,3 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70$ s	$T_{1k} = 0,60$ s	$T_{stř} = 0,64$ s	TAB 5
stropní podhled	$30,0 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, d=200 mm,			
	$54,5 \text{ m}^2$	Ecophon Gedina E 15 mm*, gamma, d=200 mm,			
stěny	$3,2 \text{ m}^2$	Ecophon Akusto Wall C Super G, 2 700×600×40 mm,			

- kde je
- $V [m^3]$ - vnitřní objem místnosti,
 - $T_o [s]$ - optimální doba dozvuku učebny s obsazením,
 - $T_{1k} [s]$ - střední doba dozvuku pro střední kmitočty oktaóvového pásma 1 000 Hz,
 - $T_{stř} [s]$ - střední doba dozvuku v pásmu se středními kmitočty 500-1 000 Hz,
 - $d [mm]$ - tloušťka vzduchového polštáře.

Akustická úprava stropu a stěn:

- Ecophon Gedina E 15 mm*
typový akustický stropní panel ze skelné vlny tl. 15 mm rozměrů 600×600 mm, 1 200×600 mm nebo 1 200×1 200 mm, s polozapuštěnou hranou, tloušťka vzduchového polštáře $d=200$ mm, zavěšení pod stropem pomocí typového kovového rastrového systému s polozapuštěnou hranou,
- Ecophon Gedina E 15 mm gamma*
typový akustický stropní panel ze skelné vlny tl. 15 mm rozměrů 600×600 mm, 1 200×600 mm nebo 1 200×1 200 mm, s polozapuštěnou hranou, v provedení se zvýšenou zvukovou pohltivostí v pásmu nízkých kmitočtů a sníženou zvukovou pohltivostí v pásmu středních a vysokých kmitočtů, tloušťka vzduchového polštáře $d=200$ mm, zavěšení pod stropem pomocí typového kovového rastrového systému s polozapuštěnou hranou,
- Ecophon Akusto Wall C Super G*
typový akustický stěnový panel ze skelné vlny tl. 40 mm, rozměrů 2 700×1 200 mm, s rovnou hranou, v provedení se zvýšenou mechanickou odolností, tloušťka vzduchového polštáře $d=50$ mm, přímá montáž na stěny pomocí typového kovového systému.

Ve výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku v učebnách je zahrnut vliv zvukové pohltivosti obsazení osobami a dalšího interiérového vybavení místnosti.

Bude-li se skutečně instalované množství akustických obkladů lišit od navrhovaného o ± 10 %, nebude výsledný kmitočtový průběh doby dozvuku podstatně ovlivněn.

Architektonicko stavební řešení akusticky upravovaných místností je navrženo v projektové dokumentaci, /lit. 1/.

Učebny mají

- obdélníkový půdorys,
- rovnou podlahu s náslapnou podlahovou vrstvou z PVC,
- okna ve fasádním plášti, v části učeben na tyto okna navazují střešní okna,
- vstupní plně dřevěné jednokřídlé dveře z chodby,
- katedru pro učitele a stolky se židlemi pro maximálně 20 žáků, tabuli, nástěnky a skříňky,
- na stropě navržený typový akustický rastrový podhled kombinovaný z panelů ze skelné vlny tl. 15 mm Ecophon Gedina E*, (povrchová úprava s vyšší zvukovou pohltivostí v pásmu středních a vyšších kmitočtů) a Ecophon Gedina E gamma* (povrchová úprava s vyšší zvukovou pohltivostí v pásmu nízkých kmitočtů a potlačenou zvukovou pohltivostí v pásmu středních a vyšších kmitočtů), je vhodné umístit méně pohltivé panely v provedení Gedina E gamma* nad přední části učebny s katedrou a tabulí a nad střední a zadní částí učebny s lavicemi umístit panely v pohltivějším provedení Gedina E*, ve výměře a provedení podle tohoto návrhu akustických úprav,
- na stěnách navržený typový akustický stěnový panel ze skelné vlny tl. 40 mm Ecophon Akusto Wall C Super G*, panely je vhodné umístit nejlépe na zadní stěnu učebny naproti katedře s tabulí anebo na boční stěnu naproti oknům do učebny, ve výměře a provedení podle tohoto návrhu akustických úprav, panel může být podle potřeby rozměrově přizpůsoben a lze ho využívat jako nástěnku.

* / referenční výrobek, při realizaci použít výrobky se stejnými nebo lepšími vlastnostmi.

6. Závěr

Návrh úprav prostorové akustiky nových učeben žáků umístěných v nástavbě budovy základní školy ve Školní ulici 177 v Lukách nad Jihlavou je proveden podle doporučení platných českých státních norem, které jsou pro zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu závazné podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění, /lit. 4/.

Navrhované akustické úpravy slouží ke zvětšení zvukové pohltivosti a tedy ke zkrácení dozvuku a snížení hladiny akustického tlaku v poli odražených vln v uzavřeném prostoru. Přispějí tím ke zlepšení srozumitelnosti řeči a k ochraně vnitřního prostředí před hlukem z provozu v místnosti, ze zdrojů uvnitř budovy i z venkovního prostoru a zajistí tak potřebnou akustickou kvalitu a pohodu v jednotlivých učebnách.

Z výsledků výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku vyplývá, že navrhované akustické úpravy umožní ve všech učebnách zajistit akustické podmínky potřebné pro pobyt a výuku stanovené v ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely, /lit. 6/.

7. Poznámka

Všechny firmy a výrobky v projektu uvedené jsou referenční, při realizaci je třeba použít výrobky se stejnými nebo lepšími vlastnostmi a jejich případnou náhradu konzultovat s projektantem. V textu a tabulkách jsou označeny *.



Praha, listopad 2021

Ing. Martin Čech

Na Míčáncích 6
101 00 Praha 10-Vršovice
tel./fax: 272 730 640
gsm: 602 218 696
e-mail: marcech@tiscali.cz

Luka nad Jihlavou

4.05 - Učebna

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	59,4 m ²	délka:	d =	12,30 m
stropní podhled:	R =	59,4 m ²	šířka:	š =	4,83 m
obvodové stěny:	Q =	102,8 m ²	výška:	v =	3,00 m
celkový povrch:	S =	221,6 m ²			
celkový objem:	V =	178,0 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m ³		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,19		alfaS =	0,17
zvuková pohltivost:	AE =	41,7 m ²		AS =	38,0 m ²

Výpočet doby dozvuku T

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	83,0 m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	0,30
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	0,14	0,12	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10
3 Podlaha PVC	59,4 m ²	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
4 Okna zasklená	27,0 m ²	0,16	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	15,0 m ²	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	0,94
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	32,0 m ²	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20	0,35
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94

*/ referenční vzor - provedení akustického materiálu/prvku a jeho akustické vlastnosti musí odpovídat údajům uvedeným v tabulce, v technické zprávě prostorové akustiky a v projektové dokumentaci

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		4,30	4,30	4,30	3,82	2,70	1,71	4,06
alfaS [-]		0,15	0,18	0,18	0,20	0,18	0,18	0,19
AS [m ²]		34,1	39,3	39,2	44,2	40,5	39,9	41,69
alfaE [-]		0,17	0,20	0,19	0,22	0,20	0,20	0,21
AE [m ²]		37,0	43,3	43,1	49,3	44,7	43,9	46,21
A=AE+4mV [m ²]		37,0	43,3	43,1	50,2	46,4	49,6	46,64
T [s] - po akustické úpravě		0,78	0,67	0,67	0,58	0,63	0,59	0,63
tolerance podle ČSN 73 0526								
T / To - horní mez		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
T / To - výsledná hodnota		1,12	0,96	0,96	0,83	0,89	0,84	0,89
T / To - dolní mez		0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,80

Akustické obklady, vybavení a materiály

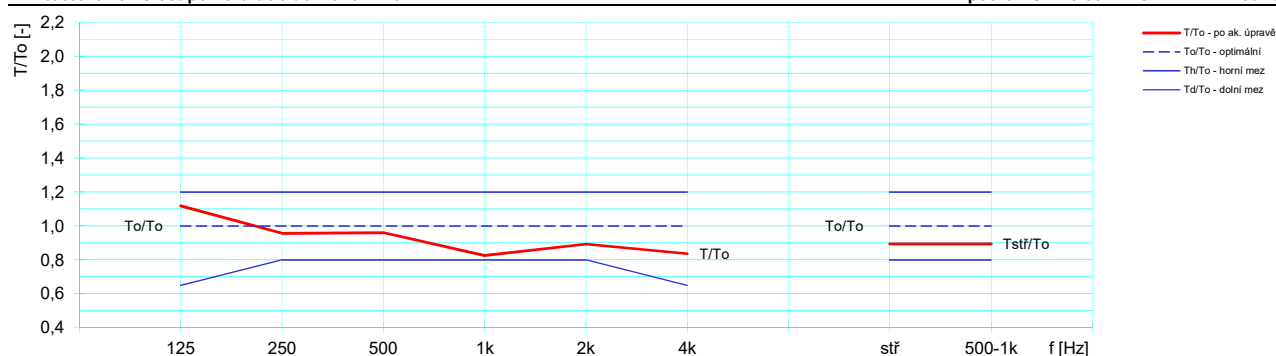
d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	83,0 m ²	plochy odrazející zvuk
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	děti ve třídě s odrazivým vybavením, hustota 1 ks/m ²
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	školní tabule rozkládací
3 Podlaha PVC	59,4 m ²	PVC, podlahová krytina, plast
4 Okna zasklená	27,0 m ²	okno se skleněnou výplní
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	dřevěné dveře
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	15,0 m ²	strop. panel skl. vlna, polozapuštěná hrana E, (600/1200)×600×15 mm, d=200 mm
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	32,0 m ²	strop. panel skl. vlna, polozapuštěná hrana E, (600/1200)×600×15 mm, gamma, d=200 mm
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	stěnový panel skl. vlna, rovná hrana A, 2 700×1 200×40 mm, d=40 mm

*/ referenční vzor

Kmitočtová závislost poměru dob dozvuku T/To

podle ČSN 73 0527 - OBR A.4 - Přednes řeči



Luka nad Jihlavou

4.16 - Učebna

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	90,7 m ²	délka:	d =	13,57 m
stropní pohled:	R =	90,7 m ²	šířka:	š =	6,70 m
obvodové stěny:	Q =	121,6 m ²	výška:	v =	3,00 m
celkový povrch:	S =	303,0			
celkový objem:	V =	272,7 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna o objemu V		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,21		alfaS =	0,19
zvuková pohltivost:	AE =	63,9 m ²		AS =	57,6 m ²

Výpočet doby dozvuku T

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	92,1 m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	0,30
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	0,14	0,12	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10
3 Podlaha PVC	90,9 m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
4 Okna zasklená	29,2 m ²	0,16	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	30,0 m ²	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	0,94
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	55,8 m ²	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20	0,35
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94

*/ referenční vzor - provedení akustického materiálu/prvku a jeho akustické vlastnosti musí odpovídat údajům uvedeným v tabulce, v technické zprávě prostorové akustiky a v projektové dokumentaci

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		4,82	4,82	4,82	4,22	2,97	1,84	4,52
alfaS [-]		0,18	0,21	0,21	0,23	0,21	0,20	0,22
AS [m ²]		53,5	63,0	62,7	69,1	63,1	61,4	65,88
alfaE [-]		0,19	0,23	0,23	0,26	0,23	0,23	0,25
AE [m ²]		58,9	70,6	70,2	78,4	70,8	68,6	74,32
A=AE+4mV [m ²]		58,9	70,6	70,2	79,7	73,4	77,2	74,97
T [s] - po akustické úpravě		0,75	0,63	0,63	0,56	0,61	0,58	0,60
tolerance podle ČSN 73 0526								
T / To - horní mez		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
T / To - výsledná hodnota		1,08	0,90	0,90	0,80	0,87	0,82	0,85
T / To - dolní mez		0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,80

Akustické obklady, vybavení a materiály

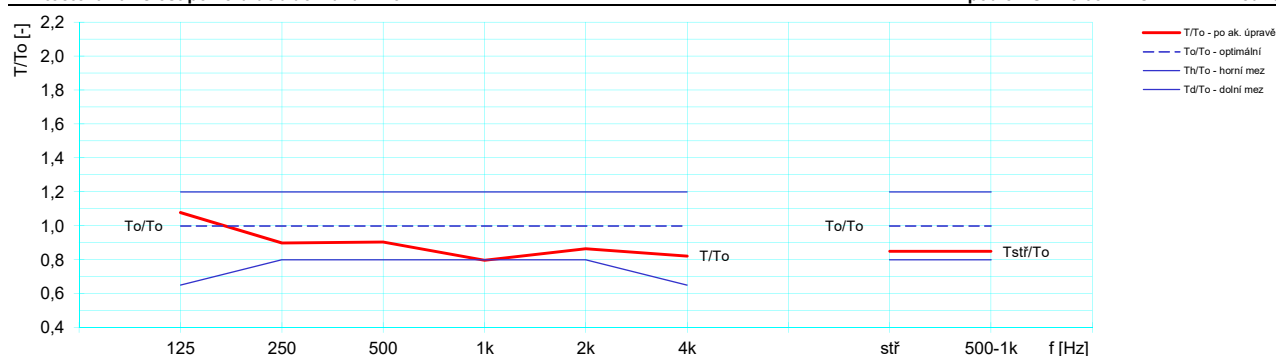
d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	92,1 m ²	plochy odrazející zvuk
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	děti ve třídě s odrazivým vybavením, hustota 1 ks/m ²
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	školní tabule rozkládací
3 Podlaha PVC	90,9 m ²	PVC, podlahová krytina, plast
4 Okna zasklená	29,2 m ²	okno se skleněnou výplní
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	dřevěné dveře
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	30,0 m ²	strop. panel skl. vlna, polozapuštěná hrana E, (600/1200)×600×15 mm, d=200 mm
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	55,8 m ²	strop. panel skl. vlna, polozapuštěná hrana E, (600/1200)×600×15 mm, gamma, d=200 mm
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	stěnový panel skl. vlna, rovná hrana A, 2 700×1 200×40 mm, d=40 mm

*/ referenční vzor

Kmitočtová závislost poměru dob dozvuku T/To

podle ČSN 73 0527 - OBR A.4 - Přednes řeči



Luka nad Jihlavou

4.17 - Učebna

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	75,7 m ²	délka:	d =	12,30 m
stropní podhled:	R =	75,7 m ²	šířka:	š =	6,21 m
obvodové stěny:	Q =	111,0 m ²	výška:	v =	3,00 m
celkový povrch:	S =	262,4 m ²			
celkový objem:	V =	229,0 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m ³		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,20		alfaS =	0,18
zvuková pohltivost:	AE =	53,6 m ²		AS =	48,5 m ²

Výpočet doby dozvuku T

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	87,8 m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	0,30
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	0,14	0,12	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10
3 Podlaha PVC	76,3 m ²	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
4 Okna zasklená	32,4 m ²	0,16	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	25,0 m ²	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	0,94
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	35,9 m ²	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20	0,35
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94

*/ referenční vzor - provedení akustického materiálu/prvku a jeho akustické vlastnosti musí odpovídat údajům uvedeným v tabulce, v technické zprávě prostorové akustiky a v projektové dokumentaci

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
T 0 [s] - bez akustické úpravy		4,67	4,67	4,67	4,10	2,89	1,80	4,39
alfaS [-]		0,16	0,19	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20
AS [m ²]		41,5	50,6	51,4	56,0	52,5	51,7	53,68
alfaE [-]		0,17	0,21	0,22	0,24	0,22	0,22	0,23
AE [m ²]		45,2	56,2	57,1	63,0	58,5	57,6	60,08
A=AE+4mV [m ²]		45,2	56,2	57,1	64,1	60,7	64,8	60,63
T [s] - po akustické úpravě		0,83	0,66	0,65	0,58	0,61	0,58	0,62
tolerance podle ČSN 73 0526								
T / To - horní mez		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
T / To - výsledná hodnota		1,18	0,95	0,93	0,83	0,88	0,82	0,88
T / To - dolní mez		0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,80

Akustické obklady, vybavení a materiály

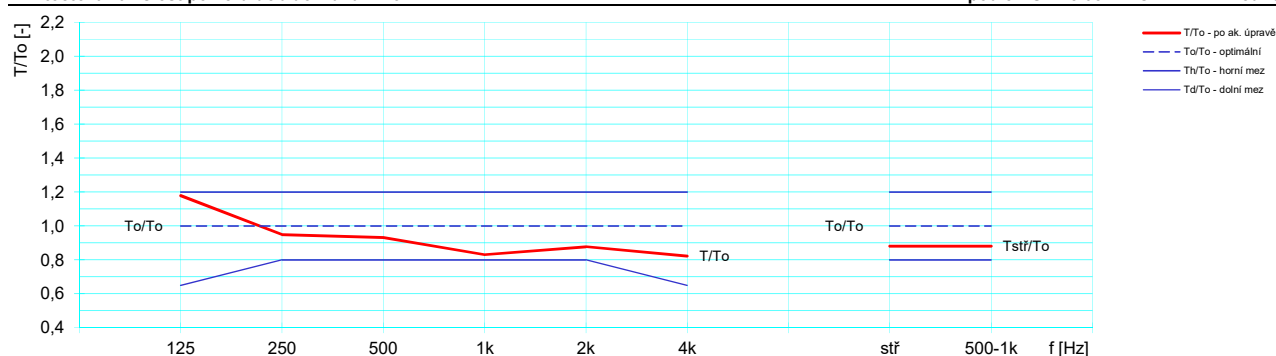
d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	87,8 m ²	plochy odrazející zvuk
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	děti ve třídě s odrazivým vybavením, hustota 1 ks/m ²
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	školní tabule rozkládací
3 Podlaha PVC	76,3 m ²	PVC, podlahová krytina, plast
4 Okna zasklená	32,4 m ²	okno se skleněnou výplní
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	dřevěné dveře
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	25,0 m ²	strop. panel skl. vlna, hrana E, (600/1200)×600×15 mm, d=200 mm
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	35,9 m ²	strop. panel skl. vlna, hrana E, (600/1200)×600×15 mm, gamma, d=200 mm
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	stěnový panel skl. vlna, rovná hrana A, 2 700×1 200×40 mm, d=40 mm

*/ referenční vzor

Kmitočtová závislost poměru dob dozvuku T/To

podle ČSN 73 0527 - OBR A.4 - Přednes řeči



Luka nad Jihlavou

4.21 - Učebna

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	75,1 m ²	délka:	d =	10,31 m, max.
stropní podhled:	R =	75,1 m ²	šířka:	š =	7,72 m, max.
obvodové stěny:	Q =	117,2 m ²	výška:	v =	3,25 m
celkový povrch:	S =	267,4 m ²			
celkový objem:	V =	258,5 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna o objemu V		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,23		alfaS =	0,20
zvuková pohltivost:	AE =	60,6 m ²		AS =	54,2 m ²

Výpočet doby dozvuku T

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	91,6 m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	0,30
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	0,14	0,12	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10
3 Podlaha PVC	79,5 m ²	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
4 Okna zasklená	16,1 m ²	0,16	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	30,0 m ²	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	0,94
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	45,1 m ²	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20	0,35
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94

*/ referenční vzor - provedení akustického materiálu/prvku a jeho akustické vlastnosti musí odpovídat údajům uvedeným v tabulce, v technické zprávě prostorové akustiky a v projektové dokumentaci

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		5,17	5,17	5,17	4,49	3,15	1,93	4,83
alfaS [-]		0,17	0,21	0,22	0,24	0,22	0,22	0,23
AS [m ²]		45,8	57,1	58,2	64,1	59,6	58,4	61,14
alfaE [-]		0,19	0,24	0,25	0,27	0,25	0,25	0,26
AE [m ²]		50,2	64,2	65,6	73,3	67,4	65,9	69,45
A=AE+4mV [m ²]		50,2	64,2	65,6	74,5	69,9	74,0	70,07
T [s] - po akustické úpravě		0,84	0,66	0,64	0,57	0,60	0,57	0,60
tolerance podle ČSN 73 0526								
T / To - horní mez		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
T / To - výsledná hodnota		1,20	0,94	0,92	0,81	0,86	0,81	0,86
T / To - dolní mez		0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,80

Akustické obklady, vybavení a materiály

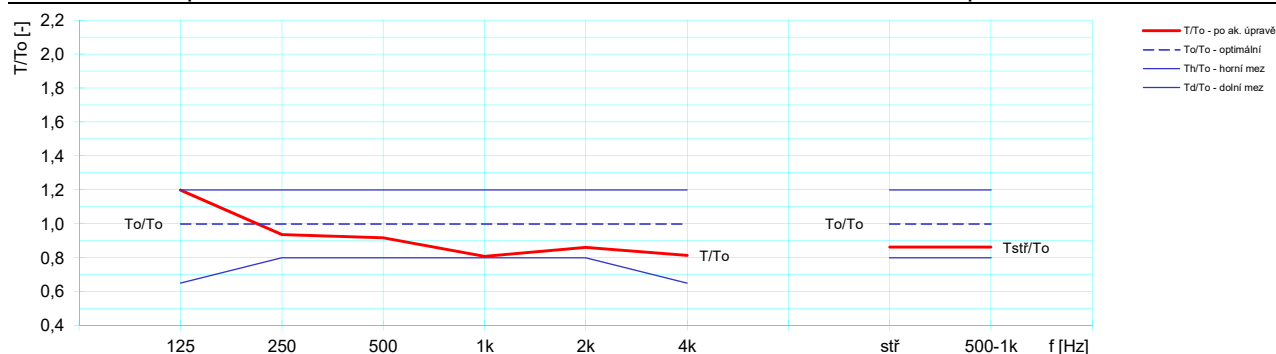
d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	91,6 m ²	plochy odrazející zvuk
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	děti ve třídě s odrazivým vybavením, hustota 1 ks/m ²
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	školní tabule rozkládací
3 Podlaha PVC	79,5 m ²	PVC, podlahová krytina, plast
4 Okna zasklená	16,1 m ²	okno se skleněnou výplní
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	dřevěné dveře
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	30,0 m ²	strop. panel skl. vlina, hrana E, (600/1200)×600×15 mm, d=200 mm
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	45,1 m ²	strop. panel skl. vlina, hrana E, (600/1200)×600×15 mm, gamma, d=200 mm
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	stěnový panel skl. vlina, rovná hrana A, 2 700×1 200×40 mm, d=40 mm

*/ referenční vzor

Kmitočtová závislost poměru dob dozvuku T/To

podle ČSN 73 0527 - OBR A.4 - Přednes řeči



Luka nad Jihlavou

4.22 - Učebna

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	94,4 m ²	délka:	d =	12,72 m, max.
stropní podhled:	R =	94,4 m ²	šířka:	š =	7,72 m, max.
obvodové stěny:	Q =	122,6 m ²	výška:	v =	3,00 m
celkový povrch:	S =	311,4 m ²			
celkový objem:	V =	294,3 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna o objemu V		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,22		alfaS =	0,20
zvuková pohltivost:	AE =	68,9 m ²		AS =	61,8 m ²

Výpočet doby dozvuku T

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	105,8 m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	0,30
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	0,14	0,12	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10
3 Podlaha PVC	94,4 m ²	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
4 Okna zasklená	21,6 m ²	0,16	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	30,0 m ²	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	0,94
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	54,5 m ²	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20	0,35
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94

*/ referenční vzor - provedení akustického materiálu/prvku a jeho akustické vlastnosti musí odpovídat údajům uvedeným v tabulce, v technické zprávě prostorové akustiky a v projektové dokumentaci

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		5,06	5,06	5,06	4,40	3,09	1,90	4,73
alfaS [-]		0,17	0,20	0,20	0,22	0,20	0,20	0,21
AS [m ²]		52,2	62,3	62,3	69,6	63,3	61,7	65,95
alfaE [-]		0,18	0,22	0,22	0,25	0,23	0,22	0,24
AE [m ²]		57,2	69,5	69,5	78,8	70,7	68,8	74,15
A=AE+4mV [m ²]		57,2	69,5	69,5	80,2	73,5	78,1	74,85
T [s] - po akustické úpravě		0,84	0,69	0,69	0,60	0,65	0,61	0,64
tolerance podle ČSN 73 0526								
T / To - horní mez		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
T / To - výsledná hodnota		1,20	0,99	0,99	0,85	0,93	0,88	0,92
T / To - dolní mez		0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,80

Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	105,8 m ²	plochy odrazující zvuk
1 Obsazení - 1 osoba/m ²	18,0 m ²	děti ve třídě s odrazivým vybavením, hustota 1 ks/m ²
2 Tabule rozkládací	4,8 m ²	školní tabule rozkládací
3 Podlaha PVC	94,4 m ²	PVC, podlahová krytina, plast
4 Okna zasklená	21,6 m ²	okno se skleněnou výplní
5 Dveře dřevěné	1,8 m ²	dřevěné dveře
6* Ecophon Gedina E 15, d= 200 mm, podhled	30,0 m ²	strop. panel skl. vlna, polozapuštěná hrana E, (600/1200)×600×15 mm, d=200 mm
7* Ecophon Gedina E 15 gamma, d=200 mm, podhled	54,5 m ²	strop. panel skl. vlna, polozapuštěná hrana E, (600/1200)×600×15 mm, gamma, d=200 mm
8* Ecophon Akusto Wall A Super G 40 mm	3,2 m ²	stěnový panel skl. vlna, rovná hrana A, 2 700×1 200×40 mm, d=40 mm

*/ referenční vzor

Kmitočtová závislost poměru dob dozvuku T/To

podle ČSN 73 0527 - OBR A.4 - Přednes řeči

