

# **ZŠ KOMÁROV - REKONSTRUKCE**

---

DOKUMENTACE PRO VÝBĚR ZHOTOVITELE STAVBY A PROVÁDĚNÍ STAVBY

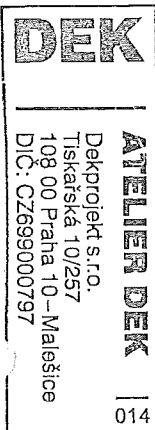
Zak. č.: SPS – 1022 – 1

## **E / DOKLADOVÁ ČÁST**

ATELIER

**DEK**

DEKPROJEKT s.r.o.  
Zakázka číslo: 2020-013077-BJa



## Akustická studie

ZŠ Komárov - rekonstrukce

U Školy 52/1

747 70 Opava, Komárov

### Vypracoval:

Ing. Jan Burda

### Kontroloval:

Ing. Roman Pavelka

### Zpracováno v období:

červen 2020

## Obsah

<b>1. VŠEOBECNĚ.....</b>	<b>3</b>
1.1. Předmět.....	3
1.2. Úkol.....	3
1.3. Objednatel.....	3
1.4. Zpracovatel.....	3
1.5. Vypracoval.....	3
1.6. Kontroloval.....	3
1.7. Zpracováno v období.....	3
<b>2. PODKLADY.....</b>	<b>3</b>
<b>3. SITUACE.....</b>	<b>4</b>
<b>4. POŽADAVKY.....</b>	<b>6</b>
<b>5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b>	<b>7</b>
5.1. Výpočtový model.....	7
5.2. Návrh úprav.....	7
5.3. Výpočet.....	11
5.4. Posouzení.....	13
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>14</b>

## 1. VŠEOBECNĚ

- 1.1. Předmět** ZŠ Komárov – rekonstrukce
- 1.2. Úkol** Akustická studie – Prostorová akustika
- 1.3. Objednatel** **Slezská projektová společnost, spol. s r. o. OPAVA**  
Olomoucká 9/8  
746 01 Opava  
IČ: 00563145  
Kontaktní osoba:  
Antonín Baďura  
+420 777 746 902  
abadura@sps.opava.cz
- 1.4. Zpracovatel** **DEKPROJEKT s.r.o.**  
Tiskařská 10/257  
budova TTC TECHKOM  
CENTRUM  
108 00, Praha 10  
tel.: +420 234 054 284-5  
fax.: +420 234 054 291  
IČO: 27 64 24 11  
DIČ: CZ 27 64 24 11  
bankovní spojení:  
35-7899980247/0100  
KB Praha 9  
Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem v Praze oddíl C., vložka 120996
- 1.5. Vypracoval** Ing. Jan Burda
- 1.6. Kontroloval** Ing. Roman Pavelka
- 1.7. Zpracováno v období** červen 2020

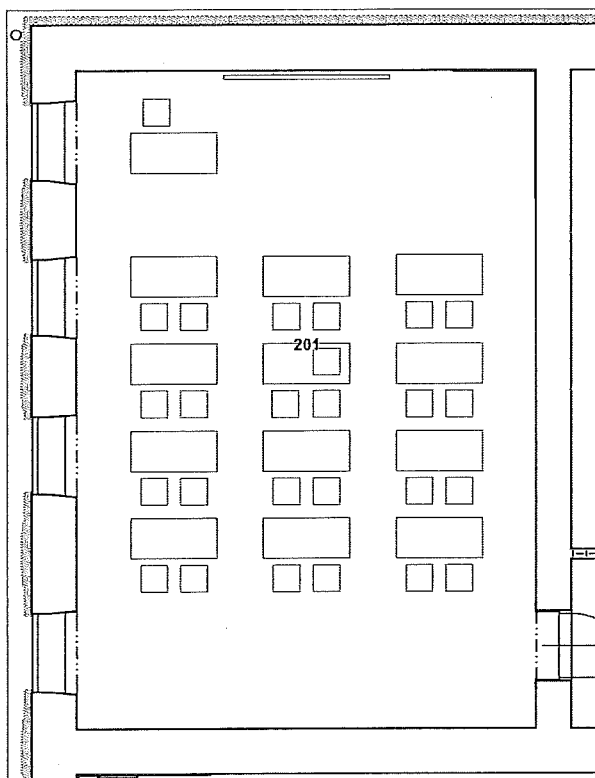
## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 3. 6. 2020 dle D2020-044136
- [2] Výkresová dokumentace „ZŠ Komárov - rekonstrukce“, projektant: Ing. arch. Jarosch, datum vypracování: 04/2012
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura, Csc.
- [4] ČSN 73 0525 (73 0525) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- [5] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – prostory pro kulturní účely – prostory ve školách – prostory pro veřejné účely.
- [6] Stavební fyzika I – Urbanistická, stavební a prostorová akustika – Prof. Ing. Jiří Vaverka DrSc., VUTIUM 1998.
- [7] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech
- [8] ČSN EN ISO 11654 (73 0528) Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- [9] Výpočetní program ODEON 15.10 Auditorium

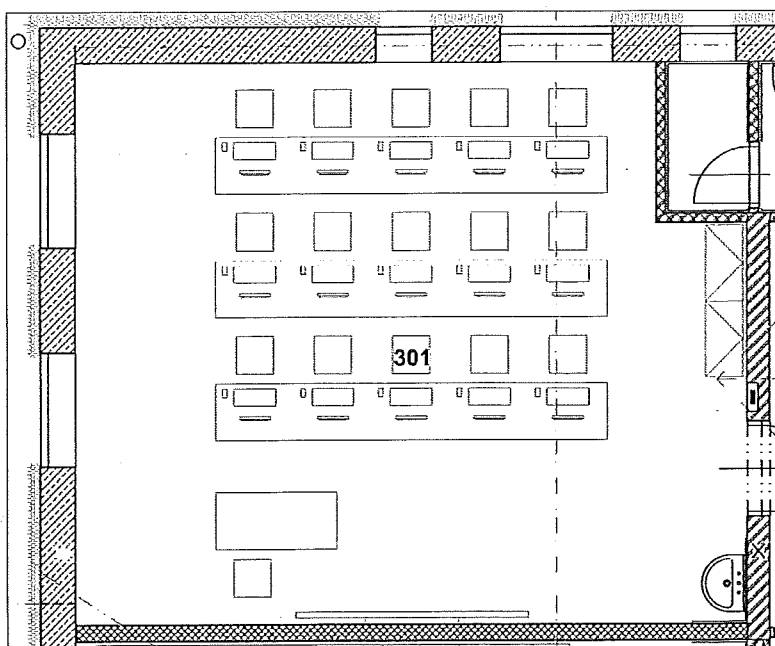
*Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie*

### 3. SITUACE

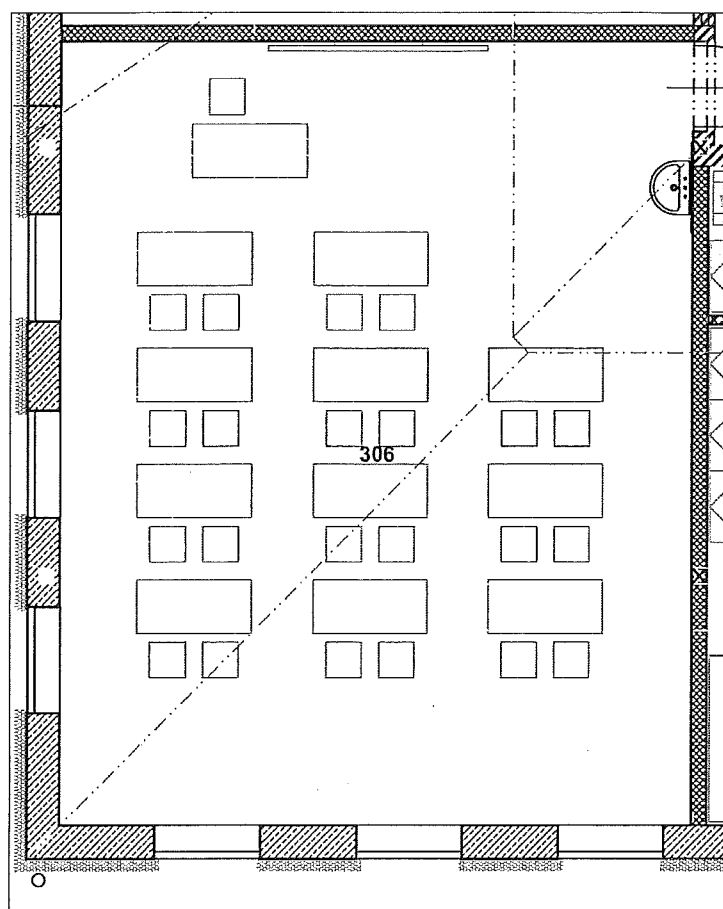
Předmětem studie je objekt ZŠ a MŠ Opava-Komárov [2]. Objekt projde rekonstrukcí v podkroví budou nově vybudované učebny. Objednatel je požadováno posouzení vnitřního prostoru učeben (m.č. 201, 301, 306 a 309) z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527 [5]. Součástí návrhu a posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb. Situace projektu je zobrazena na následujících obrázcích.



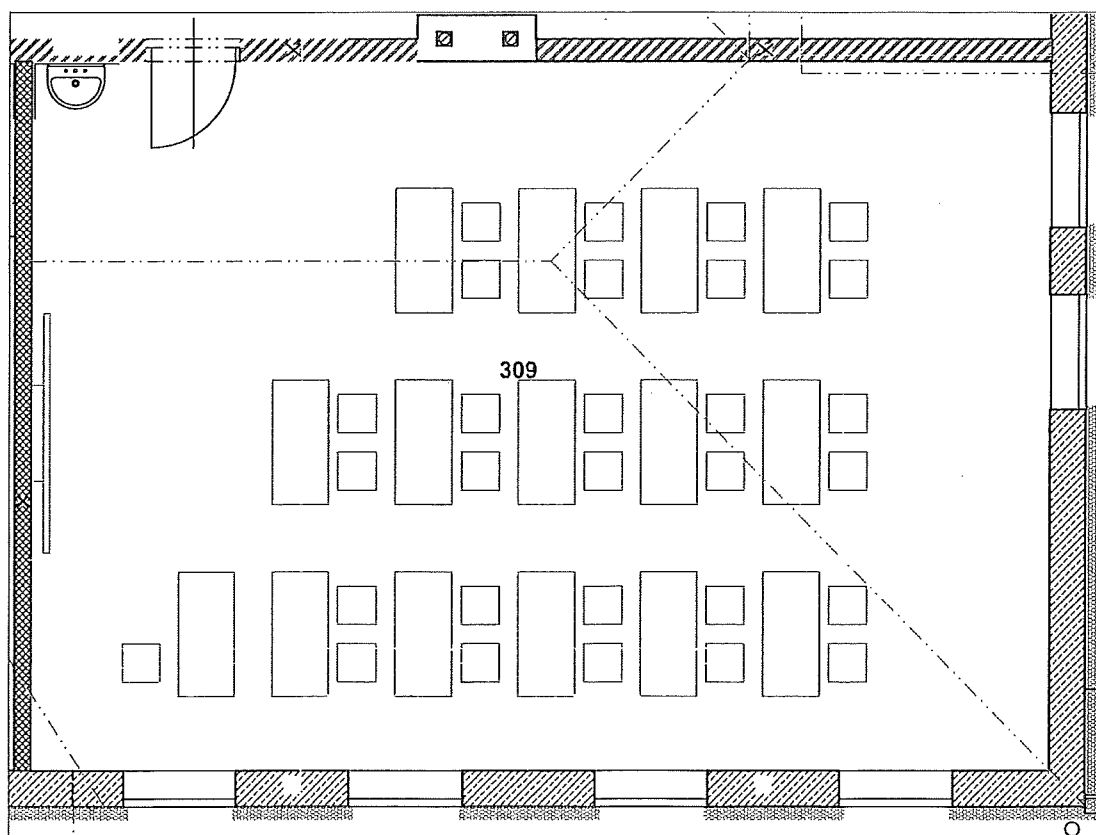
Obr. /1/ Půdorys objektu, učebna č. 201, 2.NP



Obr. /2/ Půdorys objektu, učebna č. 301, 3.NP



Obr. /3/ Půdorys objektu, učebna č. 306, 3.NP



Obr. /4/ Půdorys objektu, učebna č. 309, 3.NP

## 4. POŽADAVKY

Optimální doba dozvuku  $T_0$  prostoru daného účelu se stanoví pro objem prostoru. V případě standardní učebny s celkovým objemem do 250 m<sup>3</sup> je optimální doba dozvuku  $T_0 = 0,7$  s. V případě audiovizuální učebny je optimální doba dozvuku  $T_0 = 0,6$  s. Číselně vyjádřená hodnota optimální doby dozvuku v sekundách se týká prostoru v obsazeném stavu a vztahuje se ke kmitočtu 1000 Hz.

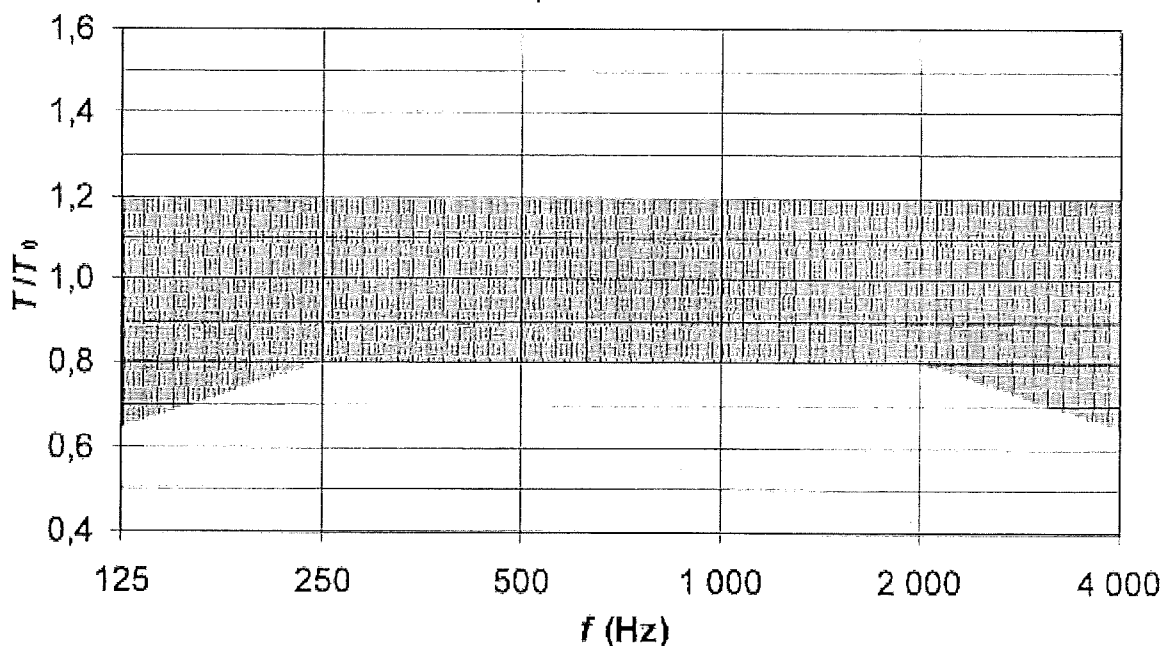
Hodnota optimální doby dozvuku pro posuzovaný prostor je uvedena v následující tabulce.

Místnost	Objem [m <sup>3</sup> ]	Optimální doba dozvuku [s]
Učebna č. 201	240,5	0,70
Učebna PC č. 301	125,8	0,60
Učebna č. 306	185,3	0,70
Učebna č. 309	236,5	0,70

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktafóvová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4 000 Hz. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku  $T$  se ve vztahu k optimální době dozvuku  $T_0$  projevuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktafóvová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Účel prostoru	Meze	Střední kmitočet $f$ (Hz) oktafóvého pásma											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$
Audiovizuální učebna (m.č. 1.03)	horní	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72	1,20	0,72
	dolní	0,65	0,39	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,65	0,39
Učebna do 250 m <sup>3</sup> (m.č. 1.04)	horní	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84
	dolní	0,65	0,46	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,65	0,46

Tab. /2/ Přípustné rozmezí  $T/T_0$ Obr. /5/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku  $T/T_0$  obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktafóvého pásma

## 5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

### 5.1. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny uvažované konstrukce v posuzovaném prostoru

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Plocha [m <sup>2</sup> ] m.č. 201	Plocha [m <sup>2</sup> ] m.č. 301	Plocha [m <sup>2</sup> ] m.č. 306	Plocha [m <sup>2</sup> ] m.č. 309
Strop	omítka	67,8	-	-	-
Strop	SDK	-	41,6	62,2	76,6
Podlaha	tvrdá podlahovina	67,8	41,0	63,3	79,9
Stěny	omítka	107,3	67,7	71,9	83,3
Okna	sklo	9,2	7,0	12,1	15,3
Dveře	dřevěné	2,2	2	2,0	2,0

Tab. /3/ Pohledové konstrukce

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující (pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu 50%):

Kmitočet f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Činitel útlumu ve vzduchu [np/m]	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0019	0,0058

Tab. /4/ Činitel útlumu ve vzduchu

V následující tabulce jsou uvedeni činitelé pohltivosti jednotlivých pohledových materiálů. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [3, 6, 7 a 9]. Pro materiály, pro něž nebyli činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podlaha – tvrdá podlahovina	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
SDK	0,11	0,08	0,05	0,02	0,02	0,03
Omítka	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Sklo	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Dřevo (dveře)	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10

Tab. /5/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

### 5.2. Návrh úprav

Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet doby dozvuku byl proveden za pomoci softwaru ODEON Auditorium 15.10. Software ODEON byl vyvinut pro simulaci a měření prostorové akustiky budov. Oproti zjednodušenému výpočtu podle ČSN EN 12354-6 přílohy D, výpočet v programu ODEON umožňuje přesné zadání tvaru prostoru, podrobné členění a to včetně detailů.

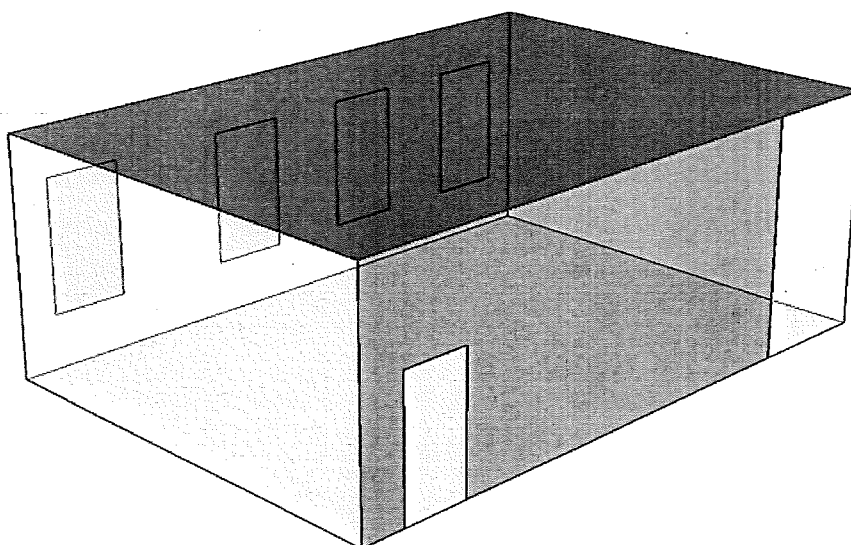
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

Učebna č. 201

V posuzovaném prostoru bude proveden celoplošný akustický podhled z perforovaných SDK desek Rigips Rigitone 12/25 Q. Podhled bude instalován s celkovým svěšením 200 mm, ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 50 mm (např. Isover Akustic SSP2). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha podhledu bude 67,8 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 6 červenou barvou.

Dále bude proveden obklad na jedné boční stěně z perforovaných SDK desek Rigips Gyptone BIG Quattro 47. Obklad bude instalován s celkovým odsazením 100 mm od povrchu stěny a ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 75 mm (např. Isover Domo). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha obkladu bude 25,9 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 6 modrou barvou.

Návrh akustických úprav pro učebnu č. 201 bude ve stejném rozsahu, se stejnými materiály a jejich konfigurací proveden také ve zbylých učebnách v 2.NP objektu (m.č. 212, 214).

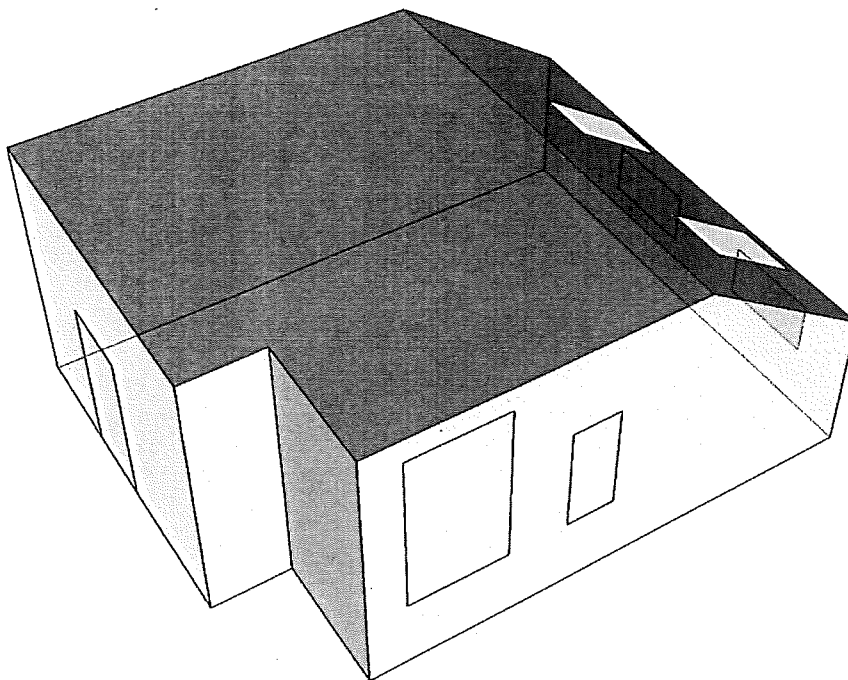


Obr./6/ Akustické úpravy – učebna 201

Učebna č. 301

V posuzovaném prostoru bude proveden celoplošný akustický podhled z perforovaných SDK desek Rigips Rigitone 12/25 Q. Celková tloušťka skladby podhledu včetně desky bude 150 mm, ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 50 mm (např. Isover Akustic SSP2). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha podhledu bude 41,6 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 7 červenou barvou.

Dále bude proveden obklad na jedné boční stěně z perforovaných SDK desek Rigips Gyptone BIG Quattro 47. Obklad bude instalován s celkovým odsazením 100 mm od povrchu stěny a ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 75 mm (např. Isover Domo). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha obkladu bude 5,6 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 7 modrou barvou.

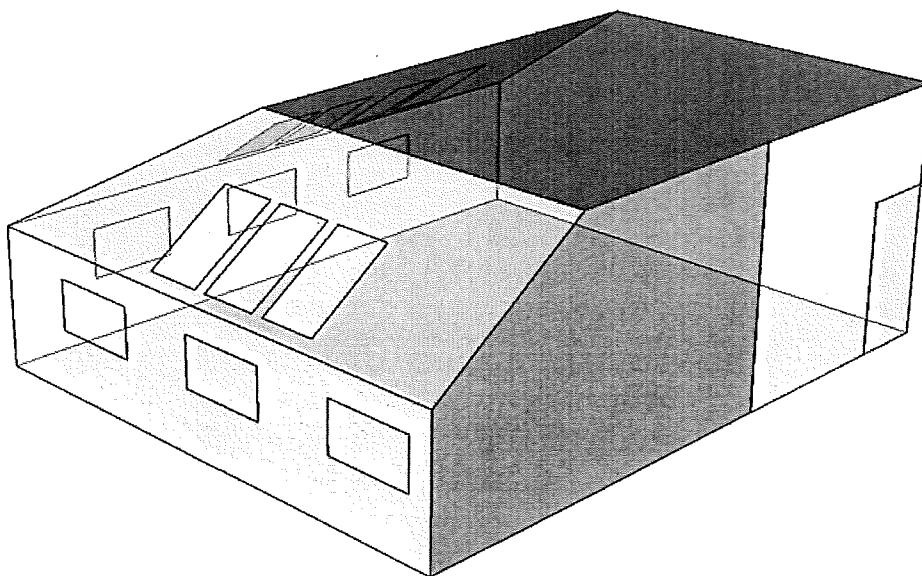


Obr./7/ Akustické úpravy – učebna 301

Učebna č. 306

V posuzovaném prostoru bude proveden celoplošný akustický podhled z perforovaných SDK desek Rigips Rigitone 12/25 Q. Celková tloušťka skladby podhledu včetně desky bude 150 mm, ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 50 mm (např. Isover Akustic SSP2). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha podhledu bude 33,1 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 8 červenou barvou.

Dále bude proveden obklad na jedné boční stěně z perforovaných SDK desek Rigips Gyptone BIG Quattro 47. Obklad bude instalován s celkovým odsazením 100 mm od povrchu stěny a ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 75 mm (např. Isover Domo). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha obkladu bude 16,3 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 8 modrou barvou.

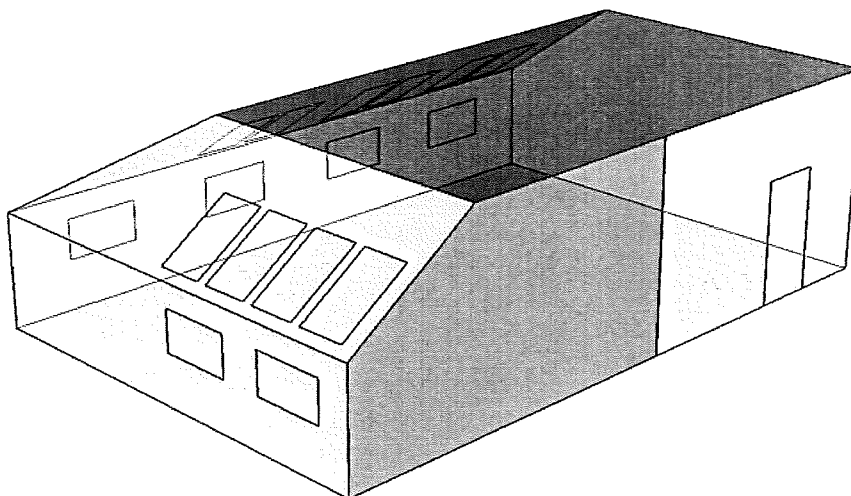


Obr./8/ Akustické úpravy – učebna 306

Učebna č. 309

V posuzovaném prostoru bude proveden celoplošný akustický podhled z perforovaných SDK desek Rigips Rigitone 12/25 Q. Celková tloušťka skladby podhledu včetně desky bude 150 mm, ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 50 mm (např. Isover Akustic SSP2). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha podhledu bude 44,8 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 9 červenou barvou.

Dále bude proveden obklad na jedné boční stěně z perforovaných SDK desek Rigips Gyptone BIG Quattro 47. Obklad bude instalován s celkovým odsazením 100 mm od povrchu stěny a ve vzniklé vzduchové mezeře bude umístěna minerální izolace tl. 75 mm (např. Isover Domo). Frekvenční závislost zvukové pohltivosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v tab. 6. Celková plocha obkladu bude 18,2 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 9 modrou barvou.



Obr./9/ Akustické úpravy – učebna 309

Další prostory s požadavkem na akustická opatření

Dále bude proveden celoplošný akustický podhled stropu v prostoru jídelny (m.č. 101), družiny (m.č. 115, 120) a sborovny (m.č. 308). Materiál bude splňovat požadavek na akustický širokopásmový obklad s  $\alpha_w \geq 0,8$  (třída zvukové pohltivosti A nebo B), např. Rigips Rigitone 12/25 Q se svěšením 200 mm a vloženou minerální izolací tl. 50 mm. Tento obklad stropu doporučujeme provést také v prostoru ředitelny a jednotlivých kabinetů (m.č. 108, 211, 213, 305, 307).

V následující tabulce jsou uvedeny činitele pohltivosti zvukopohltivých materiálů uvažovaných ve výpočtu. Při výběru konkrétních akustických materiálů, je pro očekávanou optimální dobu dozvuku důležité dodržet průběhy činitele pohltivosti uvedené v tab. 6.

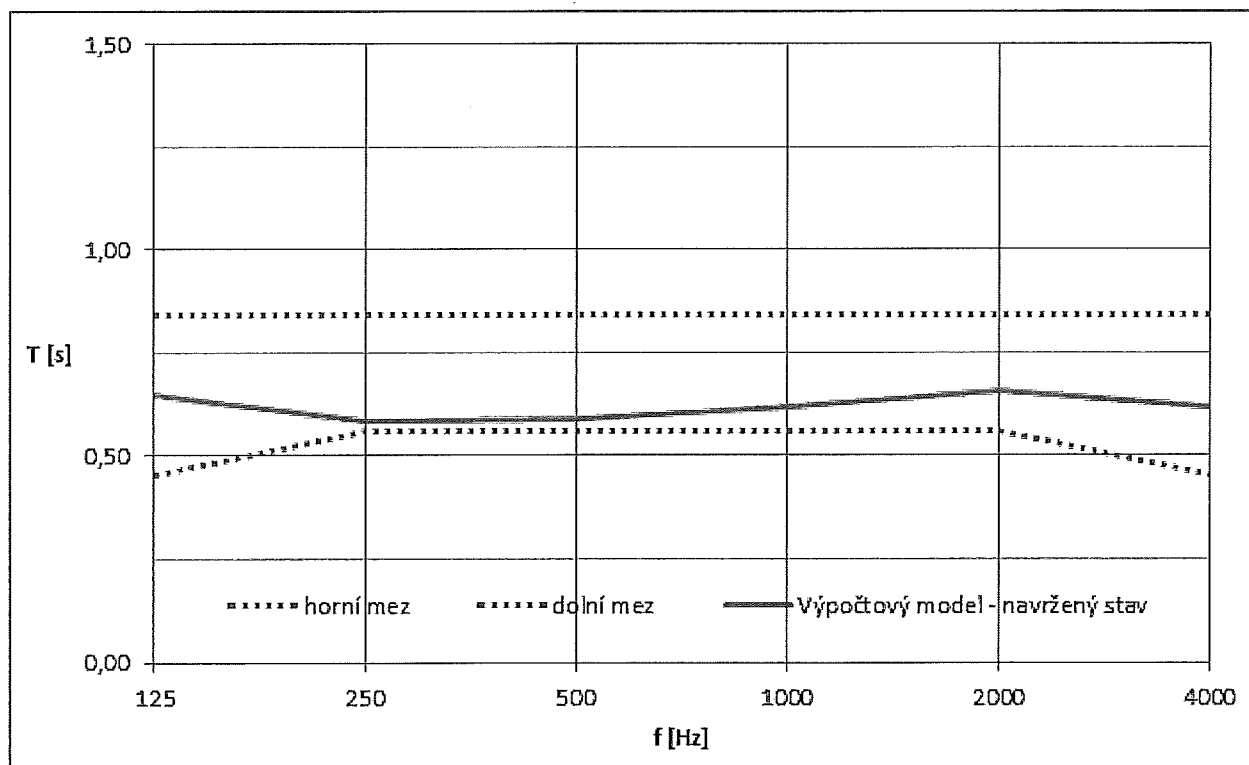
Pohledový materiál	Střední kmitočet $f$ (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Rigips Rigitone 12/25 Q, svěšení 200 mm, minerální izolace tl. 50 mm	0,70	0,85	0,85	0,90	0,85	0,90
Rigips Rigitone 12/25 Q, svěšení 135 mm, minerální izolace tl. 50 mm	0,55	0,80	0,85	0,90	0,85	0,85
Rigips Gyptone BIG Quattro 47, odsazení od stěny 100 mm, minerální izolace tl. 75 mm	0,60	0,65	0,55	0,40	0,30	0,25

Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

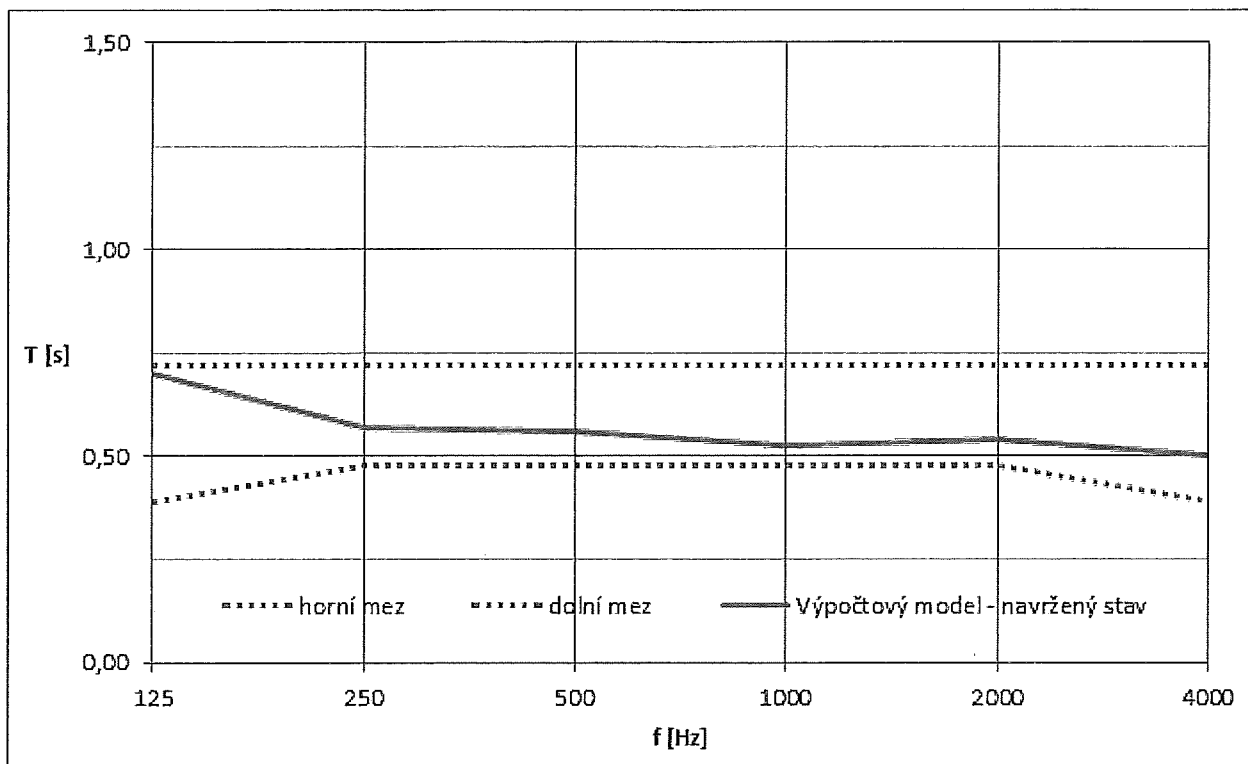
### 5.3. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky je použit software ODEON 15.10 Auditorium. Výpočet provedený v softwaru ODEON zohledňuje velikosti ploch, pohltivost povrchu a geometrii prostoru. ODEON používá metodu obrazového zdroje v kombinaci s modifikovaným algoritmem pro sledování paprsků. Při výpočtu je uvažováno s částečně obsazeným prostorem jednotlivých tříd.

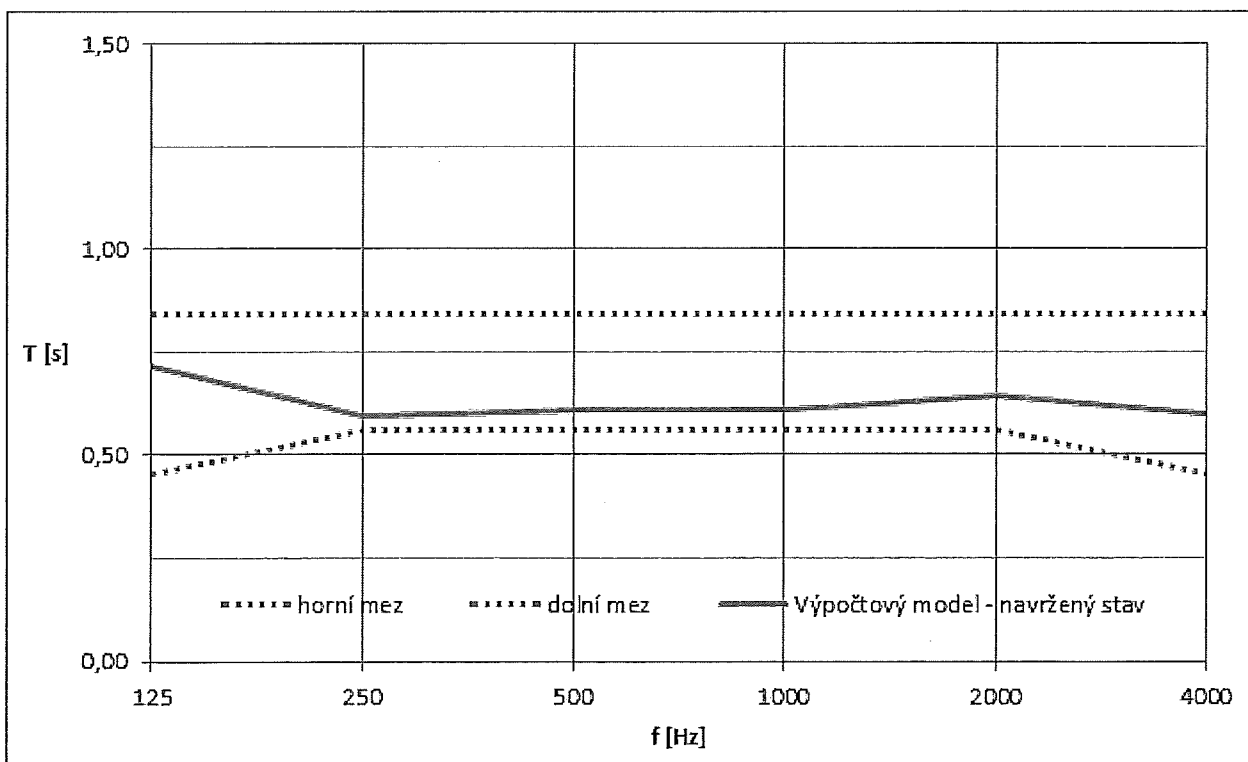
Na následujícím obrázku je graficky znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro daný způsob využití dle ČSN 73 0527.



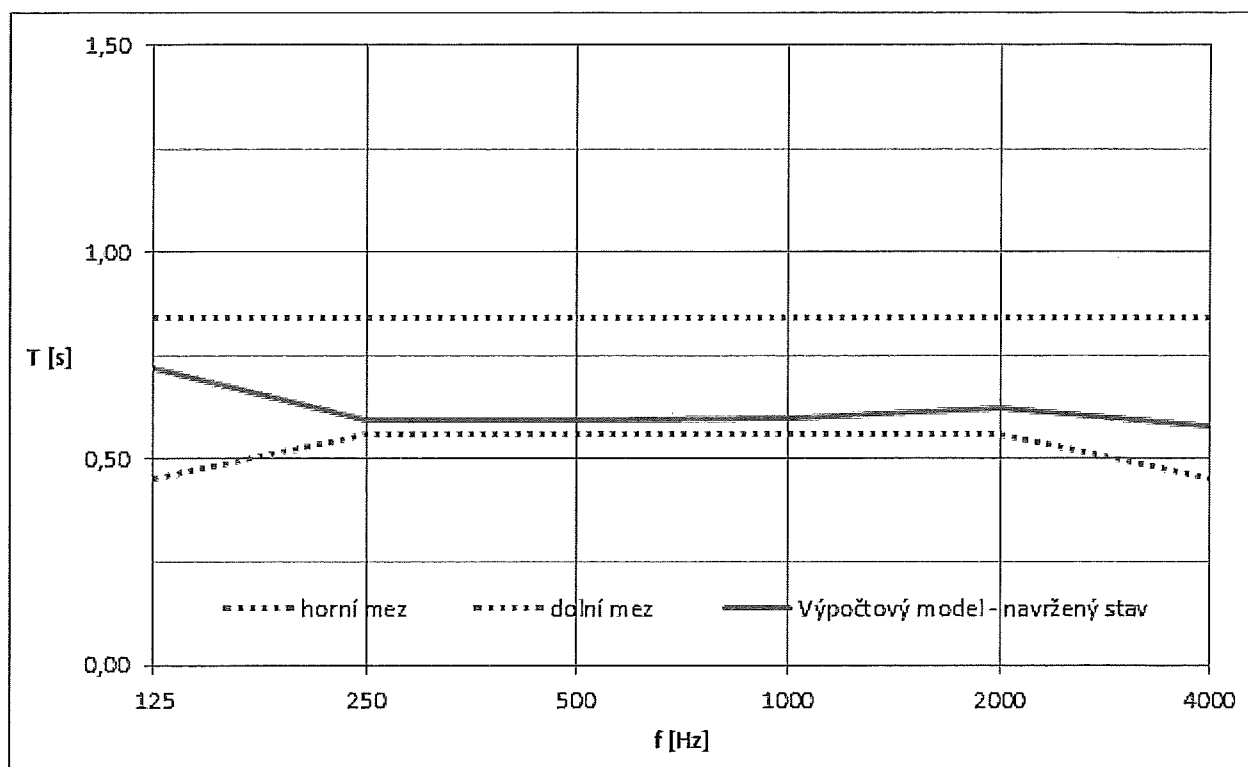
Obr./10/ Výsledná doba dozvuku – učebna č. 201



Obr./11/ Výsledná doba dozvuku – učebna č. 301



Obr./12/ Výsledná doba dozvuku – učebna č. 306



Obr./13/ Výsledná doba dozvuku – učebna č. 309

#### 5.4. Posouzení

V následující tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527.

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet $f$ [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech – učebna č. 301	$T$	s	0,70	0,57	0,56	0,53	0,54	0,50
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – audiovizuální učebna	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,39	0,48	0,48	0,48	0,39
Hodnocení (učebna č. 301)			+	+	+	+	+	+

Tab. /7/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – audiovizuální učebna, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet $f$ [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech – učebna č. 201	$T$	s	0,65	0,58	0,59	0,62	0,66	0,62
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech – učebna č. 306	$T$	s	0,72	0,59	0,61	0,61	0,64	0,60
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech – učebna č. 309	$T$	s	0,72	0,60	0,59	0,60	0,62	0,58
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – učebna do 250 m <sup>3</sup>	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,46
Hodnocení (učebna č. 201)			+	+	+	+	+	+
Hodnocení (učebna č. 306)			+	+	+	+	+	+
Hodnocení (učebna č. 309)			+	+	+	+	+	+

Tab. /8/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – učebna do 250 m<sup>3</sup>, stav po návrhu úprav

Pozn.: + ... Vyhovuje požadavku, X ... Nevyhovuje požadavku

Z výsledků v tab.7 a 8 je zřejmé, že **posuzované prostory výpočtově splňují požadavky na optimální dobu dozvuku po provedení kompletního rozsahu navržených úprav.**

Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po dokončení realizace navržených úprav. Ze zkušenosti lze říci, že předpokládaná doba dozvuku v pohltivých prostorech je o něco vyšší než doba dozvuku získaná výpočtem. Příčinou může být nerovnoměrné rozložení pohltivých ploch. Návrh vychází z teoretických výpočtů, které nahrazují reálný stav pouze s omezenou přesností a pracují s hodnotami materiálových parametrů zjišťovaných v laboratorním prostředí. Skutečný stav akustiky prostoru se proto od výpočtových modelů může mírně lišit. **Z tohoto důvodu doporučujeme kontrolovat dobu dozvuku prostoru měření i v průběhu realizace.** Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru, např. návrhem dalších stěnových obkladů. Z tohoto důvodu doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 25 % nákladů.

## 6. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do vnitřního prostoru učeben č. 201, 301, 306 a 309 na ZŠ a MŠ Opava – Komárov [2]. Výpočtová doba dozvuku posuzovaných prostorů splňuje požadavky ČSN 73 0527 pro prostory ve školách. **Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provádět také v průběhu realizace.** Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení.

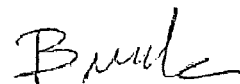
V Brně dne 26. 6. 2020

za DEKPROJEKT s.r.o.

Ing. Jan Burda

Tel.: +420 735 768 488

e-mail: jan.burda@dek-cz.com



**ATELIER DEK**

DEKPROJEKT s.r.o.  
Tiskařská 10/257  
108 00 Praha 10  
DIČ: CZ699000797

10