

Prostorová akustika

Číslo dokum.: 13Zak09660

Akce: Akustické úpravy nové učebny č.01
ZŠ Líbeznice, Měšická 322,
250 65 Líbeznice

Část: akustická studie

Zpracoval: Ing.arch. Milan Nesměrák

Datum: prosinec 2013

SONING Praha, a. s., Plzeňská 66, 151 24 Praha 5
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku:
Oddíl B, vložka 5243 – Městský soud v Praze
Tel. 257 190 522
Fax. 257 324 387
e-mail: milan.nesmerak@soning.cz
IČ: 25650751, DIČ: CZ25650751

OBSAH:

1. ÚVOD.....	1
2. POUŽITÉ PODKLADY	1
3. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	1
4. MATERIÁLY PRO AKUSTICKOU	4
5. VÝPOČET DOBY DOZVUKU.....	4
6. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTÍ	5
7. ZÁVĚR.....	6

VÝPOČETNÍ PŘÍLOHA:

VP1a – Výpočet doby dozvuku – učebna č. 01

VP1b – graf vypočtené doby dozvuku – učebna č. 01

TABULKOVÁ PŘÍLOHA:

Výkaz výměr a specifikace akustických obkladů s projektantským odhadem cen

VÝKRESOVÁ PŘÍLOHA:

výkres 01

Učebna 01, půdorys, pohledy na stěny

1. ÚVOD

Tento dokument byl vypracován na základě objednávky Mgr. Martina Kupky, Obec Líbeznice, Mělnická 43, Líbeznice jako studie prostorové akustiky učebny č. 01 v objektu ZŠ Líbeznice, Měšická 322, 250 65 Líbeznice. Učebna bude řešena tak, aby výsledná doba dozvuku splnila požadavek normy ČSN 73 0527.

2. POUŽITÉ PODKLADY

- 1) ČSN 73 0525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady - 1998.
- 2) ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely - 2005.
- 3) Telefonicky a osobně předané informace při jednáních s objednatelem.
- 4) J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb. Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996.
- 5) Vyhláška č. 343/2009 sbírky zákonů ČR

3. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Pro akusticky náročné prostory vyžadují jak normy ČSN 73 0525 a 73 0527, tak i praktické zkušenosti speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Splnění požadavků ČSN 73 0527 je závazné dle vyhlášky 343/2009 sbírky zákonů ČR. V případě výukových prostor je hlavním cílem splnit toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby

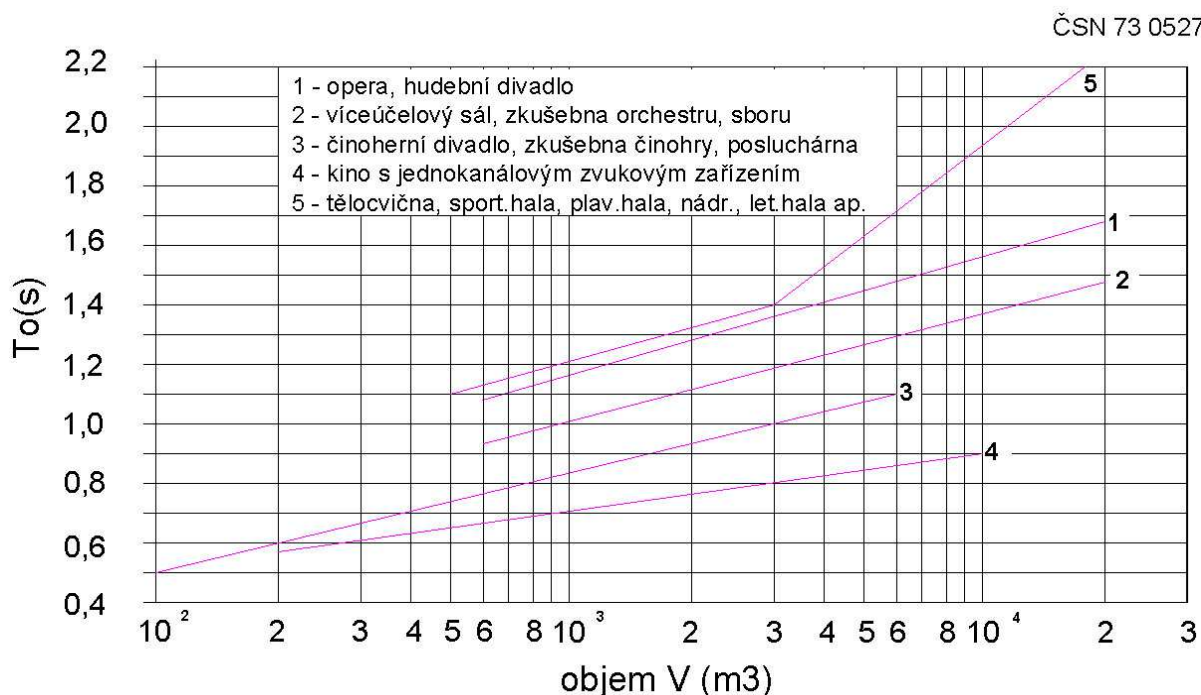
dozvuku předepsané výše zmiňovanou normou a dosáhnout co nejlepší srozumitelnosti mluveného slova.

Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku a podpořit odrazy žádoucí. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité i jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny silné odrazy zvuku s velkým časovým zpožděním za přímým zvukem (u učeben se povětšinou jedná o zadní stěnu), které mohou působit jako ozvěna a zhoršit tak srozumitelnost řeči a akustické podmínky jak pro posluchače, tak pro vyučujícího.

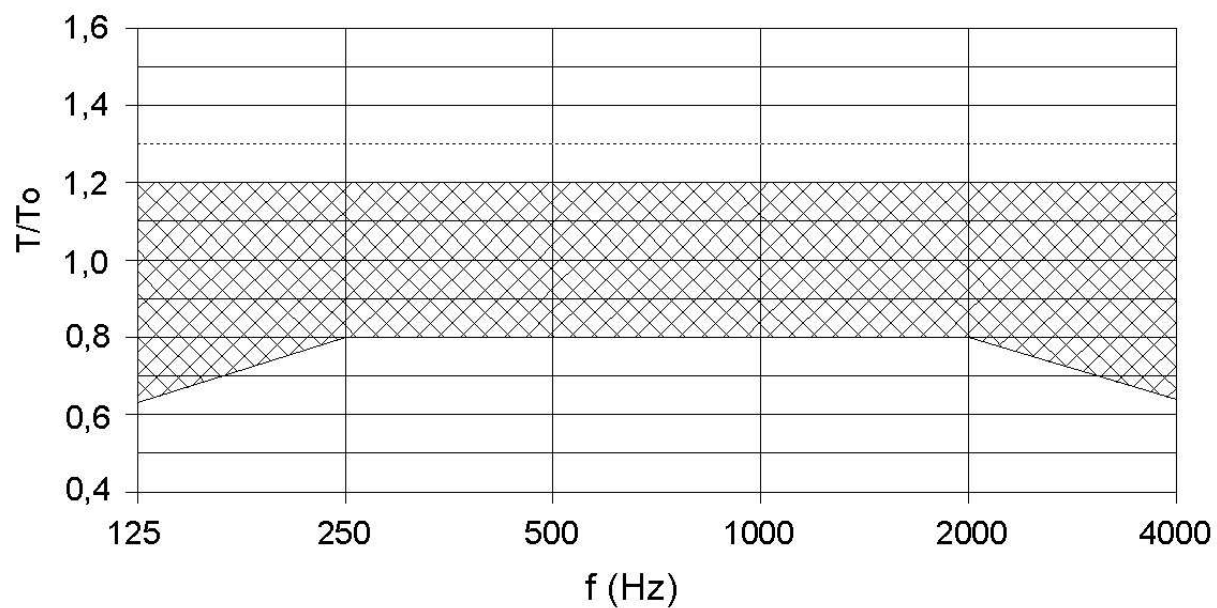
Optimální hodnota doby dozvuku T_0 pro řešenou učebnu č. 36 byla stanovena na základě normy ČSN 73 0527 dle křivky č. 3 na obr. 1. Pro objem učebny $V = 378 \text{ m}^3$ byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = \text{cca } 0,7 \text{ s}$.

Frekvenční průběh doby dozvuku v učebně by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2. Jedná se o frekvenční průběh určený pro řeč.

Z výše uvedeného vyplývá, že není možné provést plnohodnotnou akustickou úpravu pouze umístěním akustického podhledu. V případě takového řešení není pohltivá plocha rozmístěna rovnoměrně a mezi stěnami dochází často ke vzniku třepotavé ozvěny. Třepotavá ozvěna negativně ovlivňuje srozumitelnost a tedy i schopnost soustředění studentů. Dále při úpravě akustiky soustředěné pouze na strop dochází často k tvrdým zpožděným odrazům od stěny proti přednášejícímu, které při větší vzdálenosti mohou být vnímány jako izolovaná ozvěna. V tomto případě není nezbytně nutné umístit pohltivý akustický obklad na boční stěny. Mírná členitost boční stěny s okny částečně vznik třepotavé ozvěny eliminuje.



Obr. 1 – Závislost optimální doby dozvuku T_0 (s) pro kmitočty 1000 Hz na objemu V (m³) uzavřeného prostoru v obsazeném stavu (u závislosti 5 neobsazeném stavu)



Obr. 2 - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

4. MATERIÁLY PRO AKUSTICKOU ÚPRAVU

Porézní stěnový obklad – PSO

Jedná se širokopásmově pohltivý pevný porézní obklad tvořený deskami z tříděného barveného křemičitého písku spojovaného epoxidovou pryskyřicí. Formát obkladových desek 1200×600 mm tloušťky 20 mm montované na speciální nosnou ocelovou konstrukci. Desky jsou v 50% plochy opatřeny speciální akustickou úpravou rubové strany. Ve vzduchové mezeře za obkladovými deskami je umístěna tlumící zvukově pohltivá vložka, parametry absorpční vložky dle požadovaných akustických parametrů. Požadovaný činitel zvukové pohltivosti obkladu v oktávových pásmech při skladebné tloušťce 100 mm je: 125 Hz - $\alpha \div 0,6$; 250 Hz - $\alpha \div 0,6$; 500 Hz - $\alpha \div 0,6$; 1 kHz - $\alpha \div 0,65$; 2 kHz - $\alpha \div 0,75$; 4 kHz - $\alpha \div 0,8$. Celková skladebná tloušťka obkladu je 185 mm. Obklad bude olemován obložkou z materiálu na bázi dřeva – lamino.

Barevné řešení:

Uvažována je bílá barva obkladu.

Stropní kombinovaný podhled – SP-kombi

Jedná se kombinovaný akustický podhled složený ze dvou částí (viz výkresová dokumentace). První část je tvořena akusticky funkčním SDK. Druhá část je tvořena viditelným rastrem s akustickými kazetami o rozměru 600×600 mm. Jsou uvažovány absorpční kazety s jádrem ze skelné vlny lisované v pláštích tl. 20 mm. Jedná se komplexní akustický systém s požadovaným činitelem zvukové pohltivosti v oktávových pásmech při celkové skladebné tloušťce 200 mm: 125 Hz - $\alpha \div 0,7$; 250 Hz - $\alpha \div 0,65$; 500 Hz - $\alpha \div 0,6$; 1 kHz - $\alpha \div 0,6$; 2 kHz - $\alpha \div 0,55$; 4 kHz - $\alpha \div 0,5$. Ve vzduchové mezeře nad podhledem je umístěna tlumící zvukově pohltivá vložka zabalená ve folii, parametry absorpční vložky dle požadovaných akustických parametrů. Svěšení akustického podhledu 200 mm. Podhled bude na bočních stranách olemován SDK obložkou. Kazety nejsou uvažovány v mechanicky odolném provedení a nejsou fixovány proti vysazení z rastru. Povrchová úprava podhledových kazet v bílé barvě.

Barevné řešení:

Uvažována je bílá barva obkladu.

Výkaz výměr s projektantským odhadem cen je součástí příloh této studie.

5. VÝPOČET DOBY DOZVUKU

Pro výpočet doby dozvuku byl dle ČSN 73 0525 použit Eyringův vztah:

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4mV} [s]$$

kde $V [m^3]$ je objem místnosti

$S [m^2]$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

$\alpha_s [-]$ je střední hodnota činitele zvukové pohltivosti

$m [-]$ je činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} [-]$$

kde $S_i [m^2]$ je dílčí pohltivá plocha

$\alpha_i [-]$ je činitel zvukové pohltivosti dílčích ploch

$S [m^2]$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

Výpočet doby dozvuku byl proveden dle ČSN 73 0525 v oktákových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 kHz. Obsazenost prostoru byla dle ČSN 73 0527 uvažována s 80% kapacitou.

Do výpočtu doby dozvuku byly započítány i zvukové pohltivosti prvků a konstrukcí, které nejsou definovány jako akustický obklad. Jejich vliv na akustické parametry ale nelze pominout (sedadla, přítomné osoby apod.)

Výpočty doby dozvuku a grafy hodnot jsou uvedeny ve výpočetní příloze.

6. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY UČEBNY

Učebna č. 01

Objem: $V = 251 \text{ m}^3$

Optimální doba dozvuku: $T_0 = \text{cca } 0,7 \text{ s}$

Stručný popis:

Místnost má v půdorysu čtvercový tvar o ploše 81 m^2 . Světlá výška místnosti je $3,2 \text{ m}$. Stávající strop tvoří omítka. Povrch všech stěn je v celé ploše tvořen také omítkou. Do jedné stěny jsou vsazeny jednokřídlé vstupní dveře. Dvě boční stěny jsou osazeny sedmi okny. Každé okno má plochu přibližně $2,4 \text{ m}^2$. Židle a lavice jsou odrazivé bez čalounění.

Popis akustických úprav:

Akustický podhled: Akustický podhled složený ze dvou funkčních celků bude namontován v části půdorysné plochy místnosti se svěšením cca 200 mm (viz. PD).

Přesné rozmístění desek je dobře patrné v přiložené dokumentaci. Jedná se o kombinaci akusticky funkčního SDK a akustických absorpční kazety s jádrem ze skelné vlny lisované v plástvích tl. 20 mm . Jedná se o komplexní akustický systém s požadovaným činitelem zvukové pohltivosti v oktákových pásmech při celkové skladebné tloušťce 200 mm : $125 \text{ Hz} - \alpha \div 0,7$; $250 \text{ Hz} - \alpha \div 0,65$; $500 \text{ Hz} - \alpha \div 0,6$; $1 \text{ kHz} - \alpha \div 0,6$; $2 \text{ kHz} - \alpha \div 0,55$; $4 \text{ kHz} - \alpha \div 0,5$. Ve vzduchové mezeře nad podhledem je umístěna tlumící zvukově pohltivá vložka zabalená ve folii, parametry absorpční vložky dle požadovaných akustických parametrů. Svěšení akustického podhledu 200 mm . Podhled bude na bočních stranách olemován SDK obložkou. Kazety nejsou

uvažovány v mechanicky odolném provedení a nejsou fixovány proti vysazení z rastru. Povrchová úprava podhledových kazet v bílé barvě.

Akustické obklady stěn: Na zadní stěnu bude kontaktně namontován akustický obklad PSO. Jedná se o pruh obkladu navazující na stávající 600mm vysoký sokl. Spodní hrana je cca 600mm nad podlahou a horní 1800 mm. Tato akusticky pohltivá plocha zamezí vzniku tvrdého zpožděného odrazu zvuku zpět k vyučujícímu a zabrání vzniku třepotavé ozvěny mezi přední a zadní stěnou.

7. ZÁVĚR

Studie prostorové akustiky učebny č. 01 objektu ZŠ Líbeznice stanovuje optimální dobu dozvuku dle normy ČSN 73 0527. Akustická úprava je zpracována v jedné variantě. Spočívá zejména v umístění částečného podhledu kombinovaného z více materiálů s různými akustickými vlastnostmi. Dále pak v umístění akusticky pohltivého obkladu na část zadní stěny v místech, kde je potřeba zamezit odrazu zvuku.

Předeepsané akustické úpravy by měly zajistit dobrou srozumitelnost mluveného slova a splnění tolerančního pásma doby dozvuku stanoveného normou.

Zprávu vypracoval:

Ing.arch. Milan Nesměrák
SONING Praha, a.s.
únor 2012

Poznámka:

Obsah textových a tabelárních částí akustické studie se vztahuje jako celek k řešenému prostoru. Žádnou část nelze kopírovat ani vyjímát z kontextu celé dokumentace bez výslovného svolení jejích autorů. Obsah dokumentace je duševním vlastnictvím autorů.