

Název:

FFUK učebny

Zakázkové číslo:	22-12-22
Profese:	prostorová akustika
Dokument:	technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace:	projekt
Datum:	Únor 2024
Revize:	00

Zpracovali: Ing. Vojtěch Košar, Erik Sovet

Kontroloval: Ing. arch. Vít Domkář, Ph.D

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9

tel.: +420 773 730 623

e-mail.: kosar@aveton.cz

web.: www.aveton.cz

IČ: 02436647

DIČ: CZ02436647



AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNIKA
DESIGN



Akce:	FFUK učebny
Profese:	prostorová akustika
Stupeň PD:	projekt
Revize:	00

OBSAH:

1. OBECNÉ	3
1.1 ÚVOD	3
1.2 VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY	3
1.3 POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	3
2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA	4
2.1 OBECNÉ POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY A ÚPRAVY	4
2.2 TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU	4
2.3 ŘEŠENÉ PROSTORY – AKUSTICKY NÁROČNÉ PROSTORY	5
2.4 ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY – AKUSTICKY NÁROČNÉ PROSTORY	7
3. ZÁVĚR	7

Přílohy:

Výpočetní přílohy:

VP1 – výpočet a graf vypočtené doby dozvuku, místnost č. 116

Tabulková příloha:

Tab1 – výkaz výměr a specifikace akustických prvků

Výkresové přílohy:

PA.01 – 2NP - Míst. č.116_Podhled

PA.02 – 2NP - Míst. č.116_Pohled

1. Obecné

1.1 Úvod

Tato zpráva obsahuje výsledky akustické studie pro vybrané akusticky náročné prostory Filozofické fakulty Univerzity Karlovy. Tyto akusticky náročné prostory byly nejprve rozděleny na čtyři skupiny místností obdobné akustické náročnosti dle jejich rozměrů a kubatury. Z každé skupiny byla vybrána jedna referenční místnost, pro kterou byly určeny cílové akustické parametry (doba dozvuku), poté proveden akustický výpočet a následně navrženy akustické úpravy, jejichž princip je aplikován i na další místnosti této skupiny.

1.2 Výchozí údaje a podklady

- Výkresová dokumentace objektu
- Ústní informace předané při jednáních s architektem a zástupcem investora

1.3 Použité normy a literatura

- [1] ČSN 73 0525 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- [2] ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely
- [3] ČSN EN ISO 3382-1 Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorách
- [4] Vaverka, J., kol.: Stavební fyzika 1 - urbanistická, stavební a prostorová akustika, nakladatelství VUTIUM, Brno 1998.
- [5] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6

2. Prostorová akustika

2.1 Obecné požadavky na akustické parametry a úpravy

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 u školních prostor závazné dle vyhlášky 343/2009 sbírky zákonů ČR. Hlavním cílem je 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 (vzdálené stěny apod.), které mohou působit jako ozvěna a zhoršit tak srozumitelnost řeči a akustické podmínky v místnosti.

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 paralelními stěnami dochází často ke vzniku třepotavé ozvěny. Třepotavá ozvěna negativně ovlivňuje srozumitelnost, a tedy i schopnost soustředění žáků, studentů i učitelů. Dále při úpravě akustiky soustředěné pouze na strop dochází často k tvrdým zpožděným odrazům od stěn, které mohou být při větší vzdálenosti vnímány jako izolovaná ozvěna.

2.2 Teoretický výpočet doby dozvuku

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

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

Kde $V \text{ [m}^3\text{]}$ je objem místnosti

$S \text{ [m}^2\text{]}$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

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

$m \text{ [-]}$ je činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

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

kde $S_i \text{ [m}^2\text{]}$ je dílčí pohltivá plocha

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

$S \text{ [m}^2\text{]}$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

Do výpočtů dob dozvuku byly započítány i zvukové pohltivosti prvků a konstrukcí, které nejsou definovány jako akustický obklad. Jejich vliv na akustické podmínky v místnosti však nelze pominout (nábytkové vybavení, okna, podlahová krytina apod.).

2.3 Řešené prostory – akusticky náročné prostory

Jak bylo řečeno v úvodu, řešené prostory jsou rozděleny na čtyři skupiny místností obdobné akustické náročnosti dle jejich rozměrů a kubatury. Z každé skupiny je níže vybrána jedna referenční místnost, pro kterou je určena optimální doba dozvuku. Ta bude, stejně jako návrh řešení dle kapitoly 2.4, obdobná i pro ostatní místnosti této skupiny. Vybrané referenční místnosti jsou zvýrazněné tučně:

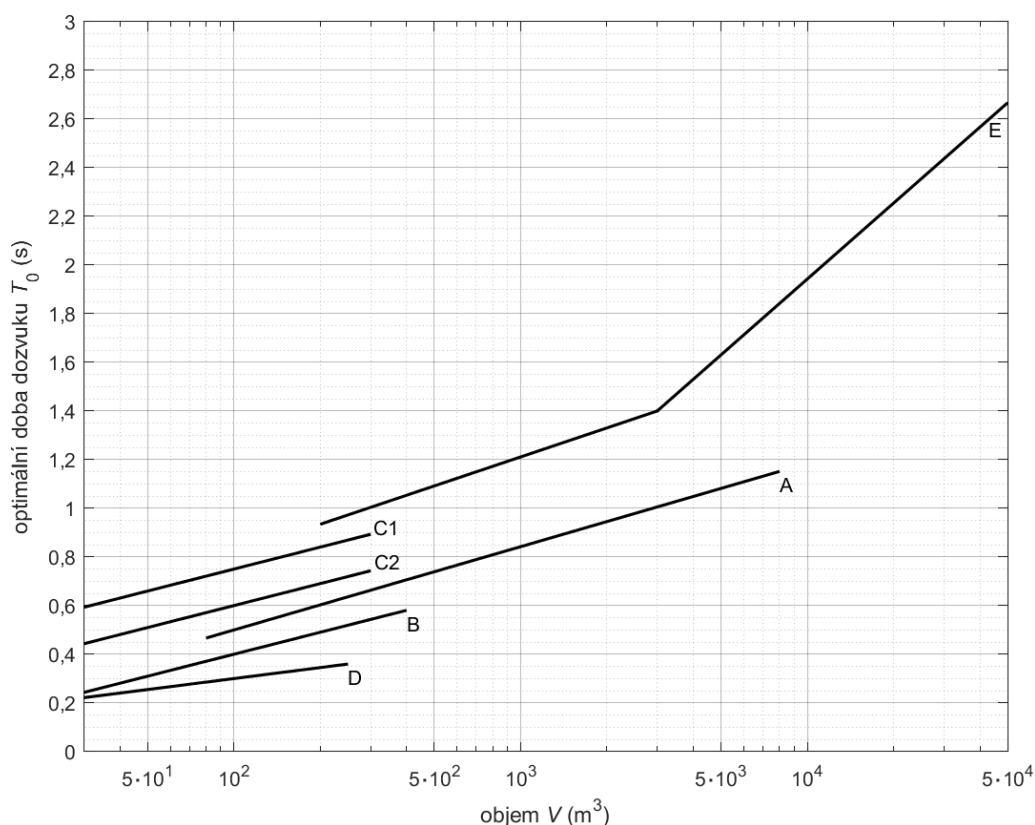
Skupina 1 – místnosti č. **116**

Místnost č. 116

Jedná se o místnost s využitím primárně jako učebna, zdroj zvuku je mluvené slovo. Optimální doba dozvuku T_0 pro učebnu o celkovém objemu cca 323 m³ byla na základě křivky A na Obr. 1 dle normy ČSN 73 0527 stanovena na **$T_0 = 0,65 - 0,70$ s.**

Frekvenční průběh doby dozvuku v této místnosti 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 tolerančního pásma pro řeč.

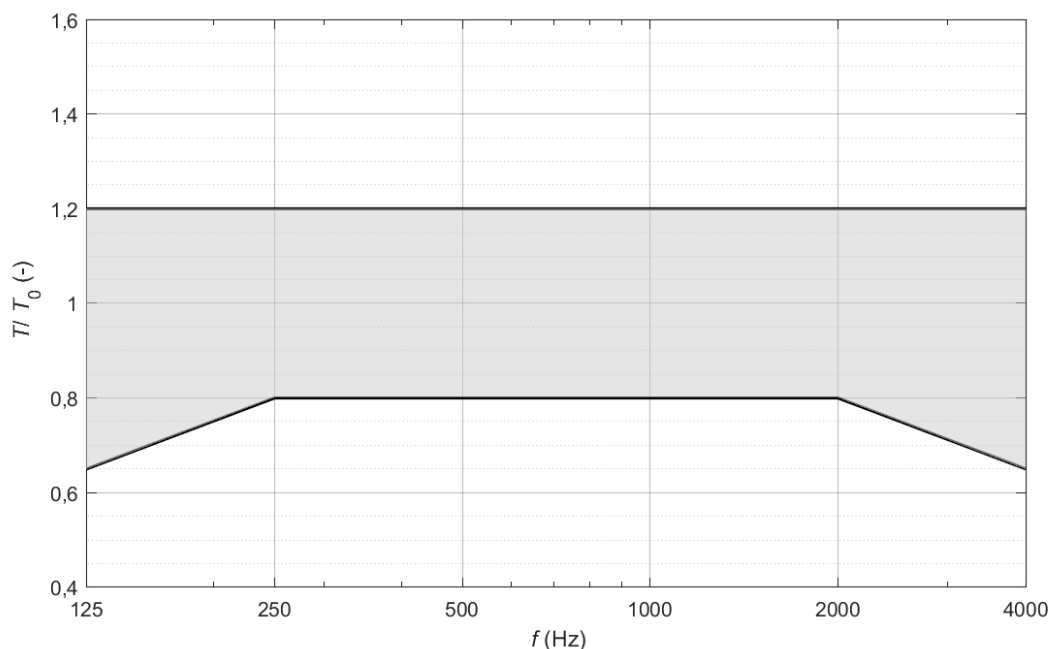
Doba dozvuku prostoru je hodnocena v 80 % obsazenosti.



Obr. 1 Graf pro stanovení hodnoty optimální doby dozvuku v závislosti na objemu – školské prostory a prostory pro vzdělávání

Legenda k Obr. 1:

Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s)	Toleranční pásmo
Kmenové učebny, Odborné učebny, Učebny pracovní výuky, Seminární místnosti, Posluchárny, Denní místnosti mateřských škol	A	řeč
Hudební učebny	A	hudba a řeč
Jazykové učebny, Speciální učebny se zvýšeným nárokem na srozumitelnost	B	řeč
Multimediální učebny Hudební učebny s reprodukovanou hudbou	B	řeč
Učebny pro elektronické a elektrofonické hudební nástroje	B	hudba a řeč
Učebny hry na individuální akustické nástroje a učebny zpěvu – horní mez	C1	hudba a řeč
Učebny hry na individuální akustické nástroje a učebny zpěvu – dolní mez	C2	hudba a řeč
Učebny hry na bicí nástroje	D	hudba a řeč
Tělocvičny a sportovní haly, Plavecké haly, Učebny gymnastiky a tance, Posilovny, Prostory pro fitness	E	zúžené toleranční pásmo



Obr. 2 Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktaového pásma.

2.4 Řešení prostorové akustiky – akusticky náročné prostory

Místnost č. 116

Akustické obklady: Na dvou navzájem kolmých stěnách místnosti je uvažován širokopásmový akustický obklad **SAO**.

Akustický podhled: Na stropě je uvažována kombinace dvou vizuálně velmi podobných, ale akusticky různých prvků **AP-A** a **AP-N**. Nad podhledem tvořeným těmito dvěma prvky se nachází nízkofrekvenční rezonátor **NFR**.

Kombinace těchto akustických úprav má za následek mimo jiné omezení vlivu odrazu zvuku od zadní stěny zpět k přednášejícímu, omezení vlivu třepotavé ozvěny mezi protilehlými stěnami a mezi stropem a podlahou, dále snížení doby dozvuku na optimální úroveň a její vyrovnaní ve frekvenčním spektru.

Pro tento prostor byl vytvořen výpočet doby dozvuku dle kapitoly 2.2 uvažující tyto akustické úpravy, rozměry prostoru a určenou cílovou dobu dozvuku – viz výpočtová příloha VP1.

Specifikace jednotlivých prvků jsou v příloze Tab1.

Rozměry a umístění jednotlivých akustických prvků dle výkresové přílohy PA.01-PA.02.

3. Závěr

Zpráva se věnuje prostorové akustice v akusticky náročných prostorech objektu Filozofické fakulty Univerzity Karlovy. Zpráva na základě analýzy a provedených výpočtů posuzuje a zhodnocuje prostory prostorové akustiky, definuje její cílové parametry a na základě toho vytváří řešení formou akustických úprav jednotlivých prostorů vedoucích k naplnění těchto požadavků.

Pro vybrané referenční akusticky náročné prostory byla stanovena optimální doba dozvuku a na základě výpočtů proveden návrh akustických úprav včetně rozložení tak, aby frekvenční průběh doby dozvuku splňoval definovaný požadavek normy ČSN 73 0527 ve frekvenčním pásmu 125 Hz – 4 kHz.

Dále všechny zkoumané prostory návrh upravuje tak, aby zde byla dosažena dobrá srozumitelnost mluveného slova, snížena celková hladina hluku a byly zde celkově zajištěny vhodné akustické podmínky pro požadované účely.

V případě jakýchkoliv změn v projektu je nutné zajistit odsouhlasení těchto změn odpovědným akustikem. V průběhu realizace je u všech posuzovaných akusticky náročných prostorů potřeba provést etapové měření doby dozvuku a dále je po dokončení realizace nutné provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu.