

VPLYV AKUSTICKEJ ÚPRAVY NA KVALITU PROSTREDIA V TRIEDE URČENEJ PRE ODBORNÚ VÝUKU – PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA SPŠ STAVEBNÁ A GEODETICKÁ, BRATISLAVA

Ing. Júlia ZRNEKOVÁ, PhD.

2D partner, s. r. o., Sv. Bystríka 1669/4, 010 08 Žilina

Ing. Dušan DLHÝ, PhD.

Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Abstrakt:

V učebni odborných predmetov na Strednej priemyselnej škole stavebnej a geodetickej (SPŠ) na Drieňovej ulici v Bratislave boli namontované akustické panely hrúbky 50 mm darované spoločnosťou OBIFON s. r. o.. Impulznou metódou boli vyhodnotené vybrané parametre priestorovej akustiky a porovnané s normovými požiadavkami. Pred akustickou úpravou bol v priestore čas dozvuku T (s) vyšší ako optimálny čas, zrozumiteľnosť v priestore pred úpravou bola uspokojivá. Autori článku chcú poukázať na absentujúce akustické úpravy v školách a zlú kvalitu prostredia pre výukový proces.

Kľúčové slová:

Trieda, čas dozvuku, oblaky, pohltivosť, rečová zrozumiteľnosť

ÚVOD

V triedach na základných a stredných školách chýbajú akustické úpravy, výučba v takýchto priestoroch môže byť náročná. Hluk pozadia je vysoký, žiaci sú hluční a hovorené slovo vyučujúceho zaniká v priestore.

V platnosti je stále norma STN 73 0527 Projektovanie v odbore priestorovej akustiky, v ktorej je uvedené, že optimálny čas dozvuku pre učebne a posluchárne s objemom uzavretého vzduchu 250 m^3 je $0,6 - 0,8 \text{ s}$. V prípade audiovizuálnej učebne, či jazykovej učebnej je čas dozvuku nižší.

Zrozumiteľnosť reči pre potreby článku bola hodnotená indexom rečovej zrozumiteľnosti STI [3] a zreteľnosti [4].

V odbornej učebni na SPŠ boli urobené merania impulzových odoziev v ôsmich bodoch pred úpravou a po úprave. Úprava pozostávala z ôsmich akustických panelov zavesených pod stropom.

1 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

Učebňa na SPŠ je obdĺžnikového tvaru s rozmermi $6,53 \times 8,68 \times 2,93 \text{ m}$ (rozмеры bez

uvažovania stĺpov a prievlakov). Uzatvorený objem priestoru je 166 m^3 . Pôvodná tabuľa bola zanechaná v učebni a na náprotivnú stenu bola umiestnená interaktívna tabuľa. Akustické úpravy boli preto volené symetricky aby mal vyučujúci možnosť voľby, ktorú tabuľu bude chcieť využiť pri výuke.

V priestore boli navrhnuté nasledujúce akustické úpravy:

- panely zavesené pod stropom,
- rohové rezonátory,
- rezonátory zo sadrokartónu.



Obr. 1 - Učebňa pred montážou panelov



Obr. 2 - Učebňa s panelmi zavesenými pod stropom

1.1 Akustická úprava

V priestore bolo navrhnutých osem panelov pod stropom rozmerov 1000 x 1500 x 50 mm od spoločnosti OBIFON. Základ panelov tvorí minerálna vlna kaširovaná netkanou textíliou potiahnutá semišovou priedušnou látkou béžovej farby.

Navrhované rezonátory žiaľ neboli vo finálnej fáze realizované. Uvažovalo sa s dvomi rohovými rezonátormi umiestnenými po boku interaktívnej tabule a jedným nad interaktívnou tabuľou. Pri pozdĺžnom prievlaku bol navrhnutý sadrokartónový prievlak s dodatočným osvetlením, nakoľko osvetlenie učebne je nedostatočné. Nad pôvodnou tabuľou boli uvažované sadrokartónové rezonátory vo výške jestvujúcich prievlakov.

Tab. 1 Ekvivalentná pohltivá plocha panelov rozmerov 1200 x 1200 x 50 s odsadením 50 mm

	125	250	500	1000	2000	4000
1200/1200	0,56	1,19	2,33	2,77	2,31	2,10

1.1 Čas dozvuku

Podľa [1] je optimálny čas dozvuku stanovený v sekundách a definovaný pre 1 kHz pre obsadený priestor. Pri školských priestoroch má byť tento čas dodržaný pre stredné kmitočty 500 a 1000 Hz s odchýlkou $\pm 10\%$ a mimo týchto pásiem $\pm 30\%$.

Akustičnosť priestoru pre školné účely, kde v tabuľke nie je uvedená číselná hodnota sa použije širokopásmový pohľad.

Z tabuľky v norme STN 73 0527 boli vybrané tri hodnoty, na základe ktorých môže byť stanovený optimálny čas dozvuku pre danú učebňu.

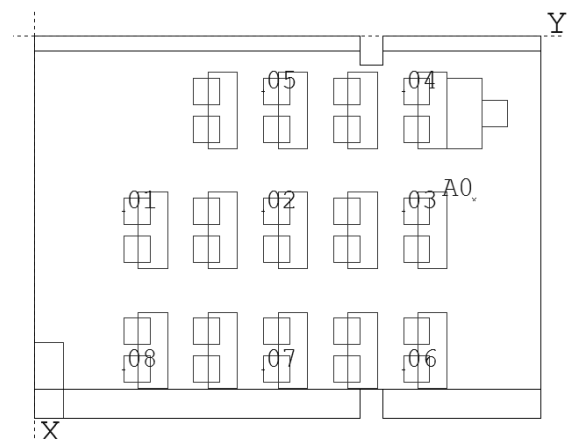
Tab. 2 Optimálny čas dozvuku podľa [1] pre vybrané účely priestoru

Priestor	Objem [m ³]	T _o [s]	Prípustná hladina hluku [dB(A)]
Učebňa a poslucháreň	do 250	0,6 – 0,8	45
Jazyková učebňa (laboratórium)	160 – 180	0,4 – 0,5	45
Audiovizuálna učebňa	200	0,6	40

2 MERANIA A VYHODNOTENIE

Merania boli robené impulznou metódou v ôsmich bodoch zostavou PC, reproduktor, zvuková karta ROLAND, všesmerový mikrofón Behringer a programom ARTA. Reprodukotor bol umiestnený pred interaktívnu tabuľou. V priestore rozmiestnený nábytok a merač. Pre možnosti porovnania s optimálnym časom dozvuku bola pohltivosť ľudí pripočítaná podľa [2].

Pre možnosť subjektívneho porovnania boli urobené aj nahrávky.



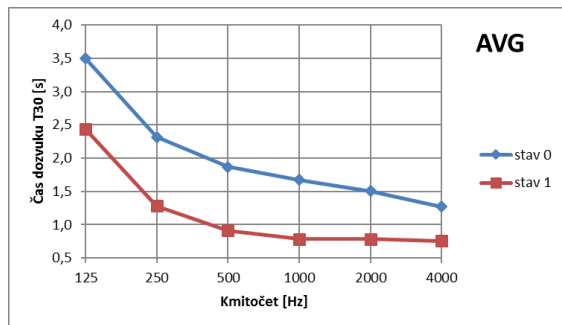
Obr. 3 - Vyznačenie bodov merania (01 až 08) a bodu zdroja (A0)

2.1 Čas dozvuku

Vplyv akustických panelov na čas dozvuku dokumentujeme porovnaním času dozvuku T30 v prázdnej miestnosti pred úpravou a po úprave.

Tab. 3 Čas dozvuku T30

	125	250	500	1000	2000	4000
Stav 0	3,50	2,31	1,87	1,67	1,51	1,27
Stav 1	2,43	1,28	0,91	0,78	0,78	0,76

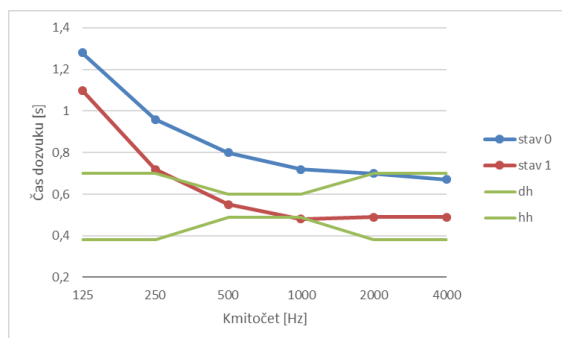


Obr. 4 - Priebeh času dozvuku T30 pred úpravou (stav 0) a po úprave (stav 1).

Na porovnanie času dozvuku s optimálnym časom dozvuku bol dopočítaný čas dozvuku pre obsadený priestor podľa [2]. Optimálny čas dozvuku bol zvolený pre audiovizuálnu triedu a objem 166 m³ 0,54 s.

Tab. 4 Čas dozvuku T30 + ľudia

	125	250	500	1000	2000	4000
0 + ľudia	1,28	0,96	0,80	0,72	0,70	0,67
1 + ľudia	1,10	0,72	0,55	0,48	0,49	0,50



Obr. 5 - Porovnanie priebehu času dozvuku T30 s optimálnym časom dozvuku pred úpravou (stav 0) a po úprave (stav 1).

2.2 Zreteľnosť

Z impulznej odozvy sa podľa [3] stanovujú hodnoty pre vnímanú jasnosť zvuku tromi parametrami a to jasnosťou C, zreteľnosťou D a ťažiskom impulzovej odozvy. Jednočíselné hodnoty spomínaných parametrov sa stanovujú ako aritmetický priemer hodnôt pre stredné kmitočty 500 a 1000 Hz. V norme je uvedený počuteľný rozdiel a typický rozsah pre neobsadené posluchárne a viacúčelové sály s objemom do 25 000 m³.

Pre potreby článku uvádzame hodnoty zreteľnosti, pre ktoré je uvedený počuteľný rozdiel 0,05 a typický rozsah od 0,3 do 0,7.

Tab. 5 Hodnoty zreteľnosti D

	Pred úpravou	Po úprave
Bod 1	0,30	0,59
Bod 2	0,34	0,58
Bod 3	0,53	0,81
Bod 4	0,53	0,67
Bod 5	0,41	0,59
Bod 6	0,35	0,54
Bod 7	0,36	0,62
Bod 8	0,32	0,57

Hodnoty zreteľnosti pre oba priestory sa nachádzajú v typickom rozsahu, pričom hodnoty po úprave sú vyššie. Z tohto hľadiska by priestor vyhovoval aj pred úpravou, ale zreteľnosť hovoreného slova po úprave bude lepšia. Hodnoty 0,81 je v bode najbližšie k zdroju zvuku, kde sa dá predpokladať najlepšia zrozumiteľnosť.

2.3 Index rečovej zrozumiteľnosti STI

Rečová zrozumiteľnosť predstavuje počet rozumených slov. Index prenosu reči STI je počítaný z indexu prenosu reči, ktorý používa 14 modulačných kmitočtov v rozsahu 7-mich oktavových pásmach. [3]

Hodnoty indexu prenosu reči sú v rozmedzí od 0 do 1. Pre posudzovaný priestor je požadovaná dobrá zrozumiteľnosť, ktorá je definovaná minimálnou hodnotou 0,62, kategória D.

Tab. 6 Index rečovej zrozumiteľnosti STI female

	Pred úpravou	Po úprave
Bod 1	0,53	0,68
Bod 2	0,57	0,70
Bod 3	0,70	0,83
Bod 4	0,52	0,66
Bod 5	0,53	0,66
Bod 6	0,51	0,64
Bod 7	0,52	0,63
Bod 8	0,52	0,64

Tab. 7 Slovné hodnotenie indexu rečovej zrozumiteľnosti

Hodnota STI	Zrozumiteľnosť podľa [3]
0 – 0,30	zlá
0,3 – 0,45	slabá
0,45 – 0,60	uspokojivá
0,60 – 0,75	dobrá
0,75 – 1,00	výborná

Hodnoty indexu rečovej zrozumiteľnosti STI v učebni pred úpravou dosahujú hodnoty približne 0,50 – uspokojivá zrozumiteľnosť. Po úprave priestoru sa zrozumiteľnosť zvýšila na dobrú (0,6-

0,75). Pri porovnaní bodu posúdenia najbližšie ku zdroju zvuku vzrástla z 0,70 na 0,83.

ZÁVER

Vplyvom ôsmich akustických panelov pod stropom v učebni sa znížil čas dozvuku neobsadeného priestoru na strednom kmitočte 1000 Hz o 47%. Výrazne vyšší čas dozvuku v oblasti nízkych kmitočtov je potrebné riešiť montážou rezonátorov, prípadne iných prvkov účinných v danom kmitočtovom pásme.

V pôvodnom návrhu bolo uvažované zo sadrokartónovými rezonátormi, ktoré ale neboli zrealizované. Pôvodná učebňa nevyhovuje podľa [1] na optimálny čas dozvuku ani pre učebne a posluchárne, kde je najbenevolentnejšia požiadavka. Pre stredný kmitočet 1000 Hz pri predpokladanom obsadenom stave bola vypočítaná hodnota času dozvuku 0,72 ale všetky hodnoty času dozvuku pre nižšie kmitočty je nad dovolenú odchýlku.

Pri upravenom stave sa hodnoty času dozvuku pre stredný kmitočet 1000 Hz pri obsadenom stave dostali na hodnotu 0,48. Zrealizovaním všetkých navrhnutých opatrení predpokladáme, že daná učebňa by bola vhodná na výuku jazykov, kde rečová zrozumiteľnosť je veľmi dôležitá.

Je možné predpokladať, že väčšina tried a učební na našich školách má dlhý čas dozvuku.

Ďalší vybraný parameter zreteľnosť bol v typickom rozsahu podľa [4], ale pridaním pohltivosti do priestoru sa zvýšili jeho hodnoty. V bode najbližšie ku zdroju zvuku sa dosiahla hodnota nad typický rozsah 0,81.

Medzi najčastejšie používané parametre hodnotiace rečovú zrozumiteľnosť priestoru patrí index STI a index CSI. Pre potreby článku bol zvolený index prenosu reči STI, ktorý v učebni bez

akustických úprav dosahoval hodnoty približne 0,5. V priestore bola uspokojivá zrozumiteľnosť. Po akustických úpravách sa hodnoty zvýšili v priemere o 24% a zrozumiteľnosť v priestore je hodnotená ako dobrá. V jednom bode bola dosiahnutá výborná zrozumiteľnosť, ale ide o bod posúdenia najbližšie ku zdroju zvuku.

PodĎakovanie

Autori článku chcú poďakovať spoločnosti OBIFON s. r. o. za dodanie akustických panelov vo forme daru a zamestnancovi školy Petrovi Rybaničovi za ich montáž.

Tento príspevok vznikol v rámci projektu VEGA 1/0685/16 a VEGA 1/0067/16.

Použitá literatúra

- [1] STN 73 0527 Projektovanie v odbore priestorovej akustiky. Priestory pre kultúrne a školské účely. Priestory pre verejné účely.
- [2] STN 73 0525 Projektovanie v odbore priestorovej akustiky. Všeobecné zásady.
- [3] STN EN 60268-16 Elektroakustické zariadenia. Časť 16: Objektívne hodnotenie zrozumiteľnosti reči indexom prenosu reči
- [4] STN EN ISO 3382-1 Akustika. Meranie akustických vlastností miestnosti. Časť 1: Sálové priestory

Korešpondenčná adresa:

Júlia ZRNEKOVÁ, Ing., PhD.
2D partner, s. r. o.,
ul. Sv. Bystríka 1669/4, 010 08 Žilina
Tel.: +421 904 465 728
e-mail: julia.zrnkova@gmail.com