

AKUSTICKÉ CENTRUM

Název zakázky: Modernizace a rozšíření prostor
SOU a PrŠ Kladno – Vrapice,
Objekt 1
Vrapická 53
272 03 Kladno - Vrapice

**Návrh prostorově akustických
úprav učeben**

Zakázka č.: 3-1222-3788

Zadavatel: archiw studio s.r.o.
Sevastopolská 2848
272 04 Kladno

**Obsah
dokumentace:** Akustická studie

Datum: Prosinec 2022

© AKUSTICKÉ CENTRUM 2022

AKUSTICKÉ CENTRUM s.r.o., Bělohorská 131, 169 00 Praha 6, Tel.: 235315094-5, Fax.: 235315096

e-mail: ac@akustickecentrum.cz, www.akustickecentrum.cz

IČ: 27420035, DIČ: CZ27420035

AKUSTICKÉ CENTRUM

Název zakázky: **Modernizace a rozšíření prostor
SOU a PrŠ Kladno – Vrapice,
Objekt 1
Vrapická 53
272 03 Kladno - Vrapice**

**Návrh prostorově akustických
úprav učeben**

Zodpovědný
pracovník:

Ing. Robert Fleischman

Spolupráce:

kolektiv Akustického centra

Supervize:

Ing. David Kail

Výsledky obsažené v tomto dokumentu jsou duševním vlastnictvím společnosti AKUSTICKÉ CENTRUM s.r.o. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Výchozí údaje.....	4
	2.1 Podklady.....	4
	2.2 Použitá literatura	4
	2.3 Základní charakteristiky řešených prostorů	5
3	Normativní požadavky a doporučení.....	6
4	Návrh akustických úprav	7
5	Použité akustické prvky	13
6	Závěr	14

1 Úvod

Tato studie byla vypracována na základě objednávky firmy archiw studio s.r.o. za účelem návrhu prostorově akustických úprav nově budovaných učeben pro potřeby odborného výcviku v 2.NP hlavní budovy školy SOU a PrŠ Kladno – Vrapice, Vrapická 53.

Studie v souladu s objednávkou obsahuje:

- stanovení prostorově akustických požadavků na učebny dle příslušných předpisů,
- návrh prostorově akustických úprav učeben.

2 Výchozí údaje

2.1 Podklady

- 1) Půdorys a řezy 2.NP s řešenými prostory nově budovaných učeben, objekt 1, SOU a PrŠ Kladno – Vrapice – zprac. Ing. arch. Jakub Wyderka, archiw studio s.r.o., 12/2022
- 2) Informace poskytnuté zástupcem objednatele Ing. arch. Jakubem Wyderkou

2.2 Použitá literatura

- 1) Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění pozdějších předpisů
- 2) ČSN 73 0525 - Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady, únor 1998.
- 3) ČSN 73 0527 - Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely, březen 2005.
- 4) Kolmer F., Kyncl J. – Prostorová akustika, SNTL, Praha, 1980.
- 5) M. Krňák – Akustické obklady, VÚZORT.
- 6) J. Vaverka a kol. - Stavební fyzika 1 – urbanistická, stavební a prostorová akustika, VUTIUM, Brno 1998.
- 7) Katalogové listy použitých akustických materiálů.

2.3 Základní charakteristiky řešených prostorů

Řešené učebny č. 201, 202, 203, 205, 207, 208, 209 je zamýšleno adaptovat ze stávajících prostorů v 2.NP hlavního objektu školy SOU a PrŠ Kladno – Vrapice, Vrapická 53. Pro všechny řešené učebny budou dále typově navrženy shodné prostorové akustické úpravy.

Učebny mají obdélníkový půdorys (jednotlivé půdorysné rozměry jsou uvedeny v tabulce 1). Všechny prostory mají shodnou výšku ke stavebnímu stropu 3 700 mm. Na podlaze učeben bude položeno přírodní linoleum, stávající stěny budou omítnuty hladkou omítkou, nové stěny budou vybudovány ze sádkartonu a pod stropem bude zavěšen podhled ve výšce 3 400 mm nad podlahou. V jedné boční stěně každé učebny jsou umístěna okna do venkovního prostoru. V učebnách budou umístěny 2 řady lavic pro celkem 18 žáků (s příslušným počtem židlí), před lavicemi bude umístěn 1 stůl a 1 židle pro učitele. U čelní stěny bude školní tabule. Další případné vybavení učeben není v současné době známo.

Učebny budou využívány pro běžnou výuku.

Místnost číslo	Využití prostoru	Půdorysné rozměry [mm]	Půdorysná plocha [m ²]	Celková povrchová plocha [m ²]	Objem [m ³]
201	Běžná učebna	9210 × 6600	60,8	229,1	206,7
202	Běžná učebna	9210 × 6600	60,8	229,1	206,7
203	Běžná učebna	9550 × 6600	63,0	235,9	214,3
205	Běžná učebna	7195 × 6600	47,5	188,8	161,5
207	Běžná učebna	9645 × 6600	63,7	237,8	216,4
208	Běžná učebna	9560 × 6600	63,1	236,1	214,5
209	Běžná učebna	9840 × 6830	67,2	247,8	228,5

Tab. 1: Základní rozměrové charakteristiky prostorů učeben

Pozn.: Při vyčíslení základních rozměrových charakteristik učeben byla s ohledem na akustický význam geometrie a rozměrů prostorů přijata některá zjednodušení. Uvedené hodnoty ploch a objemů tedy nemusejí přesně souhlasit s fyzickými rozměrovými charakteristikami místností. Údaje v tabulce 1 zohledňují změnu výšky učeben po instalaci celoplošného

zvukově pohltivého podhledu se svěšením 300 mm od stavebního stropu (viz dále uvedený návrh akustických úprav učeben).

3 Normativní požadavky a doporučení

Vyhláškou č. 410/2005 Sb., v platném znění, jsou stanoveny hygienické požadavky na optimální dobu dozvuku ve školách následovně:

§ 4b: V zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání musí být dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální doby dozvuku.

Z hlediska stanovení optimální doby dozvuku v prostorech pro školské účely a veřejné účely (tedy i pro školní učebny) je rozhodující norma ČSN 73 0527. Další normativní požadavky na akustické řešení školních učeben jsou uvedeny v normách ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527.

Požadované akustické kvality uzavřených prostorů se dosáhne volbou vhodných typů akustických prvků, nalezením jejich optimálního množství (výměr) a příhodným rozmístěním těchto výměr na stěnách a na stropě místnosti. Hlavní kritérium pro výběr prvků a stanovení jejich potřebného množství představuje kmitočtový průběh doby dozvuku dané místnosti, tedy hodnoty doby dozvuku v jednotlivých oktávových pásmech 125 Hz až 4 kHz, resp. 250 Hz až 2 kHz.

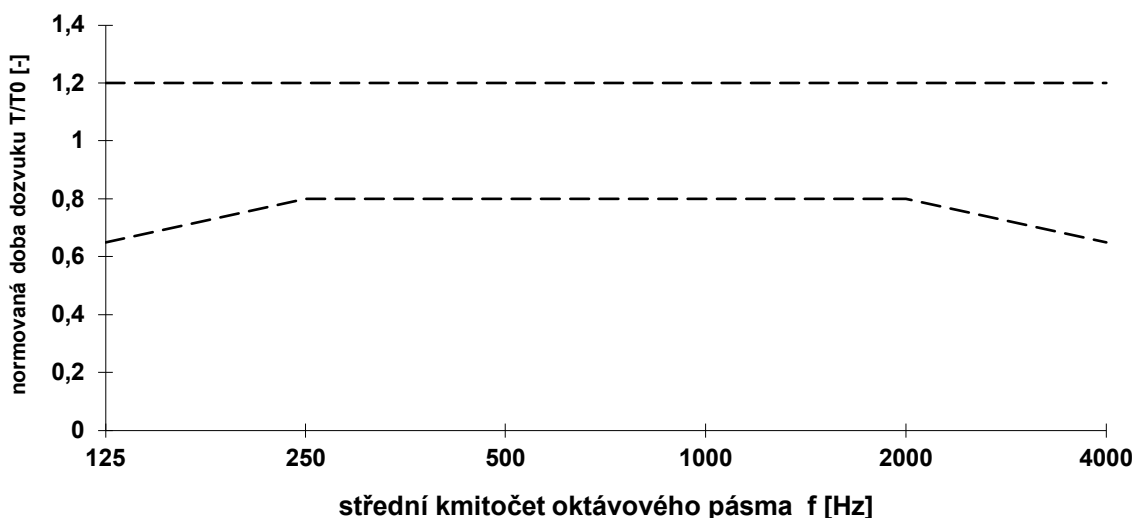
Optimální doba dozvuku

Norma ČSN 73 0527 udává optimální hodnotu doby dozvuku T_0 v oktávovém pásmu 1 kHz (resp. 500 Hz) v závislosti na účelu a případně též objemu prostoru. Je v ní uvedeno i normované toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku T/T_0 pro jednotlivé typy prostorů.

Předmětné učebny spadají do kategorie učeben o objemu do 250 m³, pro něž je v normě ČSN 73 0527 stanovena optimální doba dozvuku v oktávovém pásmu 1 kHz **$T_0 = 0,70$ s**.

Doba dozvuku se dle ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527 vyhodnocuje za předpokladu plně obsazeného stavu učebny.

Normované toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku pro prostory, kde je převažujícím akustickým signálem řeč (tedy mj. pro školní učebny), je uvedeno na obr. 1.



Obr. 1: Toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku pro prostory určené k přednesu řeči

4 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden na základě opakovaných výpočtů doby dozvuku při zahrnutí zvukové pohltivosti neakustických materiálů, tvořících povrchy daných prostorů (hodnoty činitele zvukové pohltivosti byly v některých případech vzaty z databáze společnosti Akustické centrum, v některých případech bylo nutno provést kvalifikovaný odhad) a zvukové pohltivosti akustických obkladů, jimiž má být docíleno požadované akustické kvality. Pro výpočty doby dozvuku byl použit tzv. Eyringův vzorec:

$$T_E = 0,164 \frac{V}{-S \ln(1 - \alpha) + 4mV},$$

kde V ... objem prostoru

S ... celková vnitřní povrchová plocha prostoru

α ... průměrný činitel zvukové pohltivosti prostoru

m ... činitel útlumu zvuku ve vzduchu

Prostorově akustické úpravy učeben č. 201, 202, 203, 205, 207, 208, 209 v 2.NP

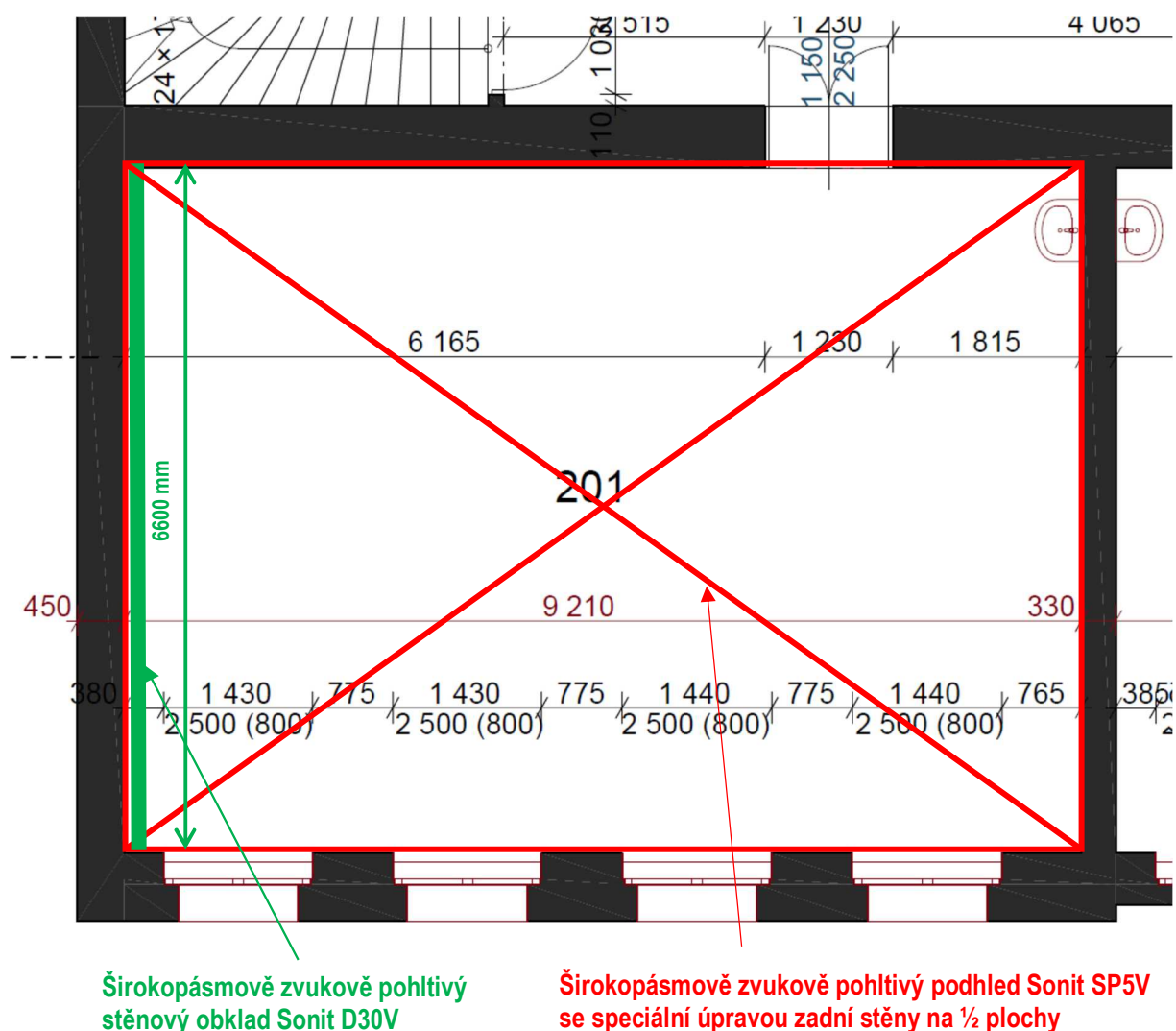
Prostorově akustické prvky pro zajištění optimálních podmínek pro přednes a poslech mluveného slova a splnění požadavků ČSN 73 0527 na optimální dobu dozvuku budou v každé učebně nainstalovány na zadní stěnu a pod strop.

Zadní stěna bude obložena v pásu přes celou šířku učebny (tj. 6600 nebo 6830 mm dle učebny) širokopásmově zvukově pohltivým obkladem Sonit D30V. Spodní hrana obkladu bude ve výšce

1 000 mm, horní hrana obkladu bude ve výšce 2 200 mm nad podlahou učebny. Tloušťka obkladu bude cca 130 mm. Celková plocha tohoto zvukově pohltivého obkladu zadní stěny pro každou učebnu je uvedena v tabulce 2.

Pod stropem každé učebny bude se svěšením 300 mm instalován zvukově pohltivý podhled Sonit SP5V se speciální úpravou zadní strany na $\frac{1}{2}$ plochy (pro zvýšení zvukové pohltivosti na nízkých kmitočtech). Podhled bude instalován v celé ploše stropu každé učebny. Celková plocha tohoto zvukově pohltivého podhledu pro každou učebnu je uvedena v tabulce 2.

Typické rozmístění prostorově akustických úprav v učebnách je zakresleno do půdorysu učebny č. 201 (rozmístění je ve všech řešených učebnách shodné).



Obr. 2: Rozmístění typických prostorově akustických úprav řešených učeben (zakresleno do půdorysu učebny č. 201)

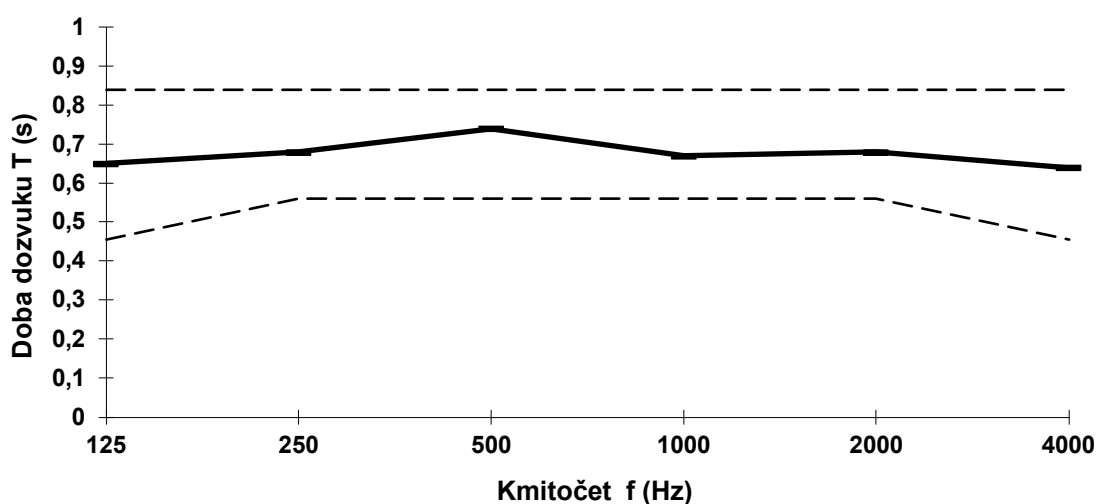
Místnost číslo	Využití prostoru	Plocha zvukově pohltivého obkladu Sonit D30V na zadní stěně [m ²]	Plocha zvukově pohltivého podhledu Sonit SP5V se speciální úpravou zadní stěny na ½ plochy [m ²]
201	Běžná učebna	7,92	60,8
202	Běžná učebna	7,92	60,8
203	Běžná učebna	7,92	63,0
205	Běžná učebna	7,92	47,5
207	Běžná učebna	7,92	63,7
208	Běžná učebna	7,92	63,1
209	Běžná učebna	8,20	67,2

Tab. 2: Plochy prostorově akustických prvků instalovaných v jednotlivých učebnách

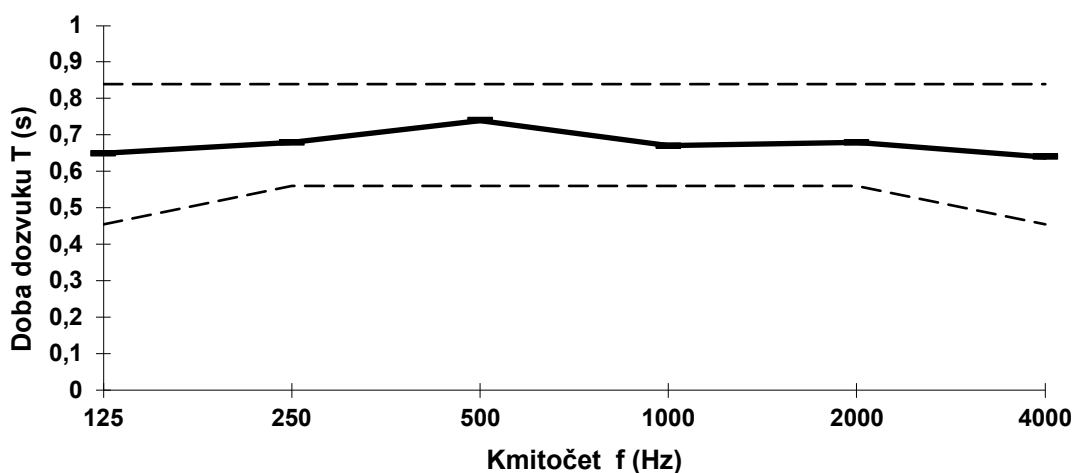
Vypočtené doby dozvuku v oktávových pásmech 125 – 4 000 Hz takto akusticky upravených učeben v plně obsazeném stavu jsou uvedeny v tab. 3 a graficky znázorněny na obr. 3 až 8 (spolu s mezemi odnormovaného tolerančního pásma).

	Oktávové pásmo f [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Vypočtená doba dozvuku T [s]	Učebna č. 201	0,65	0,68	0,74	0,67	0,68	0,64
	Učebna č. 202	0,65	0,68	0,74	0,67	0,68	0,64
	Učebna č. 203	0,65	0,69	0,74	0,67	0,68	0,64
	Učebna č. 205	0,64	0,65	0,69	0,63	0,64	0,60
	Učebna č. 207	0,65	0,69	0,75	0,68	0,69	0,64
	Učebna č. 208	0,65	0,69	0,74	0,67	0,68	0,64
	Učebna č. 209	0,66	0,69	0,75	0,68	0,69	0,65

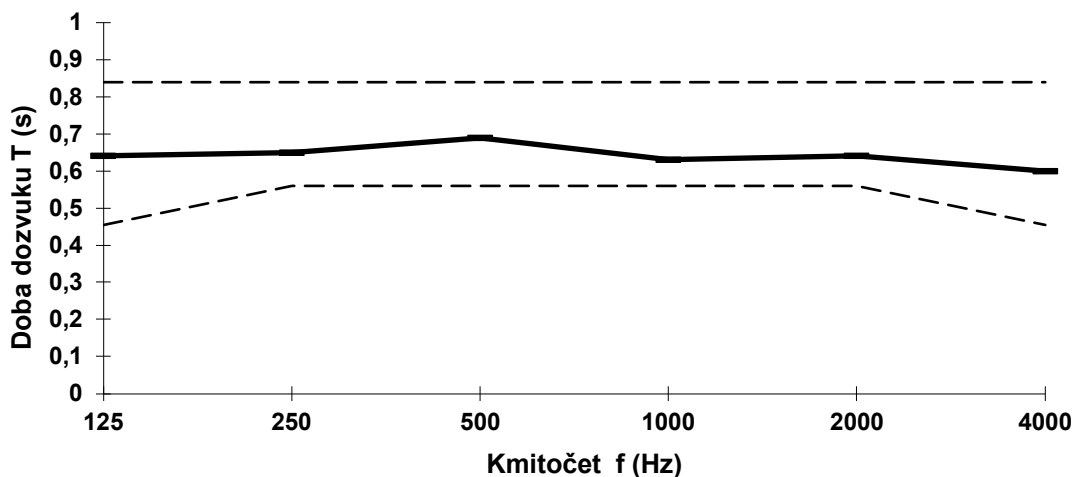
Tab. 3: Vypočtené hodnoty doby dozvuku akusticky upravených učeben v plně obsazeném stavu



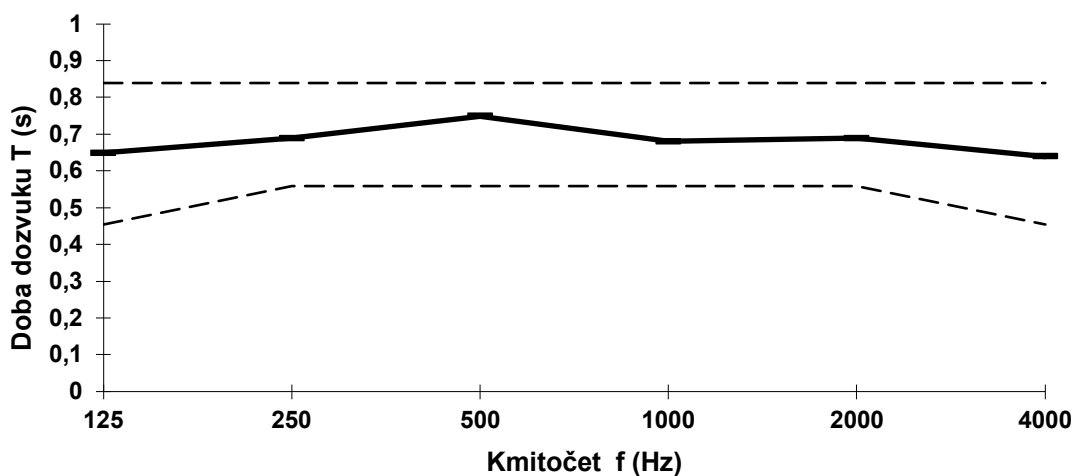
Obr. 3: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku akusticky upravené učebny m. č. 201 a 202 v plně obsazeném stavu (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)



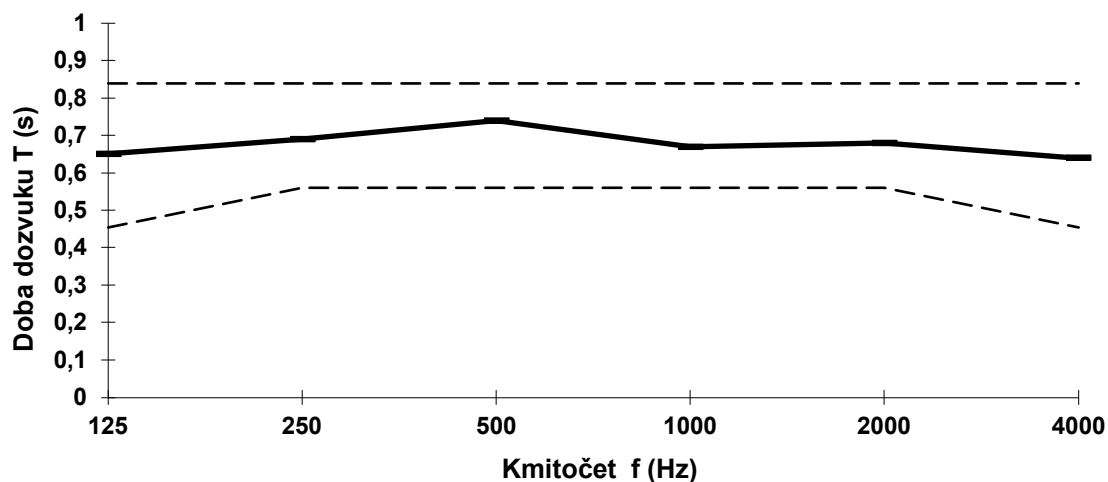
Obr. 4: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku akusticky upravené učebny m. č. 203 v plně obsazeném stavu (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)



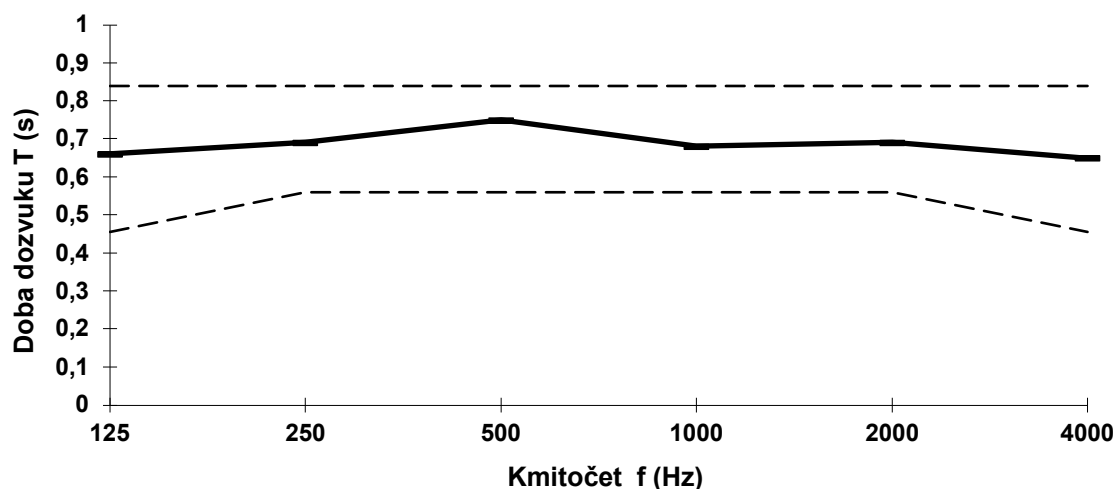
Obr. 5: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku akusticky upravené učebny m. č. 205 v plně obsazeném stavu (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)



Obr. 6: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku akusticky upravené učebny m. č. 207 v plně obsazeném stavu (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)



Obr. 7: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku akusticky upravené učebny m. č. 208 v plně obsazeném stavu (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)



Obr. 8: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku akusticky upravené učebny m. č. 209 v plně obsazeném stavu (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)

Z uvedených grafů je patrné, že se vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku všech řešených učeben nachází v mezích tolerančního pásma optimální doby dozvuku, takže navržené akustické úpravy jsou dle provedených výpočtů pro dané prostory a účel jejich využití optimální.

5 Použité akustické prvky

Obklad Sonit D30V

Stěnový akustický obklad, tvořený elementy z materiálu Sonit, což je barvený velikostně tříděný křemenný písek pojený epoxidovou kompozicí. Elementy mají tvar dlaždice formátu 300 × 300 mm a tloušťky 30 mm, spadají do třídy reakce na oheň A2-s2,d0. Za obkladové elementy se vkládá přídatná vložka z min. vlny balené v tenké PE fólii.

Montáž se provádí na skrytou ocelovou konstrukci, celková tloušťka obkladu včetně konstrukce je cca 130 mm. Barva jednotlivých prvků je dána vzorníkem firmy SONING.



Obr. 8: Ukázka instalace zvukově pohltivého stěnového obkladu Sonit D30V na zadní stěně učebny

Podhled Sonit SP5V se speciální úpravou zadní strany na ½ plochy

Kombinovaný akustický podhled s vysokým činitelem zvukové pohltivosti v celém sledovaném kmitočtovém pásmu (tj. i na nízkých kmitočtech). Materiálem všech podhledových desek je velikostně tříděný křemenný písek pojený epoxidovou kompozicí. Desky jsou určeny pro použití do standardního kovového podhledového rastru 600 × 600 mm a mají rozměry 595 × 595 mm. Tloušťka desek je 6 mm. Podhled spadá do třídy reakce na oheň A2-s2,d0. Polovina podhledových desek je z horní strany opatřena zátěrem ze speciálního tmelu. Desky bez tmelu a s tmelem budou instalovány v pravidelně se střídajících příčných pásech přes celou učebnu.

Vlastní podhledové desky jsou shora opatřeny přídatnou akustickou vložkou tl. 40 mm zabalenou v PE fólii. Barva jednotlivých prvků je dána vzorníkem firmy SONING.



Obr. 9: Ukázka instalace zvukově pohltivého podhledu Sonit SP5V se speciální úpravou zadní strany na ½ plochy

6 Závěr

Úpravy prostorové akustiky učeben v 2.NP hlavní budovy školy SOU a PrŠ Kladno – Vrapice, Vrapická 53, byly navrženy tak, aby byly dodrženy požadavky normy ČSN 73 0527 na kmitočtový průběh doby dozvuku školních učeben o objemu do 250 m³. V případě instalace doporučených prostorově akustických úprav bude ve všech daných učebnách dodržena doba dozvuku dle požadavku vyhlášky č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Akustické parametry učeben závisejí na mnoha faktorech, z nichž některé nelze s dostatečnou přesností předvídat. Navržené akustické úpravy proto musí realizovat odborná akustická firma, která je schopna v průběhu montážních prací provádět kontrolní měření doby dozvuku a na základě jejich výsledků případně provádět drobné korekce souboru akustických úprav.

Případné změny je možno konzultovat s autorem této studie.

Za Akustické centrum s.r.o.

Ing. Robert Fleischman