

# NOVOSTAVBA SPOLEČNÉHO PAVILONU ZŠ BEZRUČOVA A ZŠ MASARYKOVA, KOLÍN 2

---

ZŠ Bezručova a ZŠ Masarykova, Kolín 2

## PROSTOROVÁ AKUSTIKA

---

1.03 - Učebna přírodních věd

1.04 - Učebna přírodních věd

2.03 - Dílny

2.04 - Polytechnická učebna

Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

Vypracoval:



Ing. Martin Čech

Na Mičáncích 6  
101 00 Praha 10-Vršovice

Generální projektant:

Ing. Martin Škorpík

ČKAIT č. 1840  
V Břízách 794  
280 02 Kolín 2

Stavebník:

Město Kolín

Karlovo náměstí 78  
280 12 Kolín 1

---

Praha, únor 2017

# NOVOSTAVBA SPOLEČNÉHO PAVILONU ZŠ BEZRUČOVA A ZŠ MASARYKOVA, KOLÍN 2

---

ZŠ Bezručova a ZŠ Masarykova, Kolín 2

## PROSTOROVÁ AKUSTIKA

---

1.03 - Učebna přírodních věd

1.04 - Učebna přírodních věd

2.03 - Dílny

2.04 - Polytechnická učebna

### Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

#### 1. Úvod

Předmětem dokumentace je návrh úprav prostorové akustiky učeben přírodních věd 1.03 a 1.04, dílen 2.03 a polytechnické učebny 2.04, které jsou umístěny v novostavbě společného pavilonu ZŠ Bezručova a ZŠ Masarykova, Kolín 2.

Řešení prostorové akustiky obsahuje stanovení optimální doby dozvuku podle doporučení ČSN 73 0526 a ČSN 73 0527 a výpočet kmitočtového průběhu předpokládané doby dozvuku pro navrhovanou skladbu akustických obkladů a konstrukcí v upravovaných místnostech.

Návrh akustických úprav 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 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 vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb..

#### 2. Použité výchozí podklady

1. Novostavba společného pavilonu ZŠ Bezručova a ZŠ Masarykova, Kolín 2, projektová dokumentace pro stavební povolení, Ing. Martin Škorpík, ČKAIT č. 1840, V Brízách 794, Kolín 2, listopad 2016,
2. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění,
3. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění,
4. ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. ČNI, únor 1998,
5. ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. ČNI, březen 2005,
6. J. Čechura: Akustika stavebních konstrukcí, Stavební fyzika 10, ČVUT Praha, 1997,
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 výrobce akustických obkladů, materiálů a konstrukcí, Saint-Gobain Ecophon, zastoupení pro Českou republiku Saint-Gobain Ecophon CZ, s.r.o..

### 3. Definice a výpočet doby dozvuku $T$

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

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

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

$$\alpha_s = \sum_i \alpha_i S_i / S \quad [\text{m}^2]$$

kde je

$S_i$	$[\text{m}^2]$	- dílčí plocha,
$\alpha_i$	$[-]$	- činitel zvukové pohltivosti této dílčí plochy,
$S$	$[\text{m}^2]$	- celkový vnitřní povrch uzavřeného prostoru,
$\alpha_s$	$[-]$	- střední činitel zvukové pohltivosti vnitřního povrchu.

Pro dobu dozvuku platí Eyringův vztah

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

kde je

$V$	$[\text{m}^3]$	- objem uzavřeného prostoru,
$A = \alpha_s S + 4mV$	$[\text{m}^2]$	- celková ekvivalentní plocha pohlcování,
$m$	$[-]$	- činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu,
$\alpha_s = -\ln(1 - \alpha_s)$	$[-]$	- 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 oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz nebo 250 Hz až 2 000 Hz (pro tělocvičny) 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

Podle § 7, odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění, /lit. 2/, ve spojení s § 4b 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 vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb., /lit. 3/, musí být v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální dobu dozvuku.

ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely, /lit. 5/, stanoví v Tabulce 2-Požadavky na prostory ve školách následující požadavky na akustické řešení, resp. optimální dobu dozvuku:

$T_0 = 0,70$  s      pro učebnu a posluchárnu o objemu do  $250 \text{ m}^3$  (orientačně),  
 $T_0 = 0,60$  s      pro audiovizuální učebnu o objemu  $200 \text{ m}^3$  (orientačně),

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

#### 5. Základní charakteristika akusticky upravovaného prostoru

Architektonicko stavební řešení akusticky upravovaných učeben 1.03, 1.04, 2.04 a dílen 1.03, které jsou umístěny v novostavbě společného pavilonu školy, je navrženo v projektové dokumentaci, /lit. 1/.

Místnosti mají:

- obdélníkový půdorys,
- rovnou podlahu s nášlapnou podlahovou vrstvou z PVC,
- ve stěnách tvořících fasádní plášť po 3 ks oken rozměrů  $2\,500 \times 2\,250$  mm, učebny 1.04 a 2.04, nebo po 2 ks oken rozměrů  $2\,500 \times 2\,250$  mm a po 1 ks oken rozměrů  $1\,250 \times 2\,250$  mm, učebna 1.03 a dílny 2.03,
- ve stěnách sousedících s chodbou po jedné dveřích rozměrů  $900 \times 1\,970$  mm,
- ve stěně dílen 2.03 sousedící se šatnou jedny dveře rozměrů  $900 \times 1\,970$  mm,
- interiérové vybavení, stolky s židlemi pro žáky, katedru se židlí pro učitele, tabuli, skříňky, apod.,

- na stěnách, nejlépe zadní naproti katedře, případně bočních stěnách, přímo instalované stěnové panely ze skelné vlny se zvýšenou mechanickou pevností Ecophon Akusto Wall C/Super G o rozměrech 600×2 700×40 mm, které mohou být využívány jako nástěnky, případně lze na nástěnky místo těchto panelů ze skelné vlny použít i stejné množství panelů např. z dřevovláknitých měkkých desek,
- pod stropem na lankách vodorovně zavěšené akustické volně plovoucí obdélníkové stropní panely ze skelné vlny Ecophon Solo Rectangle o rozměrech 2 400×1 200×40 mm podle návrhu akustických úprav, výška svěšení je 200 mm (vzdálenost lince panelů od stropu místnosti).

## 6. Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav je proveden teoreticky podle Eyringovy statistické metody a vychází z teoretických předpokladů pro neupravený prostor. Tento postup návrhu se používá v případech, ve kterých nelze provést měření počáteční doby dozvuku, např. při projektové přípravě. Toto měření lze provést až v určité fázi stavby a teoretický návrh akustických obkladů lze potom podle výsledků měření korigovat. Při rekonstrukci stávajícího prostoru státní norma doporučuje měření počáteční doby dozvuku a návrh akustických úprav vycházející z jeho výsledků.

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

Základní rozměry prostoru a výsledky teoretického výpočtu předpokládaného kmitočtového průběhu doby dozvuku pro navrženou akustickou úpravou stropu v jednotlivých učebnách jsou uvedeny v tabulkách TAB 1-4:

<b>1.03 - Učebna přírodních věd</b>	<b><math>V = 201,4 \text{ m}^3</math></b>	<b><math>T_o = 0,70 \text{ s}</math></b>	<b>TAB 1</b>
$T_{1k} = 0,52 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,57 \text{ s}$			
8 ks      - Ecophon Solo Rectangle	- obdélníkové stropní panely zavěšené pod stropem místnosti,		
3,2 m <sup>2</sup> - Ecophon Akusto Wall C/Super G	- stěnový panel přímo instalovaný na zadní stěně místnosti,		
<b>1.04 - Učebna přírodních věd</b>	<b><math>V = 201,1 \text{ m}^3</math></b>	<b><math>T_o = 0,70 \text{ s}</math></b>	<b>TAB 2</b>
$T_{1k} = 0,52 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,56 \text{ s}$			
8 ks      - Ecophon Solo Rectangle	- obdélníkové stropní panely zavěšené pod stropem místnosti,		
3,2 m <sup>2</sup> - Ecophon Akusto Wall C/Super G	- stěnový panel přímo instalovaný na zadní stěně místnosti,		
<b>2.03 - Dílny</b>	<b><math>V = 201,8 \text{ m}^3</math></b>	<b><math>T_o = 0,70 \text{ s}</math></b>	<b>TAB 3</b>
$T_{1k} = 0,52 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,57 \text{ s}$			
8 ks      - Ecophon Solo Rectangle	- obdélníkové stropní panely zavěšené pod stropem místnosti,		
3,2 m <sup>2</sup> - Ecophon Akusto Wall C/Super G	- stěnový panel přímo instalovaný na zadní stěně místnosti,		
<b>2.04 - Polytechnická učebna</b>	<b><math>V = 201,1 \text{ m}^3</math></b>	<b><math>T_o = 0,70 \text{ s}</math></b>	<b>TAB 4</b>
$T_{1k} = 0,52 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,56 \text{ s}$			
8 ks      - Ecophon Solo Rectangle	- obdélníkové stropní panely zavěšené pod stropem místnosti,		

3,2 m<sup>2</sup> - Ecophon Akusto Wall C/Super G - stěnový panel přímo instalovaný na zadní stěně místnosti,

kde je -  $V [m^3]$  - vnitřní objem místnosti,

-  $T_o [s]$  - optimální doba dozvuku,

-  $T_{1k} [s]$  - střední doba dozvuku pro střední kmitočet oktávového pásma 1 000 Hz,

-  $T_{stř} [s]$  - střední doba dozvuku v pásmu se středními kmitočty 500-1 000 Hz,

- Ecophon Solo Rectangle - volně plovoucí obdélníkový stropní panel ze skelné vlny o rozměrech 2 400×1 200×40 mm, výška svěšení je 200 mm (vzdálenost líce panelů od stropu místnosti), závěsný typový montážní systém s lanky a háčky,

- Ecophon Akusto Wall C/Super G - přímo instalovaný stěnový panel ze skelné vlny rozměrů 600×2 700×40 mm se zvýšenou mechanickou pevností, s hranou v provedení pero-drážka, tloušťka vzduchového polštáře je 43 mm (vzdálenost líce panelů od stěny místnosti), přímý typový montážní systém s obvodovými lištami.

Návrh umístění akustických obkladů a konstrukcí v jednotlivých místnostech a jejich architektonické ztvárnění jsou uvedeny v architektonicko stavební části projektové dokumentace.

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

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

## 7. Popis akustického obkladu

Akustické materiály, konstrukce a prvky musí splňovat všechny požadavky na akustickou funkci, bezpečnost a zdravotní nezávadnost stanovené platnými předpisy.

K akustické úpravě prostoru bude použit akustický obklad uvedeného typu a konstrukce:

### Ecophon Solo Rectangle / Square - volně zavěšený akustický panel

Akustický volně zavěšený panel s vnitřním jádrem ze skelné vlny vysoké hustoty.

Přední i zadní strana panelu je opatřena povrchem Akutex FT bílé barvy.

Hrany panelu jsou rovné a natřené.

Tři různé závěsné systémy: Connect stavitelný závěs, Connect pevný závěs a Connect stavitelný přímý závěs. Všechny systémy vytváří čistý a hladký vzhled.

Panely se vyrábějí v rozměru 2 400×1 200 mm (Rectangle), resp. 1 200×1 200 mm (Square).

Tloušťka panelu je 40 mm.

Hmotnost panelu je zhruba 11,5 kg (Rectangle), resp. 6 kg (Square).

### Ecophon Akusto Wall / Super G - typový stěnový panel

Akustický panel s vnitřním jádrem ze skelného vlákna vysoké hustoty na bázi 3RD Technology.

Stěnové panely se dodávají s různými povrchy:

- viditelný povrch je ze sklovláknité tkaniny Texona nebo ze silné, nárazu odolné, sklovláknité tkaniny Super G v různých barvách, či s povrchovou úpravou Akutex FT (nanoporézní akrylátový povrch) v bílé barvě,

Zadní strana panelu je pokryta skelnou tkaninou, hrany jsou bez úpravy.

Obvodové profily Ecophon Connect WP a Thinline a Connect dělicí profil.

Tloušťka vzduchového polštáře 43 mm.

Panely s rovnou hranou A se vyrábějí v rozměru 2 700×1 200 mm.

Panely s hranou C (pero-drážka) se vyrábějí v rozměru 2 700×600 mm.  
Tloušťka panelů je 40 mm.  
Celková hmotnost konstrukce je zhruba 4, resp. 5 kg/m<sup>2</sup>.

Katalogové listy akustických prvků podle /lit. 9/ jsou v obrazové příloze.

## 8. Závěr

Návrh akustických úprav 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 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 vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb., /lit. 3/.

Z výsledků výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku vyplývá, že navrhované akustické úpravy umožní v učebnách přírodních věd 1.03, 1.04 a polytechnické 2.04 a dílen 2.03, které jsou umístěny v novostavbě společného pavilonu ZŠ Bezručova a ZŠ Masarykova, Kolín 2, zajistit akustické podmínky potřebné pro pobyt a výuku.

Navrhované akustické úpravy slouží ke zvětšení zvukové pohltivosti a tedy ke zkrácení doby dozvuku a snížení hladiny akustického tlaku v poli odražených vln v místnosti. 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 místnosti.

Návrh umístění akustických obkladů a konstrukcí v jednotlivých místnostech a jejich architektonické ztvárnění jsou uvedeny v architektonicko stavební části projektové dokumentace.

Praha, únor 2017

**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

## 1.03 - Učebna přírodních věd

## 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 =	60,3 m <sup>2</sup>	délka:	d =	10,77 m
stropní podhled:	R =	60,3 m <sup>2</sup>	šířka:	š =	5,59 m
obvodové stěny:	Q =	109,3 m <sup>2</sup>	výška:	v =	3,34 m
celkový povrch:	S =	229,9 m <sup>2</sup>			
celkový objem:	V =	201,4 m <sup>3</sup>			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m <sup>3</sup>		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,21	alfaS =	0,19	
zvuková pohltivost:	AE =	47,2 m <sup>2</sup>	AS =	42,7 m <sup>2</sup>	

## Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m <sup>2</sup> ]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	150,4 m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	
2 Vinyl podlahová krytina	60,3 m <sup>2</sup>	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	
3 Okno zasklené	14,1 m <sup>2</sup>	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	
4 Dveře dřevěné	1,8 m <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	
č. materiál (ekvivalentní absorpční plocha - 1 prvek)	ni [ks]	Sabine [m <sup>2</sup> ]						
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	0,90	2,40	3,40	4,00	4,10	3,80	

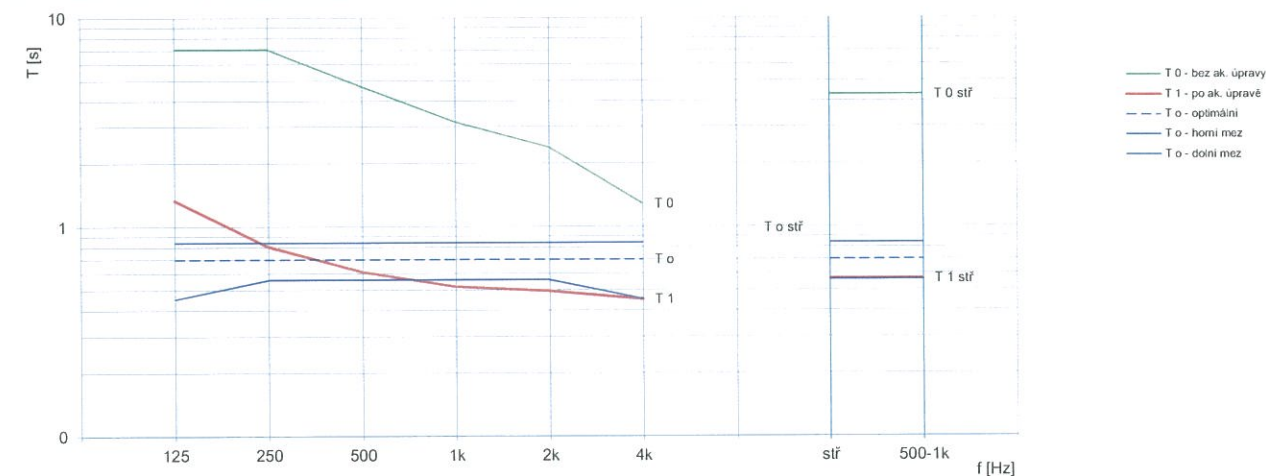
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
T 0 [s] - bez akustické úpravy		7,07	7,07	4,69	3,17	2,39	1,29	stř 3,93
alfaS [-]		0,10	0,16	0,21	0,24	0,24	0,25	0,22
AS [m <sup>2</sup> ]		23,2	37,1	47,7	54,3	55,9	57,3	51,02
alfaE [-]		0,11	0,18	0,23	0,27	0,28	0,29	0,25
AE [m <sup>2</sup> ]		24,5	40,5	53,5	62,0	64,1	65,9	57,73
A=AE+4mV [m <sup>2</sup> ]		24,5	40,5	53,5	63,0	66,0	72,3	58,21
T 1 [s] - po akustické úpravě		1,34	0,81	0,61	0,52	0,50	0,45	0,57

## Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	150,4 m <sup>2</sup>	omítka vápenná na cihelném zdivu
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>
2 Vinyl podlahová krytina	60,3 m <sup>2</sup>	povlaková podlahová krytina, vinyl
3 Okno zasklené	14,1 m <sup>2</sup>	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	1,8 m <sup>2</sup>	dřevěné dveře
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	stěnový panel skl. vlna, šikmá hrana C, 2 700×1 200×40 mm, d=50 mm
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	volně zavěšený panel skl. vlna, obdélník 2400×1200×40 mm, d=200 mm

## Kmitočtový průběh doby dozvuku



## 1.04 - Učebna přírodních věd

## 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 =	60,2 m <sup>2</sup>	délka:	d =	10,75 m
stropní podhled:	R =	60,2 m <sup>2</sup>	šířka:	š =	5,60 m
obvodové stěny:	Q =	109,2 m <sup>2</sup>	výška:	v =	3,34 m
celkový povrch:	S =	229,6 m <sup>2</sup>			
celkový objem:	V =	201,1 m <sup>3</sup>			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m <sup>3</sup>		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,21	alfaS =	0,19	
zvuková pohltivost:	AE =	47,1 m <sup>2</sup>	AS =	42,6 m <sup>2</sup>	

## Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m <sup>2</sup> ]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	147,5 m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	
2 Vinyl podlahová krytina	60,2 m <sup>2</sup>	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	
3 Okno zasklené	16,9 m <sup>2</sup>	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	
4 Dveře dřevěné	1,8 m <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	
č. materiál (ekvivalentní absorpční plocha - 1 prvek)	ni [ks]	Sabine [m <sup>2</sup> ]						
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	0,90	2,40	3,40	4,00	4,10	3,80	

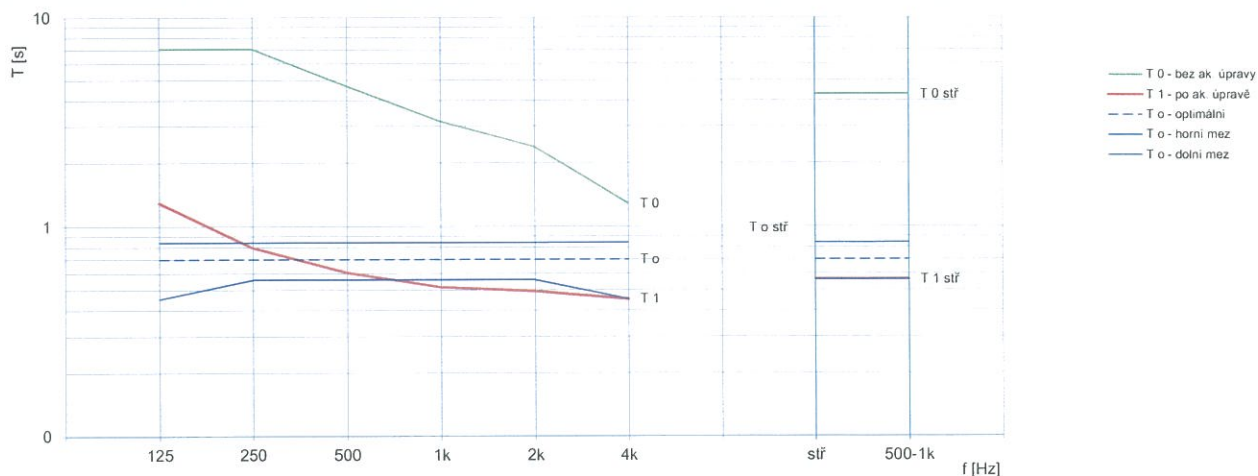
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
T 0 [s] - bez akustické úpravy		7,07	7,07	4,69	3,17	2,39	1,29	stř 3,93
alfaS [-]		0,10	0,16	0,21	0,24	0,24	0,25	0,22
AS [m <sup>2</sup> ]		24,0	37,6	48,0	54,5	55,9	57,2	51,26
alfaE [-]		0,11	0,18	0,23	0,27	0,28	0,29	0,25
AE [m <sup>2</sup> ]		25,4	41,1	53,9	62,2	64,1	65,8	58,05
A=AE+4mV [m <sup>2</sup> ]		25,4	41,1	53,9	63,2	66,0	72,1	58,53
T 1 [s] - po akustické úpravě		1,29	0,80	0,61	0,52	0,50	0,45	0,56

## Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	147,5 m <sup>2</sup>	omítka vápenná na cihelném zdivu
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>
2 Vinyl podlahová krytina	60,2 m <sup>2</sup>	povlaková podlahová krytina, vinyl
3 Okno zasklené	16,9 m <sup>2</sup>	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	1,8 m <sup>2</sup>	dřevěné dveře
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	stěnový panel skl. vlna, šikmá hrana C, 2 700×1 200×40 mm, d=50 mm
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	volně zavěšený panel skl. vlna, obdélník 2400×1200×40 mm, d=200 mm

## Kmitočtový průběh doby dozvuku



## 2.03 - Dílny

### 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 =	60,4 m <sup>2</sup>	délka:	d =	10,77 m
stropní podhled:	R =	60,4 m <sup>2</sup>	šířka:	š =	5,60 m
obvodové stěny:	Q =	109,3 m <sup>2</sup>	výška:	v =	3,34 m
celkový povrch:	S =	230,2 m <sup>2</sup>			
celkový objem:	V =	201,8 m <sup>3</sup>			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m <sup>3</sup>		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,21	alfaS =	0,19	
zvuková pohltivost:	AE =	47,3 m <sup>2</sup>	AS =	42,7 m <sup>2</sup>	

#### Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m <sup>2</sup> ]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	148,8 m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	
2 Vinyl podlahová krytina	60,4 m <sup>2</sup>	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	
3 Okno zasklené	14,1 m <sup>2</sup>	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	
4 Dveře dřevěné	3,6 m <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	
č. materiál (ekvivalentní absorpční plocha - 1 prvek)	ni [ks]	Sabine [m <sup>2</sup> ]						
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	0,90	2,40	3,40	4,00	4,10	3,80	

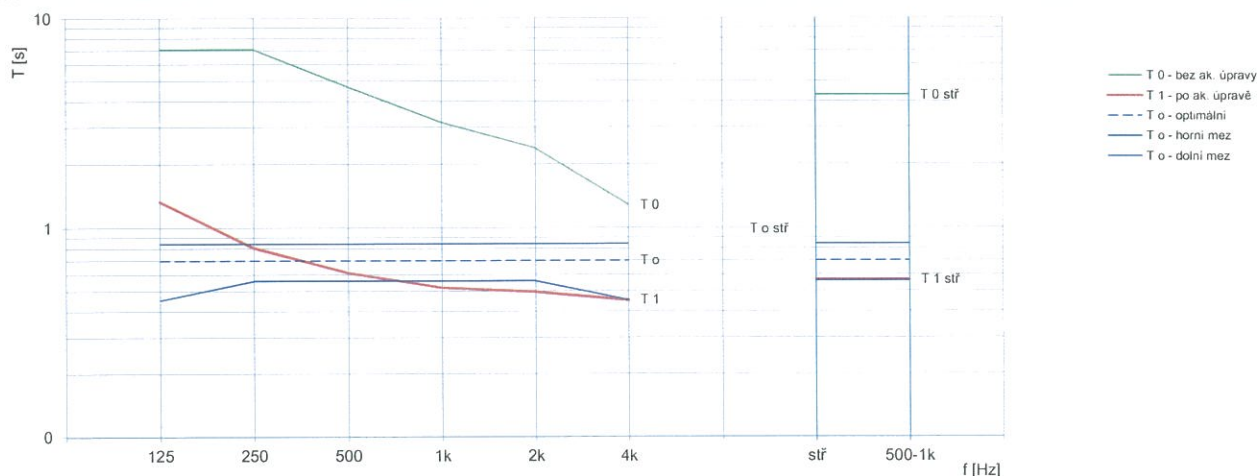
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		7,07	7,07	4,69	3,17	2,39	1,29	3,93
alfaS [-]		0,10	0,16	0,21	0,24	0,24	0,25	0,22
AS [m <sup>2</sup> ]		23,4	37,3	47,8	54,4	56,0	57,4	51,13
alfaE [-]		0,11	0,18	0,23	0,27	0,28	0,29	0,25
AE [m <sup>2</sup> ]		24,7	40,7	53,6	62,1	64,2	66,0	57,86
A=AE+4mV [m <sup>2</sup> ]		24,7	40,7	53,6	63,1	66,1	72,4	58,34
T 1 [s] - po akustické úpravě		1,33	0,81	0,61	0,52	0,50	0,45	0,57

#### Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	148,8 m <sup>2</sup>	omítka vápenná na cihelném zdivu
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>
2 Vinyl podlahová krytina	60,4 m <sup>2</sup>	povlaková podlahová krytina, vinyl
3 Okno zasklené	14,1 m <sup>2</sup>	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	3,6 m <sup>2</sup>	dřevěné dveře
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	stěnový panel skl. vlna, šikmá hrana C, 2 700×1 200×40 mm, d=50 mm
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	volně zavěšený panel skl. vlna, obdélník 2400×1200×40 mm, d=200 mm

#### Kmitočtový průběh doby dozvuku



## 2.04 - Polytechnická 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 =	60,2 m <sup>2</sup>	délka:	d =	10,75 m
stropní pohled:	R =	60,2 m <sup>2</sup>	šířka:	š =	5,60 m
obvodové stěny:	Q =	109,2 m <sup>2</sup>	výška:	v =	3,34 m
celkový povrch:	S =	229,6 m <sup>2</sup>			
celkový objem:	V =	201,1 m <sup>3</sup>			
optimální doba dozvuku:	T <sub>0</sub> =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m <sup>3</sup>		
činitel zvukové pohlivosti:	alfaE =	0,21		alfaS =	0,19
zvuková pohlivost:	AE =	47,1 m <sup>2</sup>		AS =	42,6 m <sup>2</sup>

## Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohlivosti)	Si [m <sup>2</sup> ]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	147,5 m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	
2 Vinyl podlahová krytina	60,2 m <sup>2</sup>	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	
3 Okno zasklené	16,9 m <sup>2</sup>	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	
4 Dveře dřevěné	1,8 m <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	
č. materiál (ekvivalentní absorpční plocha - 1 prvek)	ni [ks]	Sabine [m <sup>2</sup> ]						
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	0,90	2,40	3,40	4,00	4,10	3,80	

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		7,07	7,07	4,69	3,17	2,39	1,29	3,93
alfaS [-]		0,10	0,16	0,21	0,24	0,24	0,25	0,22
AS [m <sup>2</sup> ]		24,0	37,6	48,0	54,5	55,9	57,2	51,26
alfaE [-]		0,11	0,18	0,23	0,27	0,28	0,29	0,25
AE [m <sup>2</sup> ]		25,4	41,1	53,9	62,2	64,1	65,8	58,05
A=AE+4mV [m <sup>2</sup> ]		25,4	41,1	53,9	63,2	66,0	72,1	58,53
T 1 [s] - po akustické úpravě		1,29	0,80	0,61	0,52	0,50	0,45	0,56

## Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	147,5 m <sup>2</sup>	omítka vápenná na cihelném zdivu
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m <sup>2</sup>
2 Vinyl podlahová krytina	60,2 m <sup>2</sup>	povlaková podlahová krytina, vinyl
3 Okno zasklené	16,9 m <sup>2</sup>	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	1,8 m <sup>2</sup>	dřevěné dveře
5 Ecophon Akusto Wall C Super G 40 mm	3,2 m <sup>2</sup>	stěnový panel skl. vlna, šikmá hrana C, 2 700×1 200×40 mm, d=50 mm
6 Ecophon Solo Rectangle 2400×1200, d=200 mm	8,0 ks	volně zavěšený panel skl. vlna, obdélník 2400×1200×40 mm, d=200 mm

## Kmitočtový průběh doby dozvuku

