

ROZŠÍŘENÍ A STAVEBNÍ ÚPRAVY ŠKOLNÍ JÍDELNY V ZŠ ČERNOŠICE

Pod školou 447, Černošice

PROSTOROVÁ AKUSTIKA

1.01 - Jídelna

Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

1. Úvod

Předmětem dokumentace je návrh akustických úprav rozšiřované a stavebně upravované školní jídelny v Základní škole Černošice, Pod školou 447.

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 343/2009 Sb..

2. Použité výchozí podklady

1. Rozšíření a stavební úpravy školní jídelny v ZŠ Černošice, Pod školou 447, Projektová dokumentace pro stavební povolení, STUDIO A91, Ing. arch. Ivana Němcová, Vilímovská 13, 160 00 Praha 6-Hanspaulka, únor 2016,
2. 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,
3. ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. ČNI, únor 1998,
4. ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. ČNI, březen 2005,
5. J. Čechura: Akustika stavebních konstrukcí, Stavební fyzika 10, ČVUT Praha, 1997,
6. 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,
7. J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb-Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996,
8. Technická dokumentace výrobce akustických obkladů, materiálů a konstrukcí - KNAUF AMF GmbH & Co. KG, Elsenhal 15, D-94481 Grafenau - SRN.

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

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

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 oktákových 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 § 4b vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění, /lit. 2/, musí být v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální doby dozvuku.

ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely, /lit. 4/, stanoví v Tabulce 2-Požadavky na prostory ve školách následující požadavky na akustické řešení, resp. optimální dobu dozvuku:

širokopásmový obklad stropu - pro školní jídelnu,

$T_0 = 0,80$ s - pro učebny a posluchárny o objemu $744,6 \text{ m}^3$,
hodnota orientačně pro jídelnu.

hodnoty optimální doby dozvuku se vztahují ke kmitočtu 1 000 Hz, přípustné rozmezí doby dozvuku je stanoveno na obrázku A 4 zmíněné normy ČSN 73 0527, pro řeč je ± 20 % pro střední kmitočty oktákových pásem 250-2 000 Hz a $+20$ %/-35 % pro střední kmitočty oktákových pásem 125 Hz a 4 000 Hz.

Protože ČSN 73 0527, /lit. 4/, stanoví pro upravovanou místnost širokopásmový obklad stropu bez požadavku na hodnotu optimální doby dozvuku T_0 , je vypočítaná předpokládaná doba dozvuku T_1 uvedena pro orientační představu o akustické kvalitě prostoru. Pro tento prostor je vhodné, aby se doba dozvuku pohybovala přibližně kolem optimální hodnoty pro učebnu stejných rozměrů.

5. Základní charakteristika akusticky upravovaných prostorů

Architektonické a stavební řešení akusticky upravované školní jídelny je navrženo v projektové dokumentaci, /lit. 1/.

Místnost má:

- pravoúhlý půdorys sestávající z několika různě velkých obdélníků,
- rovnou podlahu s nášlapnou podlahovou vrstvou z vinyly,
- interiérové vybavení, stolky se židlemi, chladicí vitríny, apod.,
- omítnuté stěny s okny ve fasádním plášti,
- na části jedné stěny je obklad z korkových desek, který bude sloužit jako nástěnka,
- pod stropem mezi vazníky svěšený akustický stropní podhled z desek z dřevité vlny s cementovým pojivem s magnezitem tl. 25 mm a s akustickou vložkou z minerální vlny tl. 30 mm.

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.

Optimální doba dozvuku je stanovena podle ČSN 73 0527, /lit. 4/. Výpočet doby dozvuku je proveden v oktávových pásmech kmitočtu se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz podle ČSN 73 0525, /lit. 3/.

Základní rozměry prostoru a výsledky teoretického výpočtu předpokládaného kmitočtového průběhu doby dozvuku v jídelně 1.01 s navrženou akustickou úpravou stropu jsou uvedeny v tabulce TAB 1:

$V = 744,6 \text{ m}^3$	- objem celé místnosti,
$T_o = 0,80 \text{ s}$	- optimální doba dozvuku,
$T_{1k} = 0,65 \text{ s}$	- střední doba dozvuku pro střední kmitočet oktávového pásma 1 000 Hz,
$T_{stř} = 0,71 \text{ s}$	- střední doba dozvuku v pásmu se středními kmitočty 500-1 000 Hz,
stropní podhled	135,0 m ² - desky k z dřevité vlny s cementovým pojivem s magnezitem tl. 25 mm a s akustickou vložkou z minerální vlny tl. 30 mm.

V jídelně je navržen akustický stropní podhled. Pod stropem mezi vazníky jsou zavěšeny desky z dřevité vlny s cementovým pojivem s magnezitem (např. AMF Heraklith HKC1 (CF) tl. 25 mm) s akustickou vložkou z minerální vlny (např. Knauf TP 120A tl. 30 mm). Celková výška svěšení podhledu (vzdálenost mezi lícem podhledové desky a nosnou stropní konstrukcí), tj. tloušťka vzduchového polštáře je přibližně $d=190 \text{ mm}$.

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

Pro jídelnu ČSN 73 0527, /lit. 4/, nestanoví optimální dobu dozvuku, pouze požaduje instalaci širokopásmového obkladu stropu. Výsledky výpočtu doby dozvuku jsou orientačně porovnány s požadavkem na dobu dozvuku pro učebnu stejných rozměrů.

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

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:

typová akustická stropní deska tl. 25 mm s akustickou vložkou z minerální vlny tl. 30 mm (např. deska AMF Heraklith HKC1 (CF) s minerální vlnou Knauf TP 120A)

Stropní desky z dřevěné vlny pojené cementem s magnezitem.

Viditelný povrch je opatřen finální povrchovou úpravou nástřikem barvou, odstín podle vzorníků RAL, NCS, BS nebo StoColor! podle EN 13501-1.

Desky se vyrábějí v rozměrech 600×600 mm, 625×625 mm, 1 200×600 mm nebo 1 250×625 mm, a tloušťkách 15 mm, 25 mm nebo 35 mm.

Průměrná plošná hmotnost desky je přibližně 7,8 kg/m² /tl. 15 mm), 11,3 kg/m² (tl. 25 mm) nebo 15 kg/m² (tl. 35 mm).

Desky se montují na standardní viditelný rastrový nosný rošt.

Při použití přidané vrstvy minerální vlny jako akustické vložky se doporučuje použití fólie (tloušťka < 30 µm) jako pojišťovací vrstvy.

Jako akustickou vložku výrobce desek doporučuje minerální vlnu tl. 30 mm.

Konstrukce použitých akustických stropních desek musí odpovídat výše uvedenému technickému popisu a kmitočtový průběh jejich činitele zvukové pohltivosti musí splňovat kmitočtový průběh uvedený ve výpočtové tabulce TAB 1 pod položkou č. 7.

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 343/2009 Sb..

Z výsledků výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku vyplývá, že navrhované akustické úpravy umožní v jídelně 1.01 Základní školy Černošice, Pod školou 447, zajistit akustické podmínky potřebné pro provoz v jídelně a pobyt strávníků v ní.

Ve školní jídelně, pro kterou ČSN 73 0527, /lit. 4/, nestanoví číselnou hodnotu optimální doby dozvuku, ale požaduje instalaci širokopásmového obkladu stropu.

Tato navrhovaná akustická úprava slouží ke zvětšení zvukové pohltivosti a tedy ke zkrácení doby dozvuku a snížení hladiny akustického tlaku v poli odražených vln v místnosti. Přispěje 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.

Konstrukční a architektonické řešení použitého akustického podhledu musí vycházet z tohoto teoretického návrhu a musí být provedeno podle architektonicko stavební části projektové dokumentace.



Praha, únor 2016

Ing. Martin Čech

akustika a elektroakustika

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