

# AKUSTICKÝ POSUDEK

**„Stavební úpravy střední školy spočívající ve změně  
dispozice a střešních nástaveb“  
z hlediska prostorové akustiky**

**Objednatel** VMS projekt s.r.o.  
Novorossijská 977/16  
100 00 Praha

**Číslo zakázky** 24017918-1 – pracovní verze  
**Datum vydání** 2024-11-25

**Vypracoval** Ing. Jan Dolejší  
mobil: 733 716 153

**Počet výtisků** 2  
**Výtisk číslo** 1 2 E

## Obsah

1	VŠEOBECNÁ ČÁST .....	5
1.1	Předmět zkoušky .....	5
1.2	Metodické předpisy .....	5
1.1.1	Standards .....	5
1.1.2	Pomocné standardy .....	5
1.3	Použité softwary .....	5
1.4	Použité podklady .....	5
1.5	Dokumentace .....	6
2	VÝSLEDKOVÁ ČÁST .....	10
2.1	Kmenová třída – referenční výpočet 1 .....	10
2.1.1	Popis prostoru .....	10
2.1.2	Akustické řešení .....	10
2.1.3	Návrh akustických úprav .....	11
2.1.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	14
2.2	Kmenová třída – referenční výpočet 2 .....	16
2.2.1	Popis prostoru .....	16
2.2.2	Akustické řešení .....	16
2.2.3	Návrh akustických úprav .....	16
2.2.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	19
2.3	Jídelna .....	21
2.3.1	Popis prostoru .....	21
2.3.2	Akustické řešení .....	21
2.3.3	Návrh akustických úprav .....	21
2.3.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	23
2.4	Odborná učebna 2.25 .....	24
2.4.1	Popis prostoru .....	24
2.4.2	Akustické řešení .....	24
2.4.3	Návrh akustických úprav .....	24
2.4.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	27
2.5	Počítačová učebna 2.24 .....	29
2.5.1	Popis prostoru .....	29
2.5.2	Akustické řešení .....	29
2.5.3	Návrh akustických úprav .....	29
2.5.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	32
2.6	Počítačová učebna 2.23 .....	34
2.6.1	Popis prostoru .....	34
2.6.2	Akustické řešení .....	34
2.6.3	Návrh akustických úprav .....	34
2.6.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	37
2.7	Učebna hudební výchovy/odborná učebna 2.26 .....	39
2.7.1	Popis prostoru .....	39
2.7.2	Akustické řešení .....	39
2.7.3	Návrh akustických úprav .....	39
2.7.4	Akustická simulace a její hodnocení .....	42
2.8	Další prostory - Chodby .....	45
2.9	Další prostory – Kanceláře, kabinety .....	45
3	INTERPRETACE .....	46
3.1	Požadavky z hlediska prostorové akustiky .....	46
3.2	Požadavky z hlediska prostorové akustiky .....	47
3.3	Vyhodnocení .....	48



4	PŘÍLOHY.....	49
4.1	Vysvětlivky hodnocených parametrů .....	49
4.2	Rozmístění akustických materiálů .....	50

## Seznam grafů

Graf 1:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	15
Graf 2:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	20
Graf 3:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	28
Graf 4:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	33
Graf 5:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	38
Graf 6:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu (odborná učebna).....	43
Graf 7:	Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu (učebna hudební výchovy) .....	43

## Seznam obrázků

Obrázek 1:	Katastrální situace.....	6
Obrázek 2:	Půdorys 1NP .....	7
Obrázek 3:	Půdorys 2NP .....	7
Obrázek 4:	Půdorys 3NP .....	7
Obrázek 5:	Řezopohled .....	8
Obrázek 6:	Pohled jižní a severní.....	8
Obrázek 7:	Pohled východní a západní .....	9
Obrázek 8:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	12
Obrázek 9:	Technická specifikace navrženého materiálu A2 .....	13
Obrázek 10:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	17
Obrázek 11:	Technická specifikace navrženého materiálu A2 .....	18
Obrázek 12:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	22
Obrázek 13:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	25
Obrázek 14:	Technická specifikace navrženého materiálu A2 .....	26
Obrázek 15:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	30
Obrázek 16:	Technická specifikace navrženého materiálu A2 .....	31
Obrázek 17:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	35
Obrázek 18:	Technická specifikace navrženého materiálu A2 .....	36
Obrázek 19:	Technická specifikace navrženého materiálu A1 .....	40
Obrázek 20:	Technická specifikace navrženého materiálu A2 .....	41
Obrázek 21:	Schematické rozmístění akustických úprav kmenové učebny 1 .....	50
Obrázek 22:	Schematické rozmístění akustických úprav kmenové učebny 2 .....	51
Obrázek 23:	Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny .....	52
Obrázek 24:	Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny .....	53
Obrázek 25:	Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny .....	54
Obrázek 26:	Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny .....	55

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru (referenční učebna).....	11
Tabulka 2: Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	14
Tabulka 3: Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI .....	15
Tabulka 4: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru (referenční učebna).....	16
Tabulka 5: Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	19
Tabulka 6: Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI .....	20
Tabulka 7: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru (referenční učebna).....	21
Tabulka 8: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru .....	24
Tabulka 9: Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	27
Tabulka 10: Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI .....	28
Tabulka 11: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru .....	29
Tabulka 12: Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	32
Tabulka 13: Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI .....	33
Tabulka 14: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru .....	34
Tabulka 15: Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu .....	37
Tabulka 16: Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI .....	38
Tabulka 17: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru .....	39
Tabulka 18: Simulovaná průměrná doba dozvuku $T_{30}$ a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu (odborná učebna/učebna hudební výchovy) .....	42
Tabulka 19: Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI .....	44
Tabulka 20: Požadavky na školské prostory pro vzdělání (ČSN 73 0527, tabulka 5) .....	46



# 1 VŠEOBECNÁ ČÁST

---

## 1.1 Předmět zkoušky

---

Tato studie byla vypracována na základě objednávky s cílem navrhnout a posoudit akustické systémy upravující parametry prostorové akustiky v rámci projektu „Stavební úpravy střední školy spočívající ve změně dispozice a střešních nástaveb“.

Ve všech řešených prostorech, učebnách a dalších navazujících místnostech bylo navrženo akustické opatření (viz dále). Je zde dáván důraz na kvalitu prostorové akustiky (dle ČSN 73 0527), zejména ale pak na kvalitu a funkčnost provedených akustických opatření včetně všech dalších nároků.

## 1.2 Metodické předpisy

---

### 1.1.1 Standardy

---

- **ČSN EN ISO 3382-1** Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči
- **ČSN EN ISO 354** Akustika – Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti
- **ČSN EN ISO 11654** Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- **ČSN EN 12354-6** Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech

### 1.1.2 Pomocné standardy

---

- **Vyhláška 410/2005 Sb.** o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- **Vyhláška 343/2009 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- **ČSN 73 0525** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- **ČSN 73 0527** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely

## 1.3 Použité softwary

---

- GstarCAD 2023
- Cinema 4D V11.027
- Odeon Auditorium v. 17.03
- MS Office (Excel, Word)

## 1.4 Použité podklady

---

- vybrané výkresy z PD ve stupni DSP ve formátu .pdf
- technické listy výrobců pohltivých materiálů

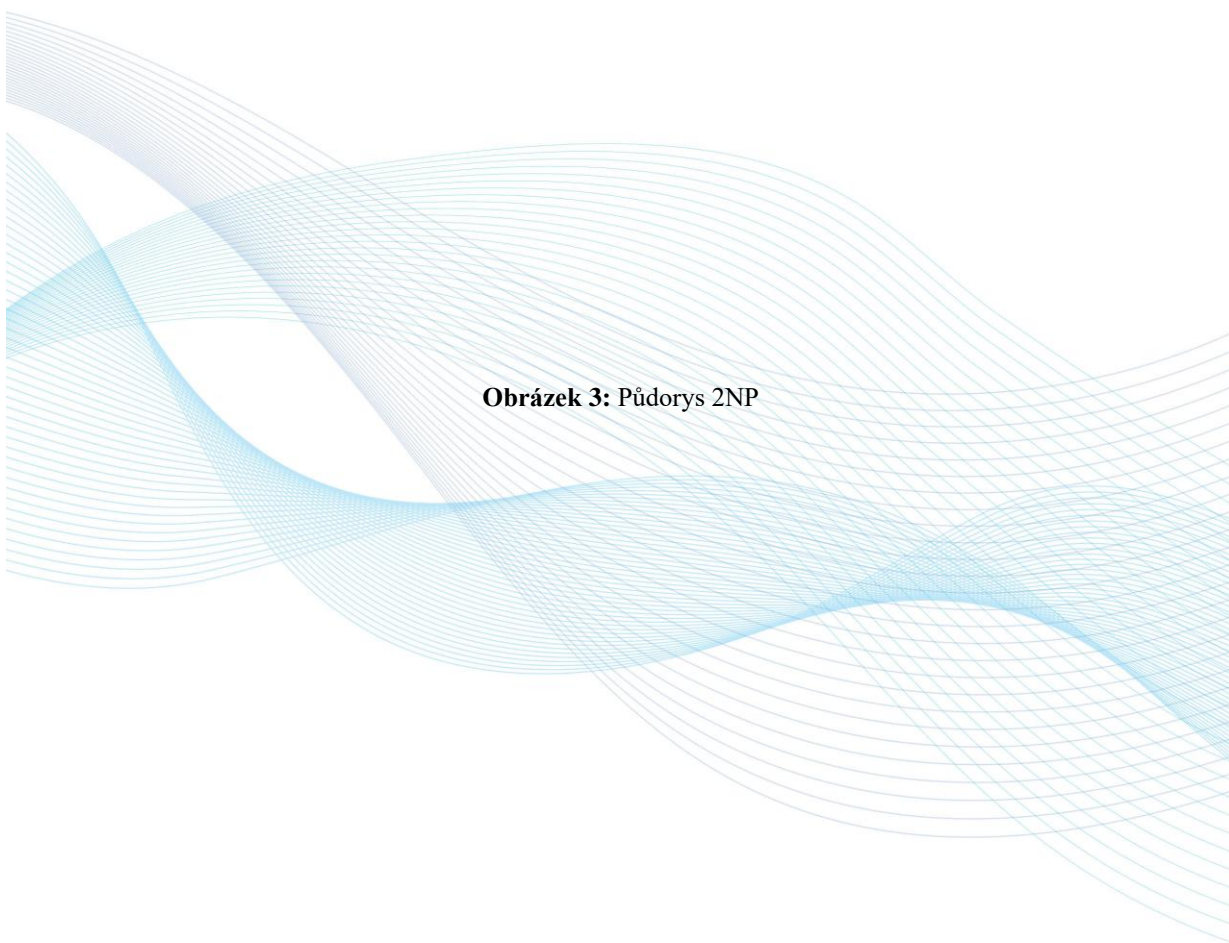
## 1.5 Dokumentace

---



**Obrázek 1:** Katastrální situace

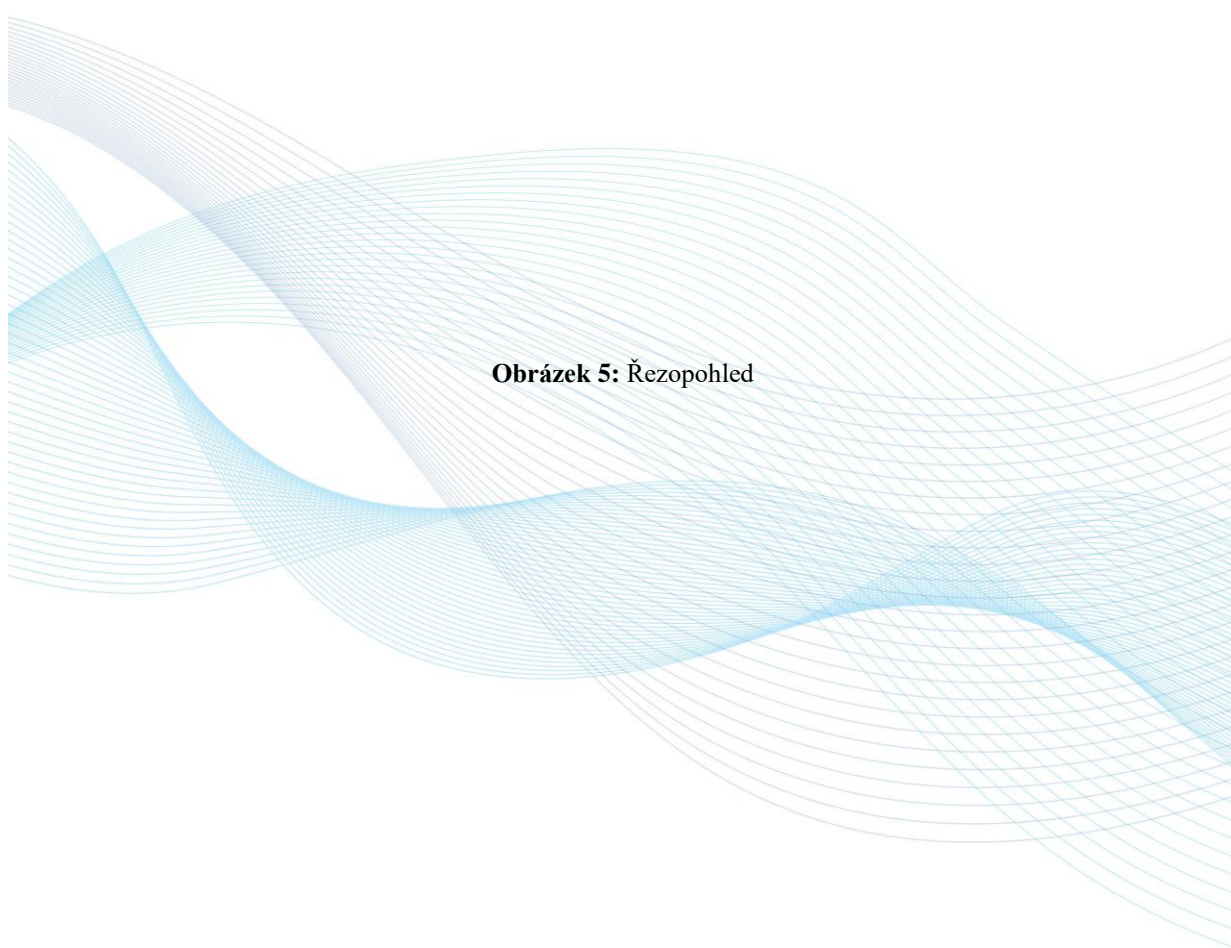
**Obrázek 2:** Púdorys 1NP



**Obrázek 3:** Púdorys 2NP

**Obrázek 4:** Púdorys 3NP

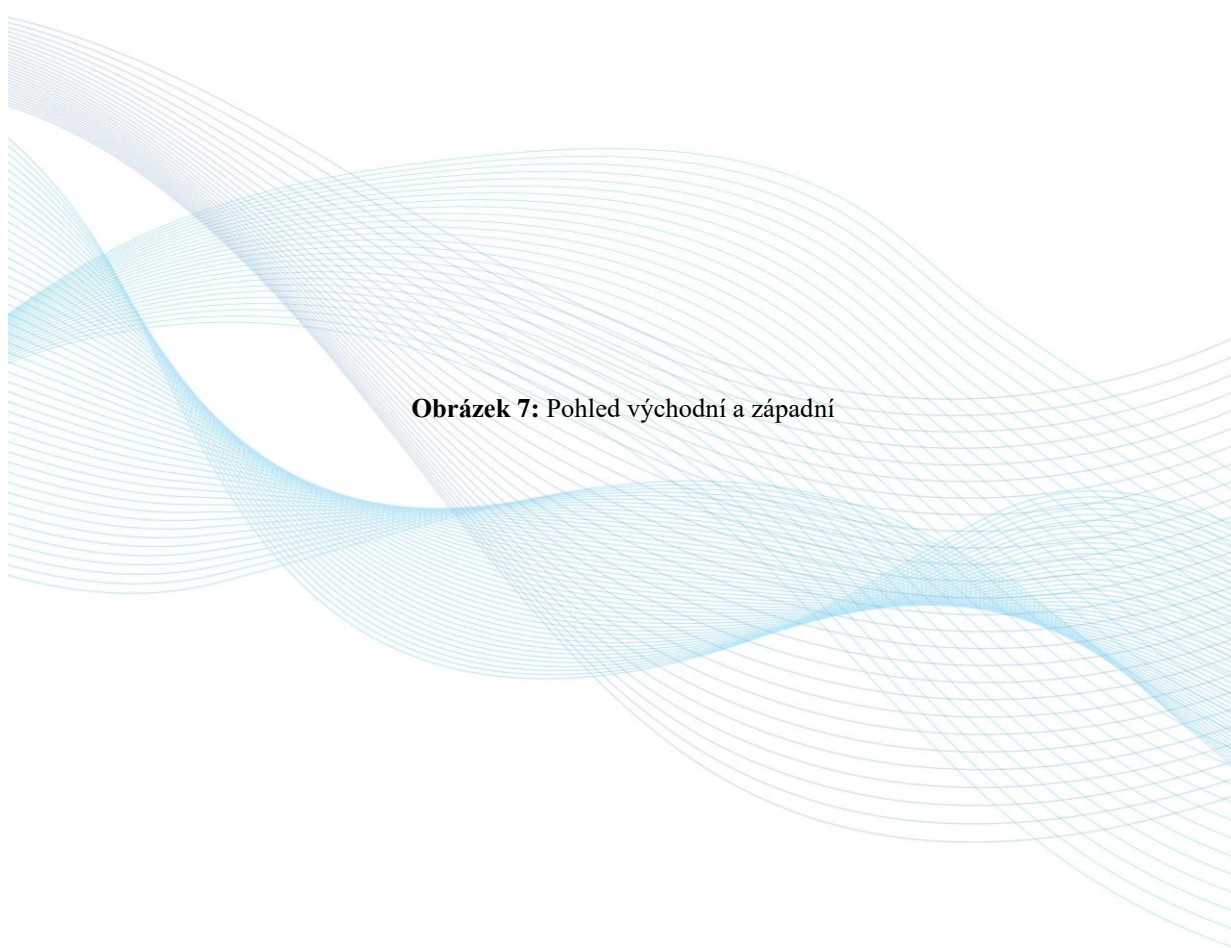




**Obrázek 5:** Řezopohled

**Obrázek 6:** Pohled jižní a severní





**Obrázek 7:** Pohled východní a západní

## 2 VÝSLEDKOVÁ ČÁST

---

V tomto posudku jsou řešeny místnosti školy a návrh opatření prostorové akustiky tak, aby byla prostorová akustika těchto prostor v souladu s doporučeními normy ČSN 730527.

### 2.1 Kmenová třída – referenční výpočet 1

---

#### 2.1.1 Popis prostoru

---

Referenční výpočet pro kmenové třídy byl stanoven na základě učebny 1.08 o celkových rozměrech 9,075 x 6 m. Světla výška po provedení akustických úprav bude cca 2,8 m. Výpočet a návrh opatření prostorové akustiky bude použit pro všechny dispozičně a rozměrově obdobné kmenové učebny v celém objektu – 1.16, 1.17, 1.15, 2.19, 2.20, 2.12, 2.13, 3.09, 3.10.

Objem prostoru – místnosti 1.08 je cca  $V = 160 \text{ m}^3$  (dle PD) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca  $S = 192 \text{ m}^2$ .

#### 2.1.2 Akustické řešení

---

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalibrován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádrokartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

### 2.1.3 Návrh akustických úprav

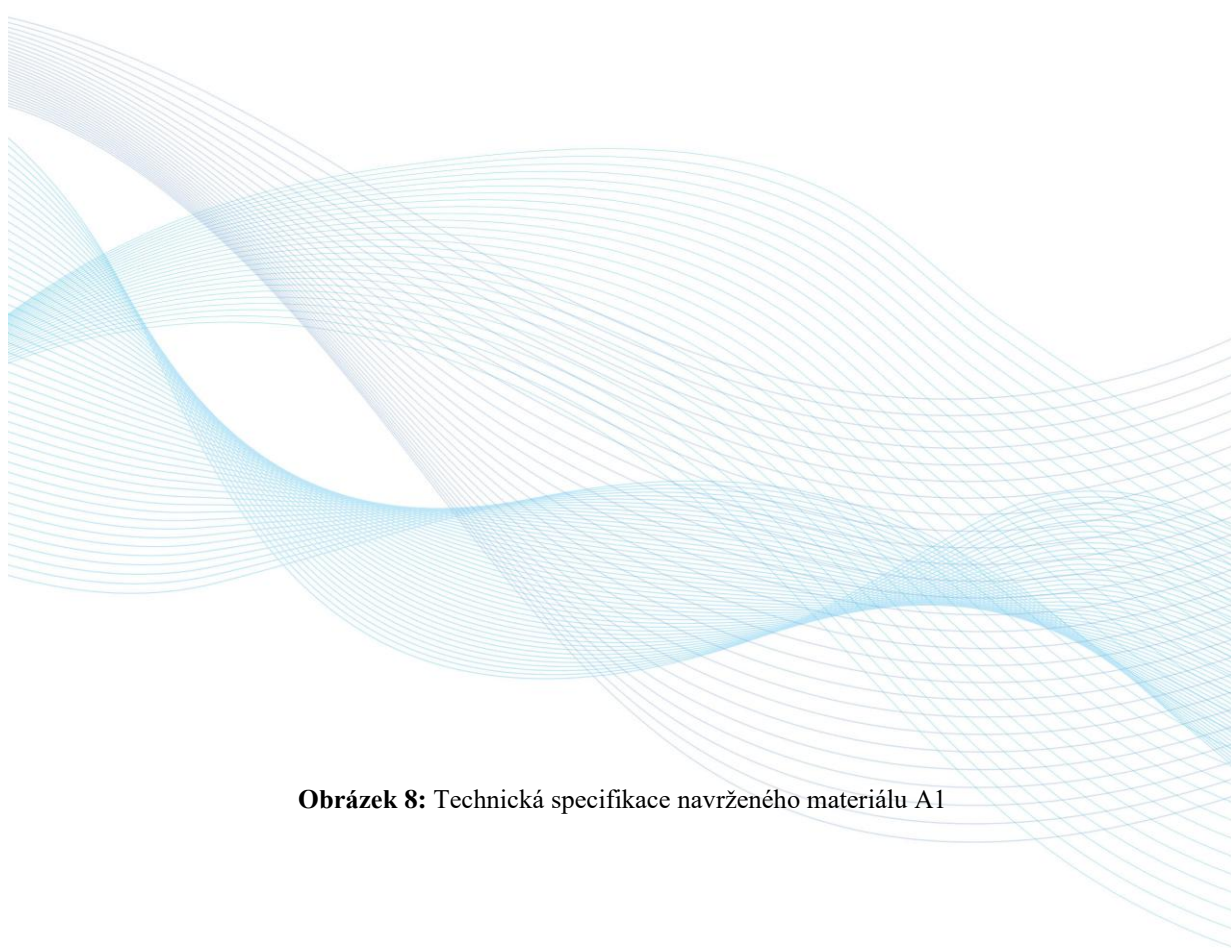
Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m <sup>2</sup>	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezera opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádrokartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti – kromě cca 5 m<sup>2</sup> v přední části učebny (Cca 45 m<sup>2</sup>).</u>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti (5 m <sup>2</sup> v místě v přední části učebny bude opatřen plným SDK podhledem).
A2	Akusticky pohltivé stěnové panely (ref. Výrobek Akusto Wall C Extra Bass Texona)	Přisazené přímo ke stěně	Akusticky pohltivé stěnové panely se zvýšenou pohltivostí na nízkých kmitočtech o rozměrech 2700x600mm a tloušťce 80 mm	<u>1 ks 2,7x0,6 m (1,62 m<sup>2</sup>)</u>	Umístěno na zadní stěnu učebny

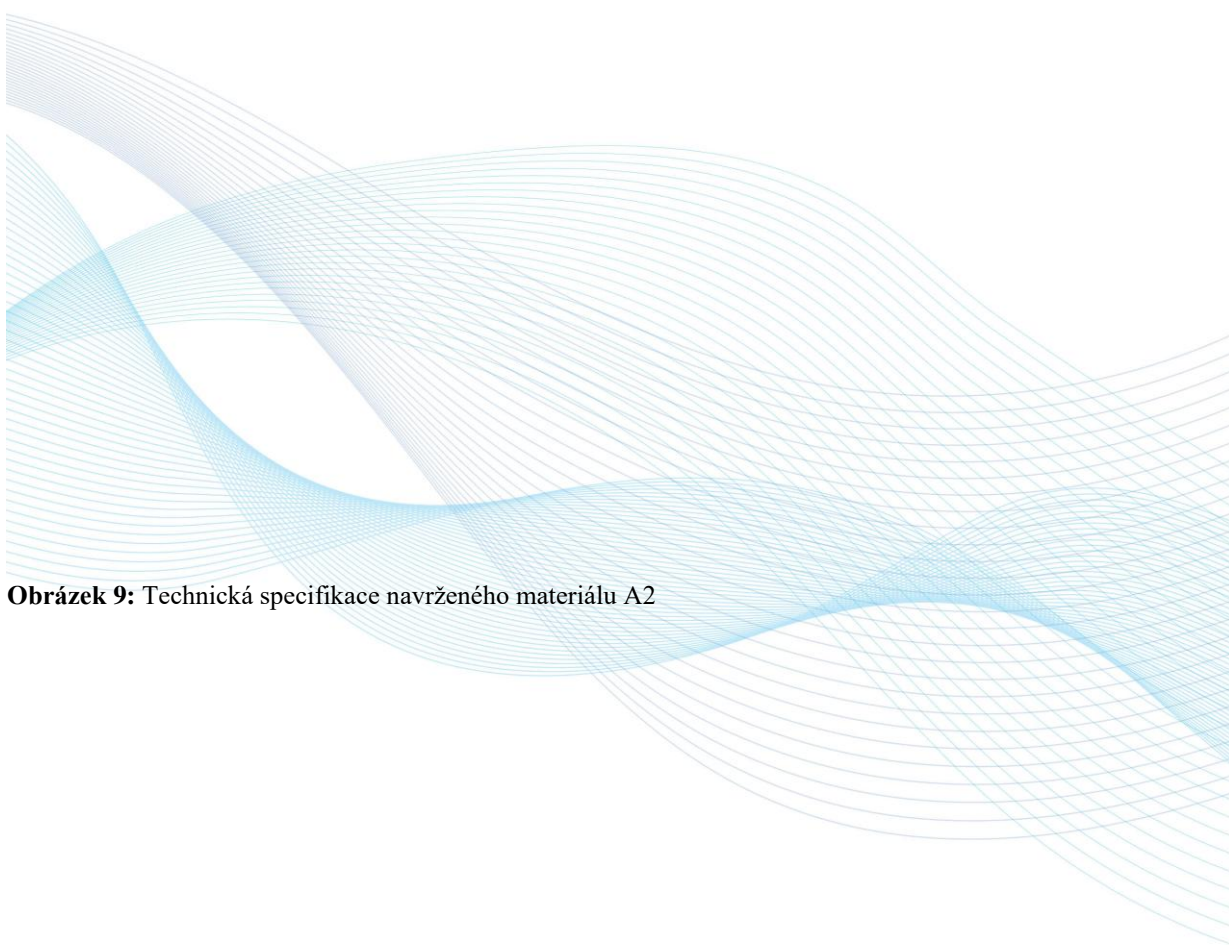
**Tabulka 1:** Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru (referenční učebna)

**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).





**Obrázek 8:** Technická specifikace navrženého materiálu A1



**Obrázek 9:** Technická specifikace navrženého materiálu A2

#### 2.1.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

Pro Učebnu byl zvolen požadavek na optimální doby dozvuku  $T_0=0,57$  s, podle křivky průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku  $T_0$  (s) **A** (kmenové učebny a odborné učebny).

Výsledky simulace  $T_{30}$  jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (100 % obsazená místnost)	0,55	0,52	0,48	0,49	0,48	0,47
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (80% obsazená místnost)	0,57	0,54	0,51	0,52	0,51	0,5
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,37	0,456	0,456	0,456	0,456	0,37

**Tabulka 2:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu



**Graf 1:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu

STI - hodnocení	Standard STI	Kategorie I pokročilý, denně používá druhý cizí jazyk	Kategorie II středně pokročilý i v úrovni druhého cizího jazyk	Kategorie III začátečník, zřídka používá druhý cizí jazyk
špatná	0,30	0,33	0,36	0,44
dostatečná	0,45	0,50	0,60	0,74
dobrá	0,60	0,68	0,86	nedosažitelné
výborná	0,75	0,86	nedosažitelné	nedosažitelné

**Tabulka 3:** Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI

STI zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, síně apod.

Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,8-0,9.

Po provedení akustických opatření uvedených v této studii je STI (srozumitelnost) **v učebně výborná.**

## 2.2 Kmenová třída – referenční výpočet 2

### 2.2.1 Popis prostoru

Referenční výpočet pro kmenové třídy byl stanoven na základě učebny 2.18 o celkových rozměrech 6,3 x 6 m. Světla výška po provedení akustických úprav bude cca 2,8 m. Výpočet a návrh opatření prostorové akustiky bude použit pro všechny dispozičně a rozměrově obdobné kmenové učebny v celém objektu – 3.04, 3.16, 3.17, 3.18, 3.15.

Objem prostoru – místnosti 2.18 je cca  $V = 106 \text{ m}^3$  (dle PD) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca  $S = 145 \text{ m}^2$ .

### 2.2.2 Akustické řešení

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkaliťován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádkartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

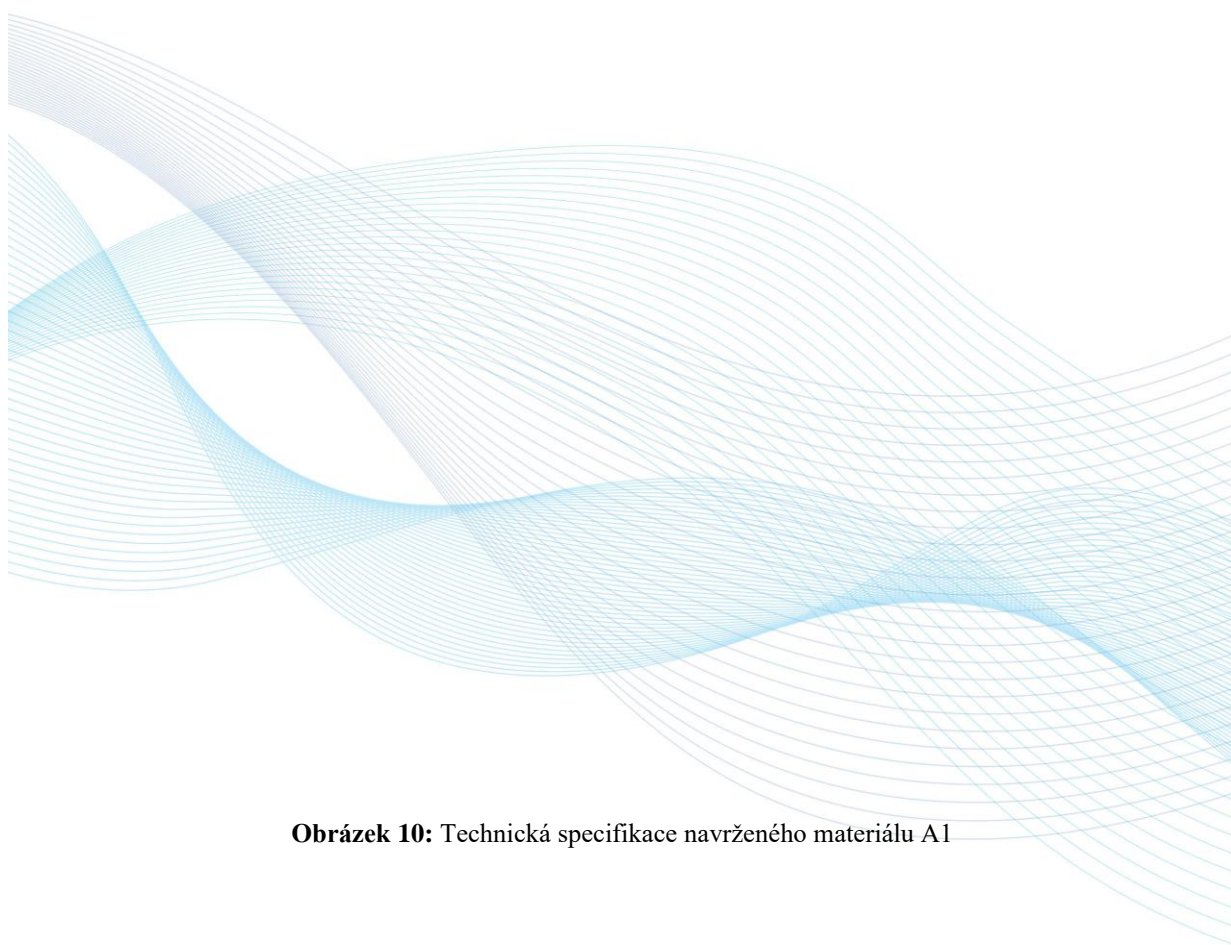
### 2.2.3 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / $\text{m}^2$	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezera opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádkartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti – kromě cca 5 <math>\text{m}^2</math> v přední části učebny (Cca 32 <math>\text{m}^2</math>).</u>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti (5 $\text{m}^2$ v místě v přední části učebny bude opatřen plným SDK podhledem).
A2	Akusticky pohltivé sténové panely (ref. Výrobek Akusto Wall C Extra Bass Texona)	Přisazené přímo ke sténě	Akusticky pohltivé sténové panely se zvýšenou pohltivostí na nízkých kmitočtech o rozměrech 2700x600mm a tloušťce 80 mm	<u>1 ks 2,7x0,6 m (1,62 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Umístěno na zadní stěnu učebny

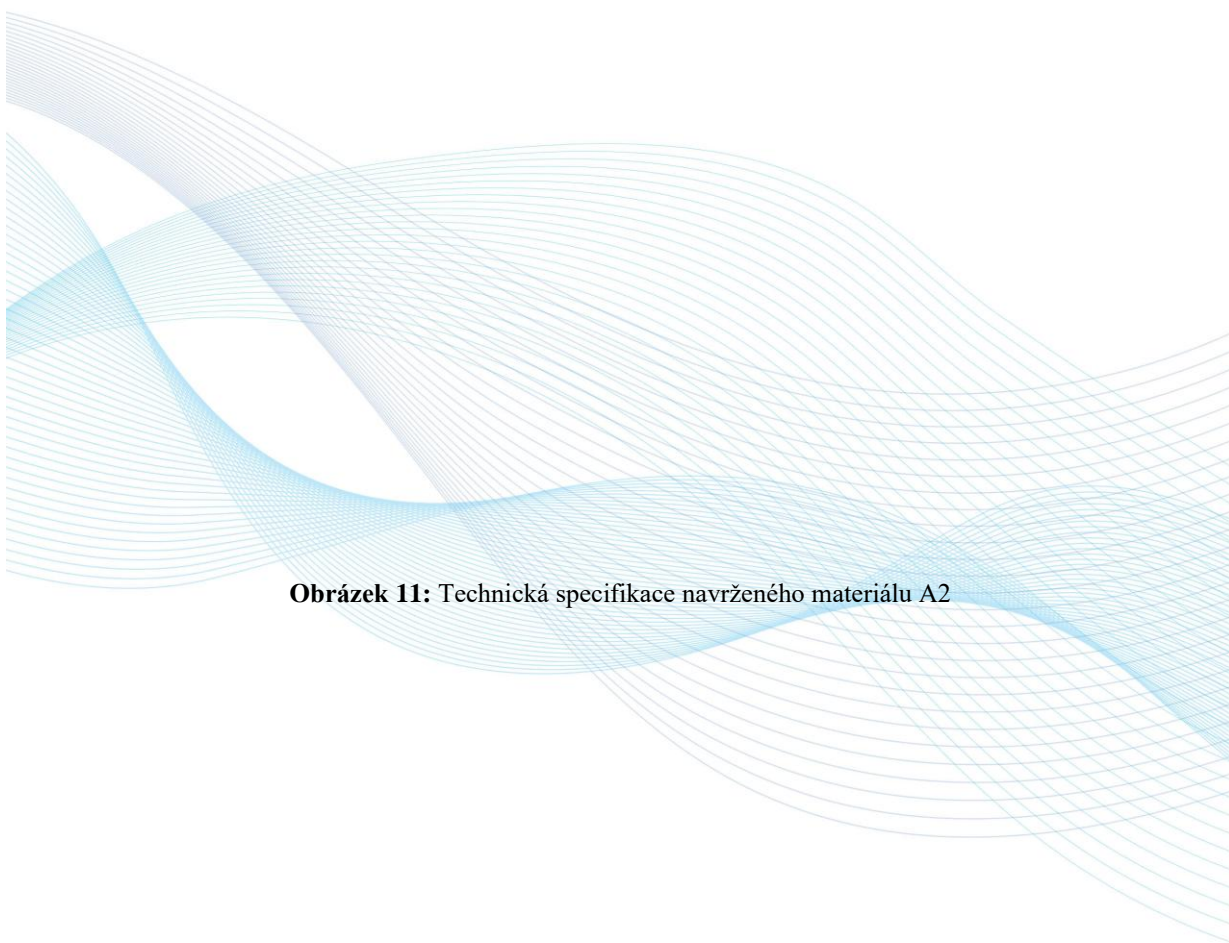
**Tabulka 4:** Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru (referenční učebna)

**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na sténě nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).



**Obrázek 10:** Technická specifikace navrženého materiálu A1





**Obrázek 11:** Technická specifikace navrženého materiálu A2

## 2.2.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

Pro Učebnu byl zvolen požadavek na optimální doby dozvuku  $T_0=0,51$  s, podle křivky průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku  $T_0$  (s) **A** (kmenové učebny a odborné učebny).

Výsledky simulace  $T_{30}$  jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (100 % obsazená místnost)	0,58	0,56	0,52	0,52	0,5	0,51
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (80% obsazená místnost)	0,59	0,59	0,56	0,56	0,54	0,55
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,332	0,408	0,408	0,408	0,408	0,332

**Tabulka 5:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu

**Graf 2:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu

STI - hodnocení	Standard STI	Kategorie I pokročilý, denně používá druhý cizí jazyk	Kategorie II středně pokročilý i v úrovni druhého cizího jazyk	Kategorie III začátečník, zřídka používá druhý cizí jazyk
špatná	0,30	0,33	0,36	0,44
dostatečná	0,45	0,50	0,60	0,74
dobrá	0,60	0,68	0,86	nedosažitelné
výborná	0,75	0,86	nedosažitelné	nedosažitelné

**Tabulka 6:** Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI

STI zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, síně apod.

Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,8-0,9.

Po provedení akustických opatření uvedených v této studii je STI (srozumitelnost) **v učebně výborná.**



## 2.3 Jídelna

### 2.3.1 Popis prostoru

Výpočet prostorové akustiky jídelny 1.23 byl stanoven na základě dokumentace prostoru č.1.23 s podlahovou plochou 109,55 m<sup>2</sup>. Světlá výška po provedení akustických úprav bude cca 3 m. Objem prostoru místnosti jídelny 1.23 je cca  $V = 329 \text{ m}^3$  (dle PD).

### 2.3.2 Akustické řešení

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalibrován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádrokartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

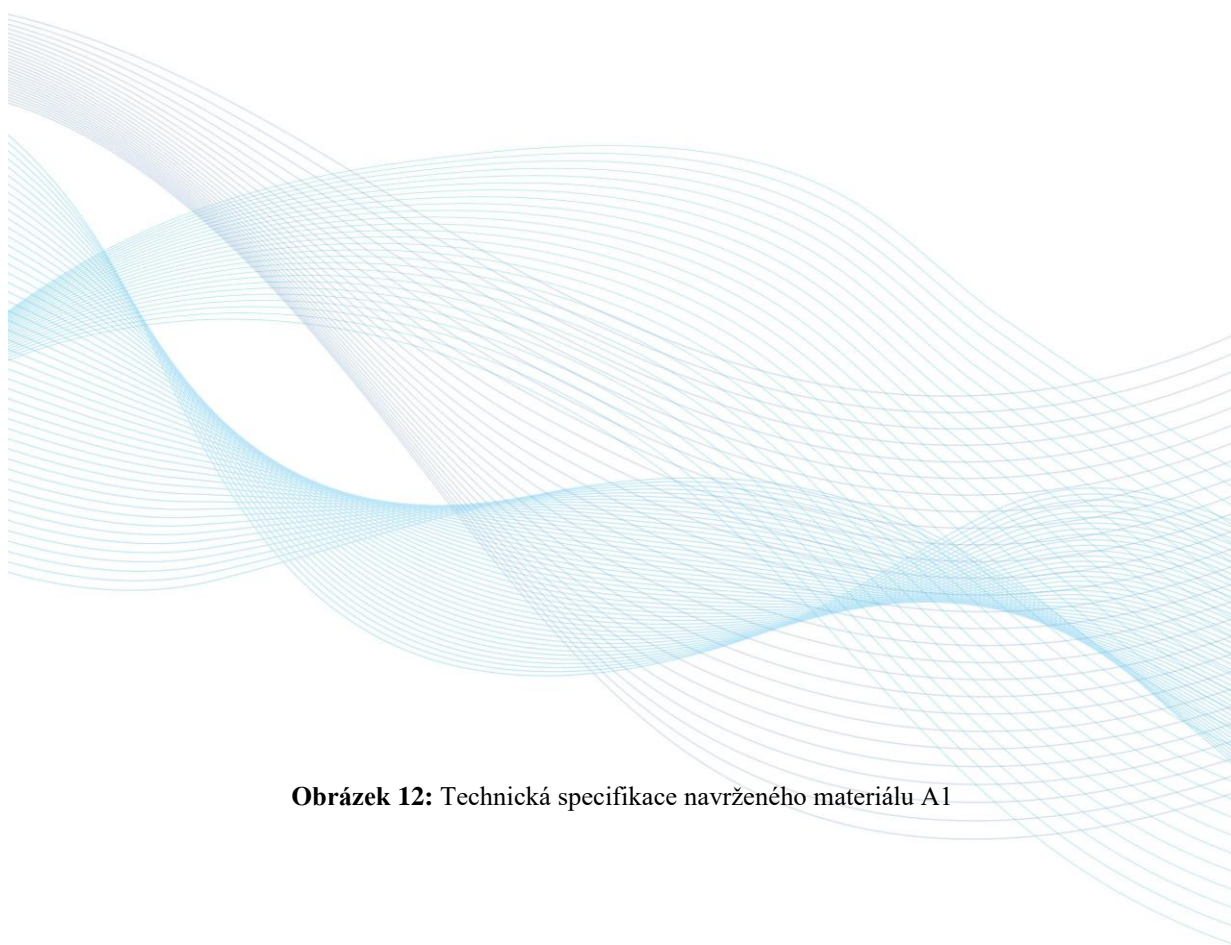
### 2.3.3 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m <sup>2</sup>	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezera opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádrokartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<b><u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti – cca 109 m<sup>2</sup></u></b>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti

**Tabulka 7:** Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru (referenční učebna)

**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).



**Obrázek 12:** Technická specifikace navrženého materiálu A1

### 2.3.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

➤ Výpočet doby dozvuku **Jídelny**

Doba dozvuku  $T$  uzavřeného prostoru o objemu  $V$  ( $\text{m}^3$ ) dle Eyringova vzorce (ČSN 73 0525)

$$T = 0,163 \frac{V}{A} S$$

$$A/V \geq 1/(1,47 + 4,69 \log h)$$

$$0,279 \geq 0,269$$

Dle výpočtu vyhovuje.



## 2.4 Odborná učebna 2.25

### 2.4.1 Popis prostoru

Výpočet odborné učebny 2.25 byl proveden na základě výkresové dokumentace. Jedná se o odbornou učebnu o celkových rozměrech 11,695x6,15 m. Světla výška po provedení akustických úprav bude cca 2,8 m.

Objem prostoru – místnosti je cca  $V = 201 \text{ m}^3$  (dle PD) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca  $S = 244 \text{ m}^2$ .

### 2.4.2 Akustické řešení

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalkulován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádrokartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

### 2.4.3 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / $\text{m}^2$	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezeza opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádrokartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti (71,96 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti
A2	Akusticky pohltivé stěnové panely (ref. Výrobek Akusto Wall C Extra Bass Texona)	Přisazené přímo ke stěně	Akusticky pohltivé stěnové panely se zvýšenou pohltivostí na nízkých kmitočtech o rozměrech 2700x600mm a tloušťce 80 mm	<u>2 ks 2,7x0,6 m (3,24 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Umístěno na zadní stěnu učebny

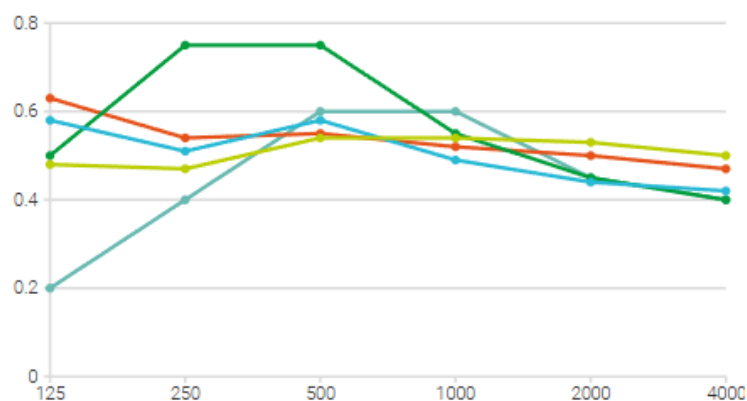
**Tabulka 8:** Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).

## Tmelená technologie spáry

Objednací číslo	Tloušťka	Délka	Šířka	Typ hrany	Hmotnost kg/m <sup>2</sup>	Barva textlie
KB517243	12.5	2400	1200	4T	cca 8,00	bílá

## Akustická křivka

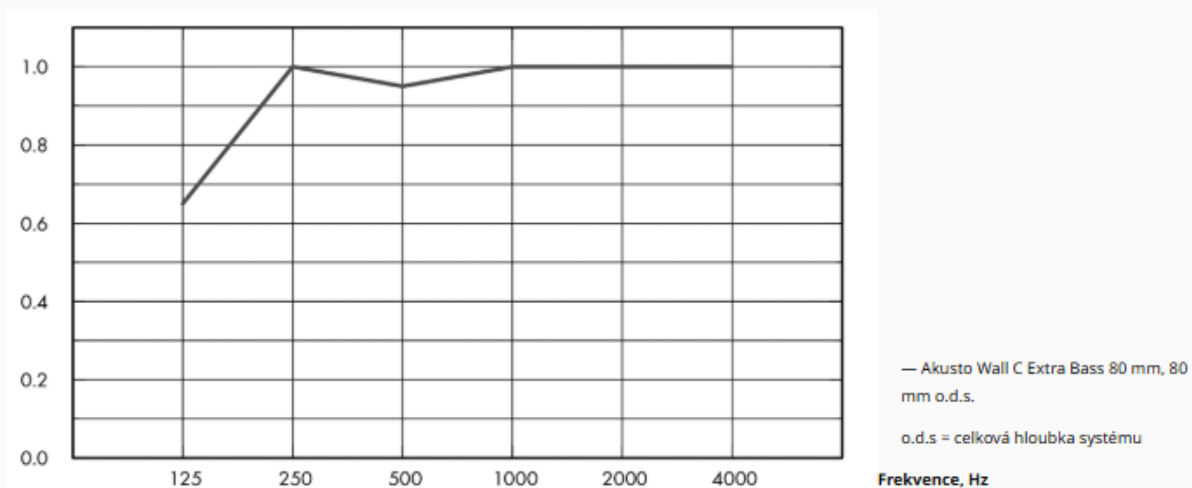


Výška svěšení (mm)	Minerální izolace (mm)	Činitel zvukové pohltivosti $\alpha$ /Hz						$\alpha_w$	NRC	Třída zvukové pohltivosti
		125	250	500	1000	2000	4000			
50	0	0.2	0.4	0.6	0.6	0.45	0.4	0.5	0.5	D
60	50*	0.63	0.54	0.55	0.52	0.5	0.47	0.55	0.5	D
100	75**	0.5	0.75	0.75	0.55	0.45	0.4	0.5	0.65	D
200	0	0.58	0.51	0.58	0.49	0.44	0.42	0.5	0.5	D
400	50*	0.48	0.47	0.54	0.54	0.53	0.5	0.55	0.5	D

Obrázek 13: Technická specifikace navrženého materiálu A1

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354. Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti

	tl. mm	o.d.s. mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	$\alpha_w$	absorpční třída
Extra Bass	80	80	0.65	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	A

	tl. mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
Extra Bass	80	80	1	1

**Obrázek 14:** Technická specifikace navrženého materiálu A2



#### 2.4.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

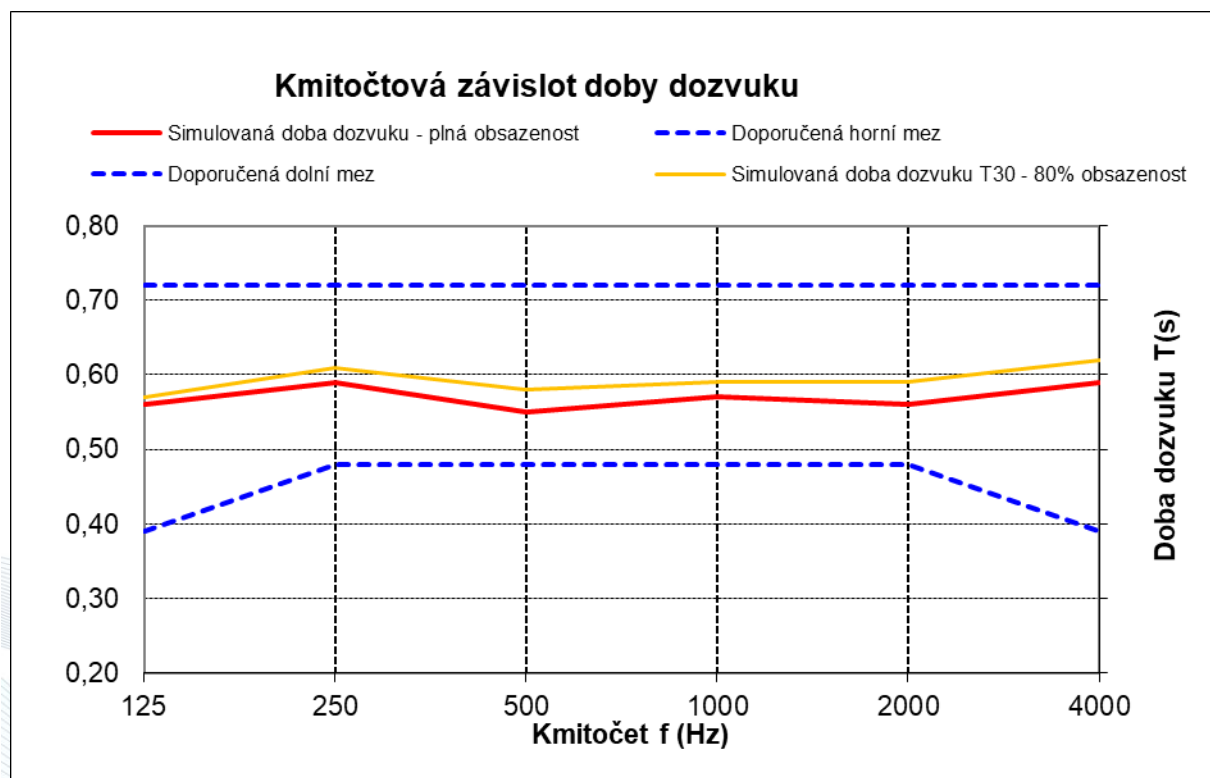
Pro Odbornou učebnu byl zvolen požadavek na optimální doby dozvuku  $T_0=0,6$  s, podle křivky průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku  $T_0$  (s) **A** (kmenové učebny a odborné učebny).

Výsledky simulace  $T_{30}$  jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (100 % obsazená místnost)	0,56	0,59	0,55	0,57	0,56	0,59
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (80% obsazená místnost)	0,57	0,61	0,58	0,59	0,59	0,62
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,39	0,48	0,48	0,48	0,48	0,39

**Tabulka 9:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu



**Graf 3:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu

STI - hodnocení	Standard STI	Kategorie I pokročilý, denně používá druhý cizí jazyk	Kategorie II středně pokročilý i v úrovni druhého cizího jazyk	Kategorie III začátečník, zřídka používá druhý cizí jazyk
špatná	0,30	0,33	0,36	0,44
dostatečná	0,45	0,50	0,60	0,74
dobrá	0,60	0,68	0,86	nedosažitelné
výborná	0,75	0,86	nedosažitelné	nedosažitelné

**Tabulka 10:** Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI

STI zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako čínoherní sály, posluchárny, učebny, síně apod.

Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,8-0,9.

Po provedení akustických opatření uvedených v této studii je STI (srozumitelnost) **v učebně výborná.**

## 2.5 Počítačová učebna 2.24

### 2.5.1 Popis prostoru

Výpočet počítačové učebny 2.24 byl proveden na základě výkresové dokumentace. Jedná se o odbornou učebnu o celkových rozměrech 6,975x6,145 m. Světla výška po provedení akustických úprav bude cca 2,8 m.

Objem prostoru – místnosti je cca  $V = 120 \text{ m}^3$  (dle PD) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca  $S = 159 \text{ m}^2$ .

### 2.5.2 Akustické řešení

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkaliťován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádrokartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

### 2.5.3 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / $\text{m}^2$	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezera opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádrokartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti (cca 42 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti
A2	Akusticky pohltivé stěnové panely (ref. Výrobek Akusto Wall C Extra Bass Texona)	Přisazené přímo ke stěně	Akusticky pohltivé stěnové panely se zvýšenou pohltivostí na nízkých kmitočtech o rozměrech 2700x600mm a tloušťce 80 mm	<u>1 ks 2,7x0,6 m (1,62 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Umístěno na zadní stěnu učebny

Tabulka 11: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

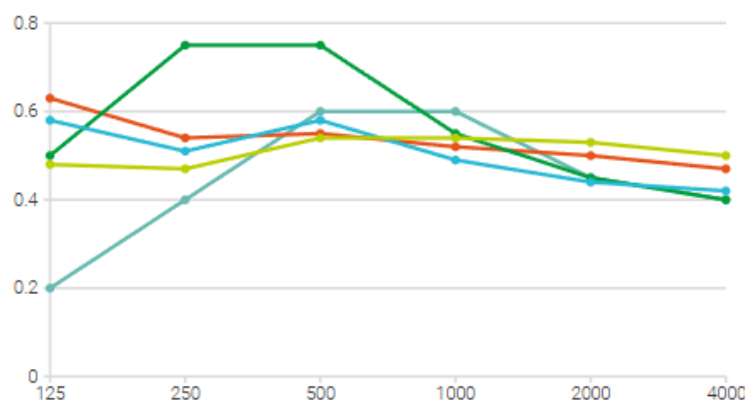
**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).



## Tmelená technologie spáry

Objednací číslo	Tloušťka	Délka	Šířka	Typ hrany	Hmotnost kg/m <sup>2</sup>	Barva textilie
KB517243	12.5	2400	1200	4T	cca 8,00	bílá

## Akustická křivka

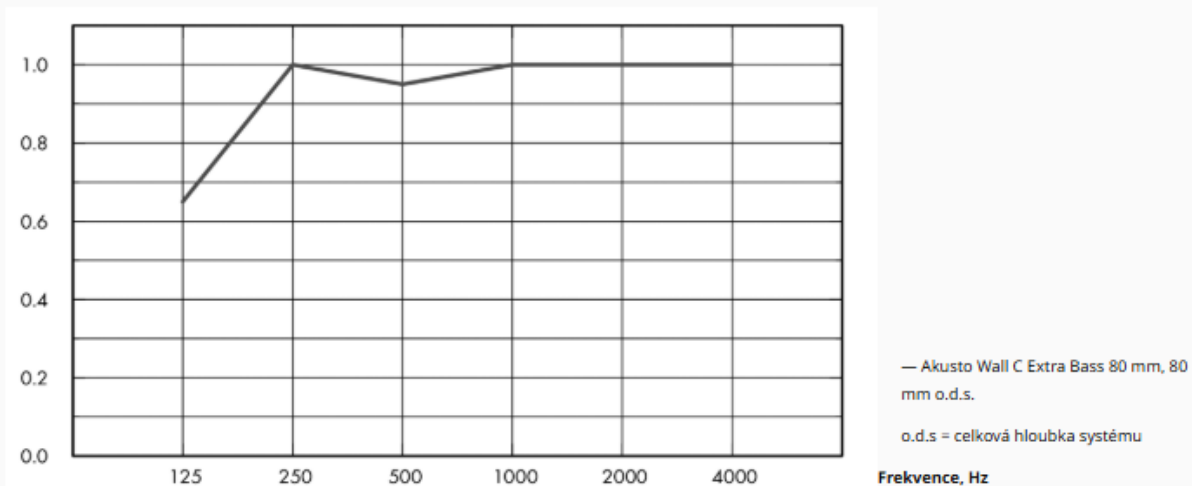


Výška svěšení (mm)	Minerální izolace (mm)	Činitel zvukové pohltivosti $\alpha$ /Hz						$\alpha_w$	NRC	Třída zvukové pohltivosti
		125	250	500	1000	2000	4000			
50	0	0.2	0.4	0.6	0.6	0.45	0.4	0.5	0.5	D
60	50*	0.63	0.54	0.55	0.52	0.5	0.47	0.55	0.5	D
100	75**	0.5	0.75	0.75	0.55	0.45	0.4	0.5	0.65	D
200	0	0.58	0.51	0.58	0.49	0.44	0.42	0.5	0.5	D
400	50*	0.48	0.47	0.54	0.54	0.53	0.5	0.55	0.5	D

Obrázek 15: Technická specifikace navrženého materiálu A1

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354. Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti									
	tl. mm	o.d.s. mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	absorpční třída
Extra Bass	80	80	0.65	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	A

	tl. mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
Extra Bass	80	80	1	1

**Obrázek 16:** Technická specifikace navrženého materiálu A2

#### 2.5.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

Pro Odbornou učebnu byl zvolen požadavek na optimální doby dozvuku  $T_0=0,53$  s, podle křivky průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku  $T_0$  (s) **A** (kmenové učebny a odborné učebny).

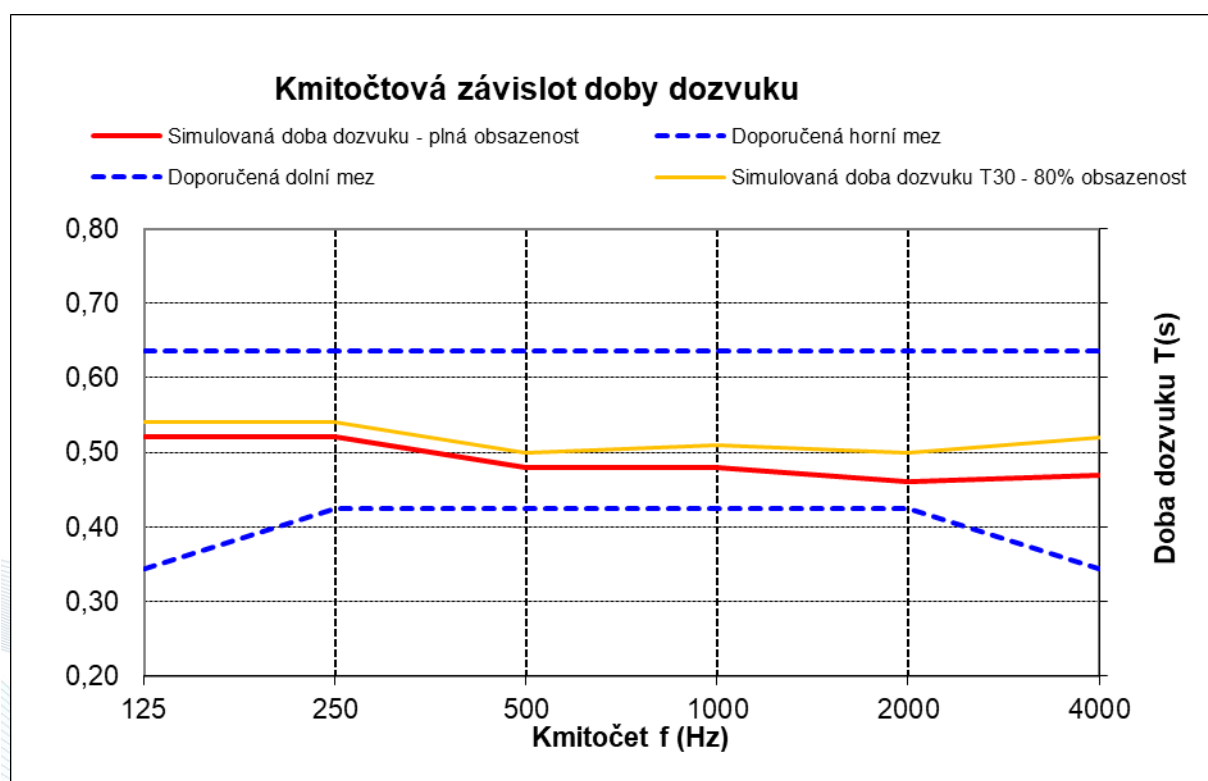
Výsledky simulace  $T_{30}$  jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (100 % obsazená místnost)	0,52	0,52	0,48	0,48	0,46	0,47
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (80% obsazená místnost)	0,54	0,54	0,5	0,51	0,5	0,52
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,636	0,636	0,636	0,636	0,636	0,636
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,345	0,424	0,424	0,424	0,424	0,345

**Tabulka 12:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu





**Graf 4:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu

STI - hodnocení	Standard STI	Kategorie I pokročilý, denně používá druhý cizí jazyk	Kategorie II středně pokročilý i v úrovni druhého cizího jazyk	Kategorie III začátečník, zřídka používá druhý cizí jazyk
špatná	0,30	0,33	0,36	0,44
dostatečná	0,45	0,50	0,60	0,74
dobrá	0,60	0,68	0,86	nedosažitelné
výborná	0,75	0,86	nedosažitelné	nedosažitelné

**Tabulka 13:** Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI

STI zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, síně apod.

Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,8-0,9.

Po provedení akustických opatření uvedených v této studii je STI (srozumitelnost) **v učebně výborná.**

## 2.6 Počítačová učebna 2.23

### 2.6.1 Popis prostoru

Výpočet počítačové učebny 2.23 byl proveden na základě výkresové dokumentace. Jedná se o odbornou učebnu o celkových rozměrech 9,025x6,175 m. Světla výška po provedení akustických úprav bude cca 2,8 m.

Objem prostoru – místnosti je cca  $V = 156 \text{ m}^3$  (dle PD) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca  $S = 197 \text{ m}^2$ .

### 2.6.2 Akustické řešení

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkaliťován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádrokartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

### 2.6.3 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / $\text{m}^2$	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezera opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádrokartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti (cca 55 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti
A2	Akusticky pohltivé stěnové panely (ref. Výrobek Akusto Wall C Extra Bass Texona)	Přisazené přímo ke stěně	Akusticky pohltivé stěnové panely se zvýšenou pohltivostí na nízkých kmitočtech o rozměrech 2700x600mm a tloušťce 80 mm	<u>2 ks 2,7x0,6 m (3,24 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Umístěno na zadní stěnu učebny

Tabulka 14: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).

## Tmelená technologie spáry

Objednací číslo	Tloušťka	Délka	Šířka	Typ hrany	Hmotnost kg/m <sup>2</sup>	Barva textlie
KB517243	12.5	2400	1200	4T	cca 8,00	bílá

## Akustická křivka



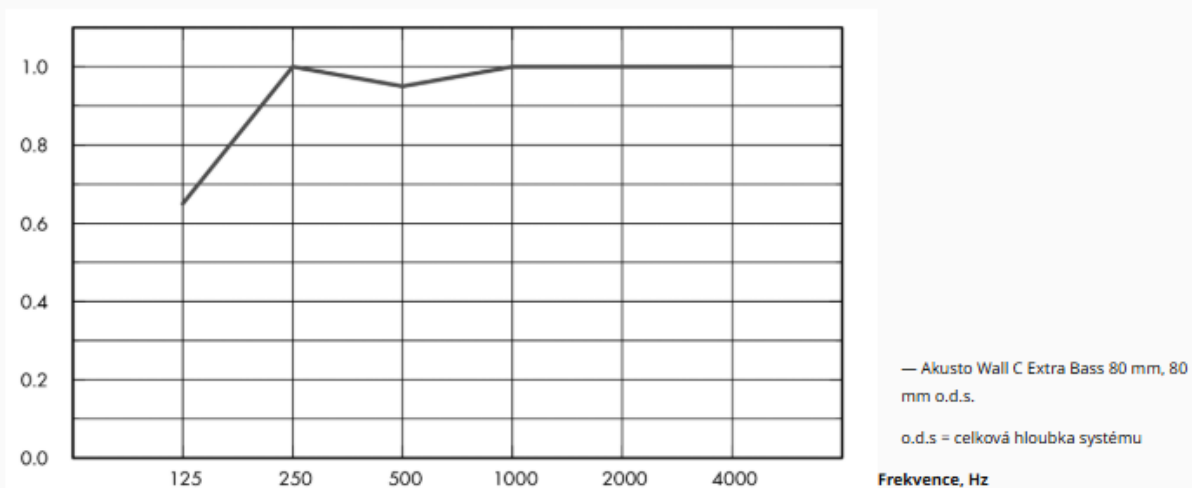
Výška svěšení (mm)	Minerální izolace (mm)	Činitel zvukové pohltivosti $\alpha$ /Hz						$\alpha_w$	NRC	Třída zvukové pohltivosti
		125	250	500	1000	2000	4000			
50	0	0.2	0.4	0.6	0.6	0.45	0.4	0.5	0.5	D
60	50*	0.63	0.54	0.55	0.52	0.5	0.47	0.55	0.5	D
100	75**	0.5	0.75	0.75	0.55	0.45	0.4	0.5	0.65	D
200	0	0.58	0.51	0.58	0.49	0.44	0.42	0.5	0.5	D
400	50*	0.48	0.47	0.54	0.54	0.53	0.5	0.55	0.5	D

Obrázek 17: Technická specifikace navrženého materiálu A1



Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354. Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti

	tl. mm	o.d.s. mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	$\alpha_w$	absorpční třída
Extra Bass	80	80	0.65	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	A

	tl. mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
Extra Bass	80	80	1	1

**Obrázek 18:** Technická specifikace navrženého materiálu A2

#### 2.6.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

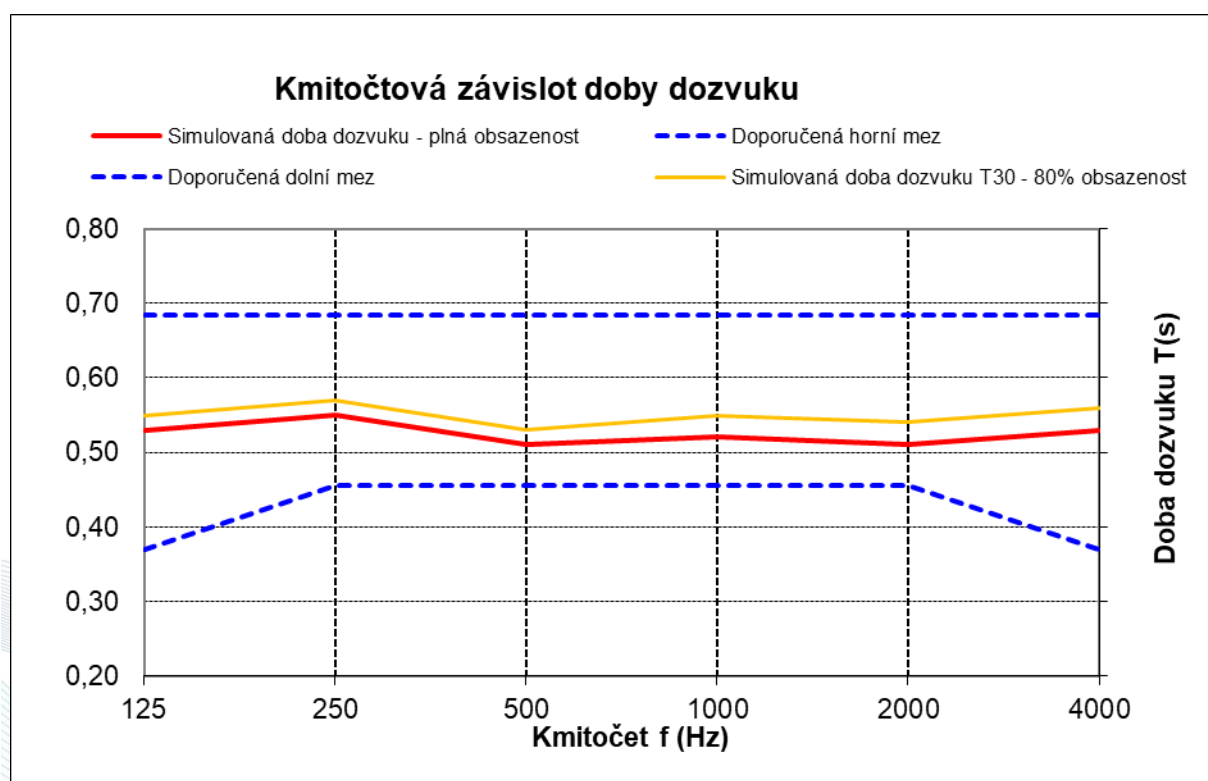
Pro Odbornou učebnu byl zvolen požadavek na optimální doby dozvuku  $T_0=0,57$  s, podle křivky průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku  $T_0$  (s) **A** (kmenové učebny a odborné učebny).

Výsledky simulace  $T_{30}$  jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (100 % obsazená místnost)	0,53	0,55	0,51	0,52	0,51	0,53
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (80% obsazená místnost)	0,55	0,57	0,53	0,55	0,54	0,56
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b>	0,37	0,456	0,456	0,456	0,456	0,37

**Tabulka 15:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu



**Graf 5:** Simulovaná průměrná doba dozvuku T<sub>30</sub> a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu

STI - hodnocení	Standard STI	Kategorie I pokročilý, denně používá druhý cizí jazyk	Kategorie II středně pokročilý i v úrovni druhého cizího jazyk	Kategorie III začátečník, zřídka používá druhý cizí jazyk
špatná	0,30	0,33	0,36	0,44
dostatečná	0,45	0,50	0,60	0,74
dobrá	0,60	0,68	0,86	nedosažitelné
výborná	0,75	0,86	nedosažitelné	nedosažitelné

**Tabulka 16:** Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI

STI zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, síně apod.

Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,8-0,9.

Po provedení akustických opatření uvedených v této studii je STI (srozumitelnost) **v učebně výborná.**



## 2.7 Učebna hudební výchovy/odborná učebna 2.26

### 2.7.1 Popis prostoru

Výpočet učebny hudební výchovy 2.26 byl proveden na základě výkresové dokumentace. Jedná se o odbornou učebnu o celkových rozměrech 9,19x5,945 m. Světla výška po provedení akustických úprav bude cca 2,8 m.

Objem prostoru – místnosti je cca  $V = 153 \text{ m}^3$  (dle PD) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca  $S = 195 \text{ m}^2$ .

### 2.7.2 Akustické řešení

Na základě podkladů byly vytvořeny zjednodušené akustické modely. Před provedením akustických modelů nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalibrován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Uvažované konstrukční materiály: linoleum nebo PVC podlaha tvoří pochozí vrstvu podlahy. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné opatřené vnitřní omítkou a štukem, příp. sádrokartonové příčky. Stropy, příp. vybrané stěny budou opatřeny akusticky pohltivými materiály. Doporučujeme, aby prostor pódia byl opatřen těžkým jevištním závěsem o gramáži minimálně  $300 \text{ g/m}^2$ . Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

### 2.7.3 Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav byl proveden za pomoci referenčních akustických systémů, které splňují zadané požadavky.

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / $\text{m}^2$	Poznámka
A1	Perforovaný SDK (ref. výrobek Rigips BIG Quattro 42)	60 mm (vzduchová mezera opatřena minerální vatou tl. 50 mm)	Perforovaný bezesparý sádrokartonový podhled s perforací. Rozměry kazet 1200x1960x12,5 mm.	<u>Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti – krmě pásu z plného SDK v přední části sálu (cca 50 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Celoplošně v celé ploše podhledu místnosti – kromě pásu z plného SDK
A2	Akusticky pohltivé stěnové panely (ref. Výrobek Akusto Wall C Extra Bass Texona)	Přisazené přímo ke stěně	Akusticky pohltivé stěnové panely se zvýšenou pohltivostí na nízkých kmitočtech o rozměrech 2700x600mm a tloušťce 80 mm	<u>4 ks 2,7x0,6 m (6,48 <math>\text{m}^2</math>)</u>	Rovnoměrně rozmístěno na zadní stěny učebny

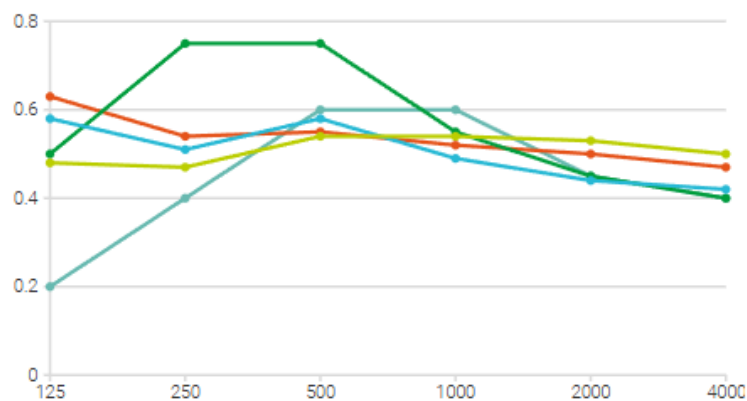
Tabulka 17: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

**Pozn.:** Vzhledem ke skutečnosti, že se může na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).

## Tmelená technologie spáry

Objednací číslo	Tloušťka	Délka	Šířka	Typ hrany	Hmotnost kg/m <sup>2</sup>	Barva textilie
KB517243	12.5	2400	1200	4T	cca 8,00	bílá

## Akustická křivka

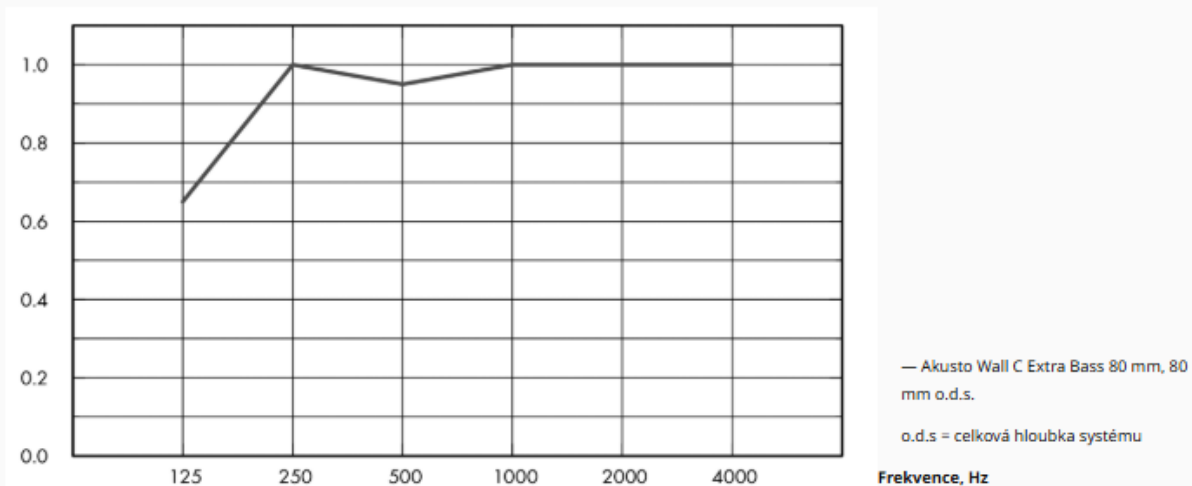


Výška svěšení (mm)	Minerální izolace (mm)	Činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w$ /Hz						$\alpha_w$	NRC	Třída zvukové pohltivosti
		125	250	500	1000	2000	4000			
50	0	0.2	0.4	0.6	0.6	0.45	0.4	0.5	0.5	D
60	50*	0.63	0.54	0.55	0.52	0.5	0.47	0.55	0.5	D
100	75**	0.5	0.75	0.75	0.55	0.45	0.4	0.5	0.65	D
200	0	0.58	0.51	0.58	0.49	0.44	0.42	0.5	0.5	D
400	50*	0.48	0.47	0.54	0.54	0.53	0.5	0.55	0.5	D

Obrázek 19: Technická specifikace navrženého materiálu A1

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354. Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



$\alpha_p$ , Praktický koeficient zvukové pohltivosti									
	tl. mm	o.d.s. mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	absorpční třída
Extra Bass	80	80	0.65	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	A

	tl. mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
Extra Bass	80	80	1	1

**Obrázek 20:** Technická specifikace navrženého materiálu A2

#### 2.7.4 Akustická simulace a její hodnocení

Zjednodušený geometrický model místností byl vytvořen na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

**Optimální řešení doby dozvuku (resp. prostorové akustiky) byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 (srpen 2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory pro veřejné účely.**

Pro hudební učebnu byl zvolen požadavek na optimální doby dozvuku  $T_0=0,57$  s, podle křivky průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku  $T_0$  (s) A (kmenové učebny a odborné učebny/hudební učebny).

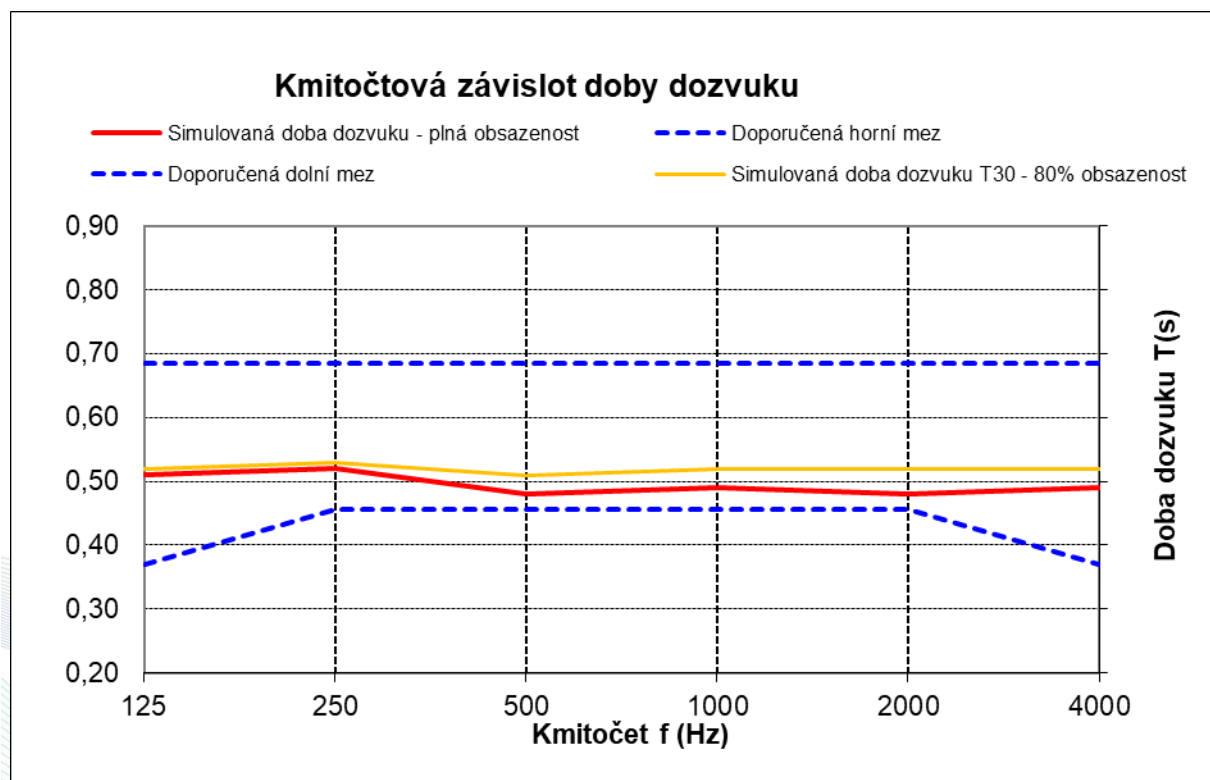
Výsledky simulace  $T_{30}$  jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následujících tabulkách.

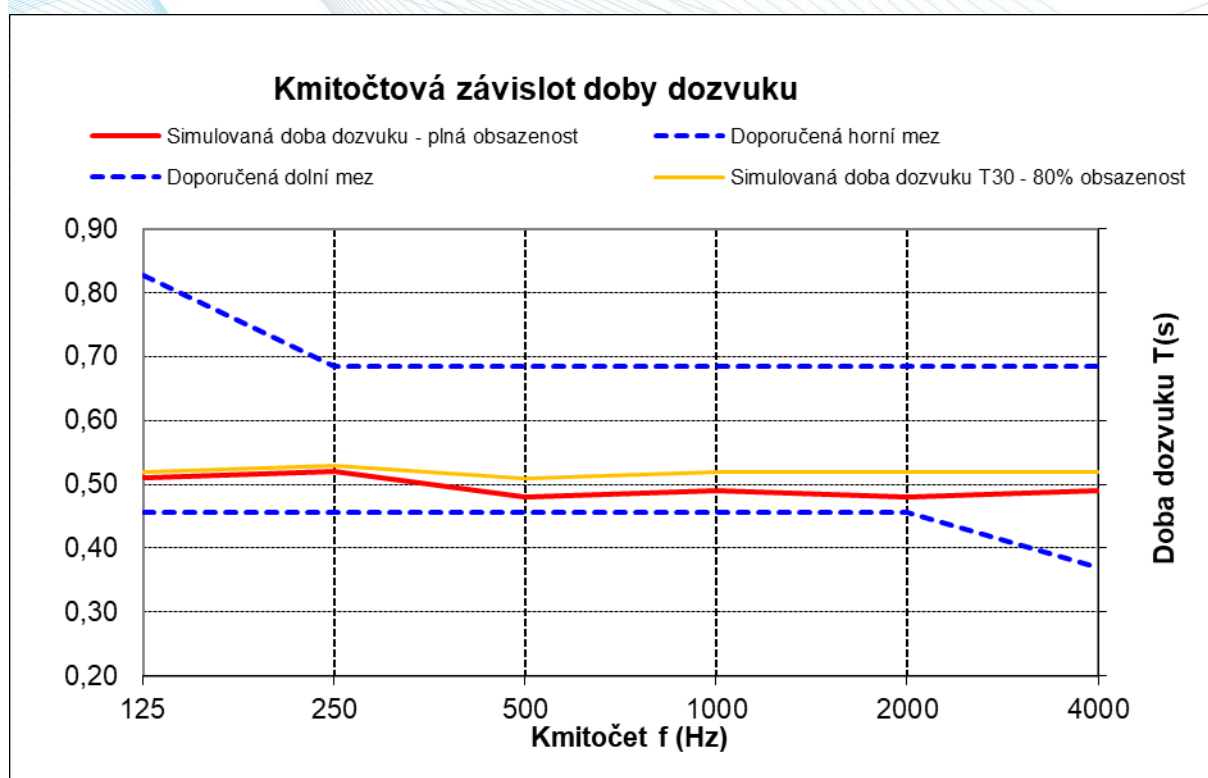
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (100 % obsazená místnost)	0,51	0,52	0,48	0,49	0,48	0,49
<b>Simulace <math>T_{30}</math> [s]</b> (80% obsazená místnost)	0,52	0,53	0,51	0,52	0,52	0,52
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b> (odborná učebna)	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b> (odborná učebna)	0,37	0,456	0,456	0,456	0,456	0,37
<b>Horní mez <math>T_{30}</math> [s]</b> (učebna hudební výchovy)	0,827	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684
<b>Dolní mez <math>T_{30}</math> [s]</b> (učebna hudební výchovy)	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,37

**Tabulka 18:** Simulovaná průměrná doba dozvuku  $T_{30}$  a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu (odborná učebna/učebna hudební výchovy)





**Graf 6:** Simulovaná průměrná doba dozvuku T<sub>30</sub> a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu (odborná učebna)



**Graf 7:** Simulovaná průměrná doba dozvuku T<sub>30</sub> a meze jejího tolerančního pásma v místnosti v navrženém stavu (učebna hudební výchovy)

STI - hodnocení	Standard STI	Kategorie I pokročilý, denně používá druhý cizí jazyk	Kategorie II středně pokročilý i v úrovni druhého cizího jazyk	Kategorie III začátečník, zřídka používá druhý cizí jazyk
špatná	0,30	0,33	0,36	0,44
dostatečná	0,45	0,50	0,60	0,74
dobrá	0,60	0,68	0,86	nedosažitelné
výborná	0,75	0,86	nedosažitelné	nedosažitelné

**Tabulka 19:** Tabulka pro základní vyhodnocení srozumitelnosti řeči STI

STI zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, síně apod.

Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,8-0,9.

Po provedení akustických opatření uvedených v této studii je STI (srozumitelnost) **v učebně výborná.**

## **2.8 Další prostory - Chodby**

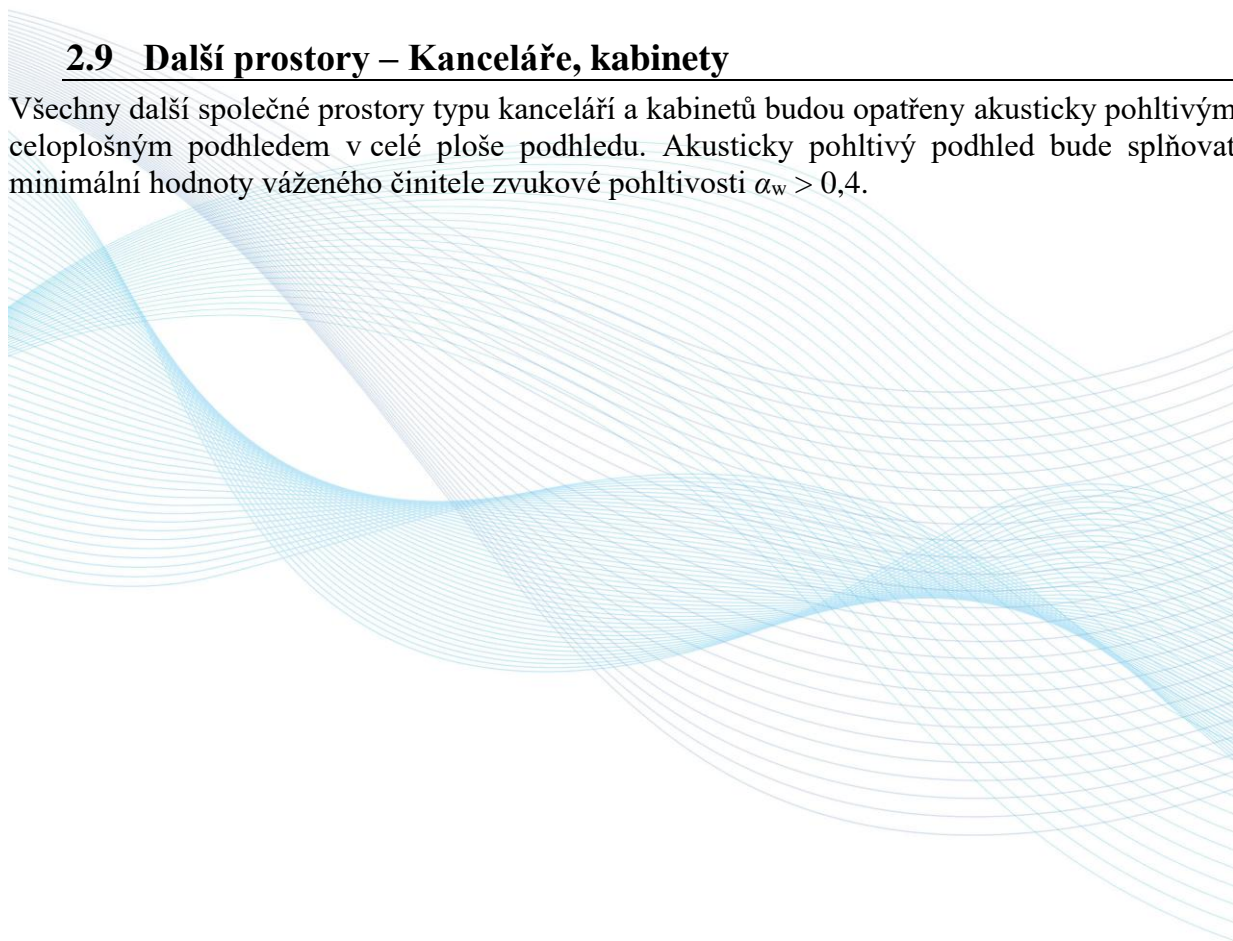
Všechny další společné prostory – tj. chodby, vstupní haly, auly, apod. budou opatřeny akusticky pohltivými materiály v dostatečném rozsahu.

Je možné použít např.:

- celoplošný akusticky pohltivý podhled, který bude splňovat minimální hodnoty váženého činitele zvukové pohltivosti  $\alpha_w > 0,4$
- nebo pravidelně rozmístěné svislé akusticky pohltivé nástěnky tl. 40 mm, v celkové ploše minimálně 25% podlahové plochy dané chodby
- nebo akusticky pohltivý kontaktně šroubovaný/lepený systém, přímo aplikovaný na plochu nosné konstrukce stropu. Tento systém bude splňovat minimálně  $\alpha_w > 0,4$

## **2.9 Další prostory – Kanceláře, kabinety**

Všechny další společné prostory typu kanceláří a kabinetů budou opatřeny akusticky pohltivým celoplošným podhledem v celé ploše podhledu. Akusticky pohltivý podhled bude splňovat minimální hodnoty váženého činitele zvukové pohltivosti  $\alpha_w > 0,4$ .



### 3 INTERPRETACE

#### 3.1 Požadavky z hlediska prostorové akustiky

Optimální doba dozvuku je odvozena na základě doporučených hodnot normy ČSN 73 0527. A to na základě účelu posuzované místnosti a na jejím objemu. Z optimální doby dozvuku jsou stanoveny hranice tolerančního pásma.

Všechny nově řešené prostory byly posuzovány jako prostory pro výuku, viz níže.

Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku $T_0$ (s), (viz příloha A, obrázek A.2)	Toleranční pásmo (viz příloha A)
Kmenové učebny Odborné učebny Učebny pracovní výuky Seminární místnosti Posluchárny Denní místnosti mateřských škol	A	Řeč (obrázek A.5)
Hudební učebny	A	Hudba a řeč (obrázek A.4)
Jazykové učebny Speciální učebny se zvýšeným nárokem na srozumitelnost	B	Řeč (obrázek A.5)
Multimediální učebny Hudební učebny s reprodukovanou hudbou	B	Řeč (obrázek A.5)
Učebny pro elektronické a elektrofonické hudební nástroje	B	Hudba a řeč (obrázek A.4)
Učebny hry na individuální akustické nástroje učebny zpěvu – dolní mez	C1	Hudba a řeč (obrázek A.4)
Učebny hry na bicí nástroje	C2	Hudba a řeč (obrázek A.4)
Učebna orchestrální hry hudebních škol	D	Hudba a řeč (obrázek A.4)
Tělocvičny a sportovní haly Plavecké haly Učebny gymnastiky a tance Posilovny Prostory pro fitness	E	Zúžené toleranční pásmo (obrázek A.7)

**Tabulka 20:** Požadavky na školské prostory pro vzdělání (ČSN 73 0527, tabulka 5)



### 3.2 Požadavky z hlediska prostorové akustiky

Optimální doba dozvuku je odvozena na základě doporučených hodnot normy ČSN 73 0527. A to na základě účelu posuzované místnosti a na jejím objemu. Z optimální doby dozvuku jsou stanoveny hranice tolerančního pásma.

Požadavky na prostory s provozní potřebou snížit hluchnosti a zajištění akustického pobytového komfortu.

Kategorie	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Typy prostoru:	Hlavní chodby Vstupní haly Schodiště Čekárny Knihovny Výstavní prostory Pasáže nákupních center	Recepce Laboratoře Ateliéry Velkoplošné kanceláře Kancelářské prostory individuální Čítárny a studovny Sborovny Výtvarné ateliéry Foodcourty Restaurace a kavárny	Školní jídelny a menzy Hlučné dílny a strojovny Kuchyňky a kopírky Call centra Denní místnosti jeslí Družiny
Výška prostoru $\leq 2,5$ m	$A / V \geq 0,15$	$A / V \geq 0,23$	$A / V \geq 0,3$
Výška prostoru $> 2,5$ m	$A / V \geq 1 / (4,8 \log(h))$	$A / V \geq 1 / (2,49 + 4,69 \log(h))$	$A / V \geq 1 / (1,47 + 4,69 \log(h))$

### 3.3 Vyhodnocení

Byl vypracován posudek prostorové akustiky na základě objednávky s cílem navrhnout a posoudit akustické systémy upravující parametry prostorové akustiky v rámci projektu „Základní škola T. G. M. v Pardubicích“. Je nutné konzultovat jakékoliv změny, aby nedošlo k narušení prostorové akustiky v posuzované místnosti-

**Akustický zavěšený podhled případně akustické obklady stěn musí být odsazeny od tuhé konstrukce. Aby konstrukce byla tuhá, musí vykazovat minimální plošnou hmotnost  $m' = 12 \text{ kg/m}^2$  (lépe  $m' = 15 \text{ kg/m}^2$ ). Popř. musí být konstrukce ztužena pomocí ocelového rastru (např. z jejlů) 600x600 mm. Bez splnění požadavku na tuhou konstrukci nad minerálním podhledem nelze garantovat účinnost navržených opatření zavěšeného akustického podhledu.**

Všechny prvky a rošty musí být provedeny precizně a dotaženy, aby nedocházelo k rezonanci panelů. Musejí být dodrženy veškeré technologické předpisy a postupy dané výrobcem. Výsledné provedení závisí na realizační firmě.

Posudek řeší pouze prostorovou akustiku. Neřeší zbylé části akustiky (stavební akustiku, hluk z objektu apod.) ani požární, mechanicko-odolnostní, bezpečnostní, tepelně technická ani jiná hlediska. Především doporučujeme prověřit umístění akustických materiálů z bezpečnostních hledisek (ostré hrany apod.) a z mechanicko-odolnostních hledisek

## 4 PŘÍLOHY

### 4.1 Vysvětlivky hodnocených parametrů

Při posouzení byly použity tyto parametry:

**Doby dozvuku T30, T20, EDT** (ČSN 73 0525, 73 0526 a 73 0527). Hodnoty a jejich toleranční rozsah jsou dány normami. Křivka doby dozvuku v závislosti na frekvenci by měla být vyrovnaná.

**Hladina akustického tlaku SPL**, pomocí něhož byla posouzena kvalita distribuce zvuku ve všech místech prostoru. Posuzuje se rozdíl mezi hodnotami SPL v jednotlivých bodech.

**Jasnost C80**: Ukazatel „kvality“ prostoru pro daný účel, zejména pak pro hudební představení. Různé styly hudby vyžadují různou hodnotu jasnosti. Např. pro komorní hudbu se ideální hodnoty pohybují mezi -4 a +4 dB, atp.

**Zřetelnost D50**: Parametr spjatý se srozumitelností řeči. Určuje kvalitu poslechu řeči v závislosti na daném prostoru.

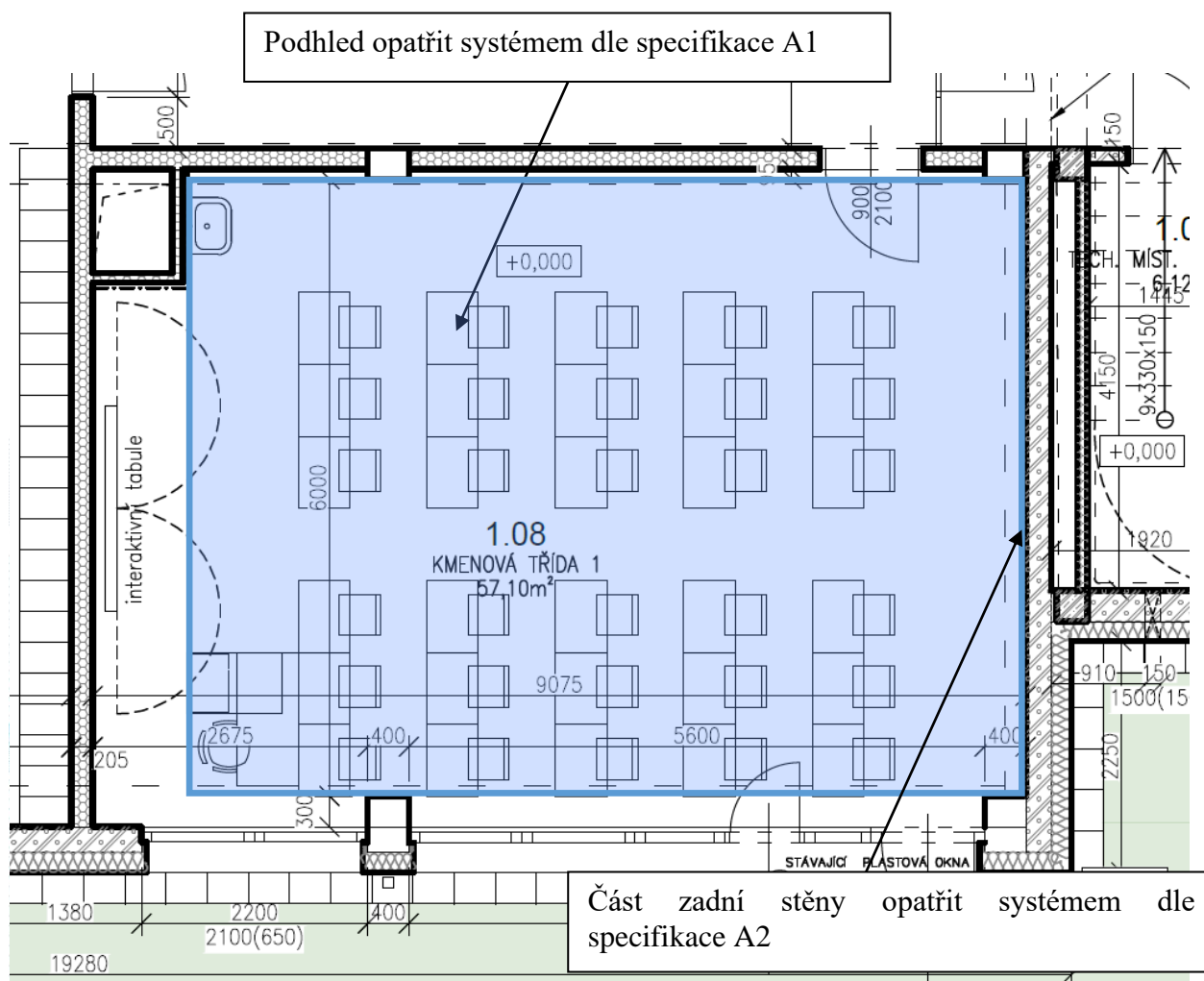
**Lateral fraction LF80**: závislá především na tvaru sálu a odrazivosti ploch. Spolu s hodnotami LF50, LFC50 a LFC80 spoluurčuje kvalitu distribuce zvuku v závislosti na tvaru a objemu prostoru.

**Echo**: Hodnota, díky ní lze přesně určit, zda někde v prostoru nevzniká nepříjemná ozvěna, popř. ono místo s ozvěnou určit. Tento případný jev se pomocí pouhého výpočtu průměrné doby dozvuku nedá odhalit.

**Index přenosu řeči (srozumitelnost) STI**: zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov i celých vět v mluveném projevu.

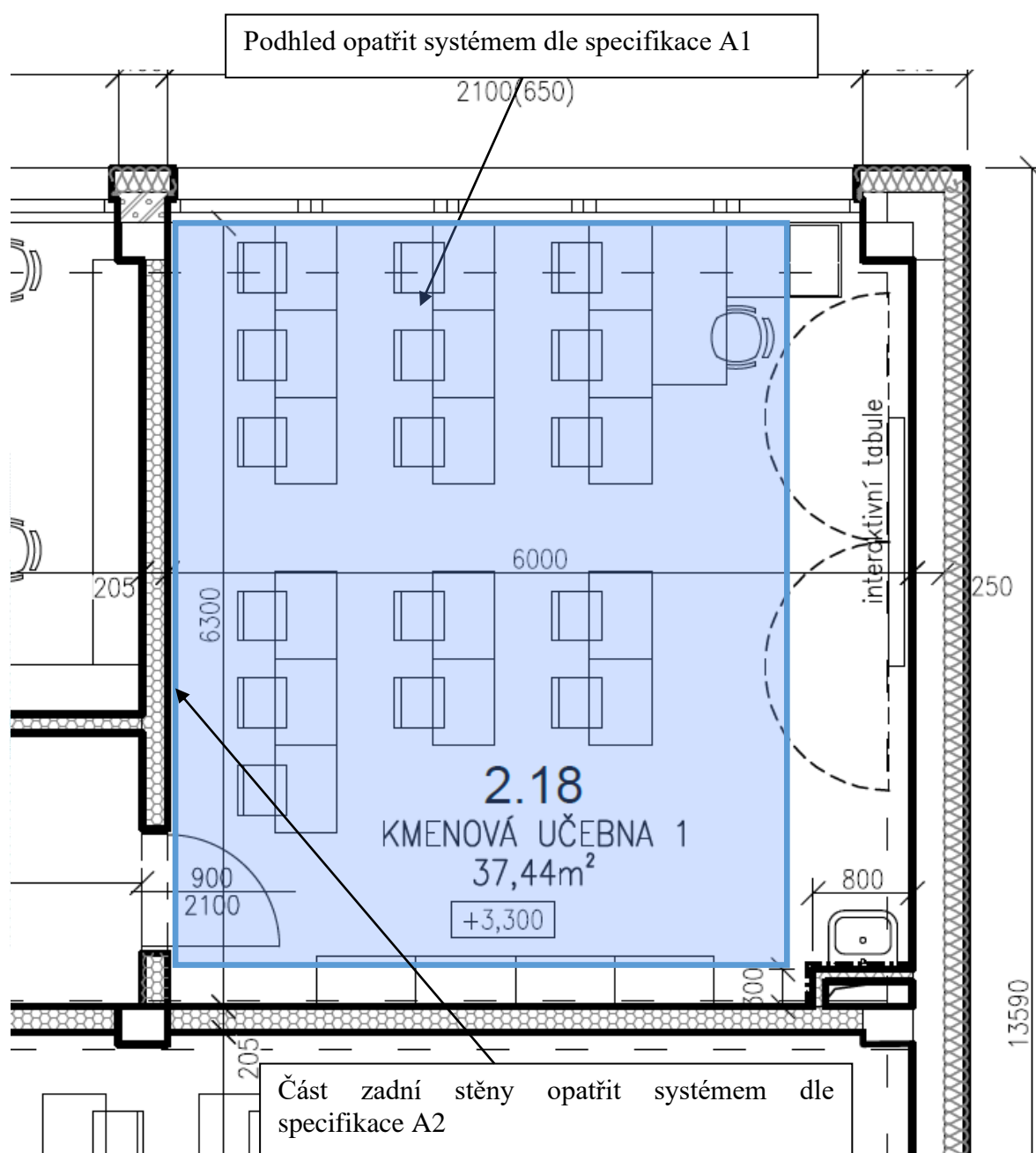
**Alcons**: Obdoba srozumitelnosti řeči STI. Na rozdíl od srozumitelnosti řeči Alcons posuzuje také hluk pozadí, a pokud je, i jeho tónovou složku. V simulaci není s výraznějším hlukem pozadí počítáno.

## 4.2 Rozmístění akustických materiálů

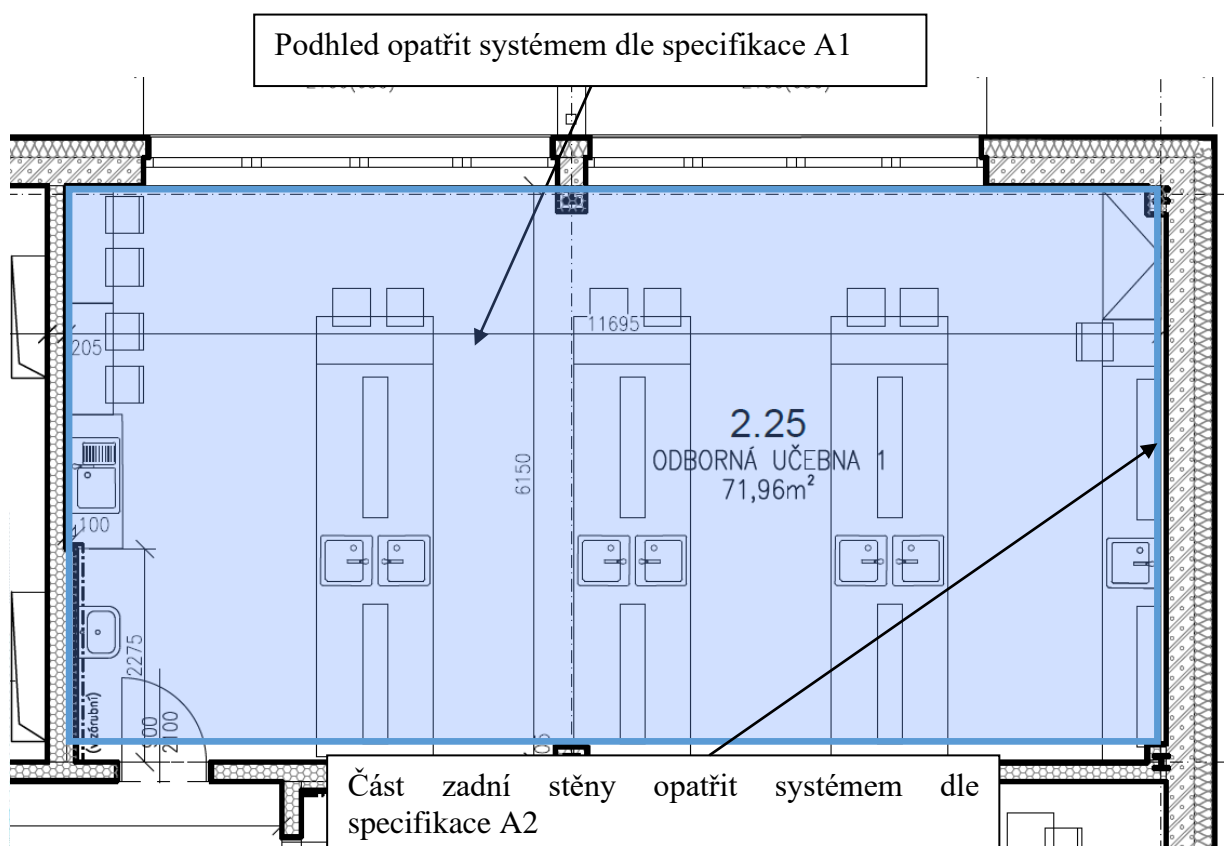


**Obrázek 21:** Schematické rozmístění akustických úprav kmenové učebny 1

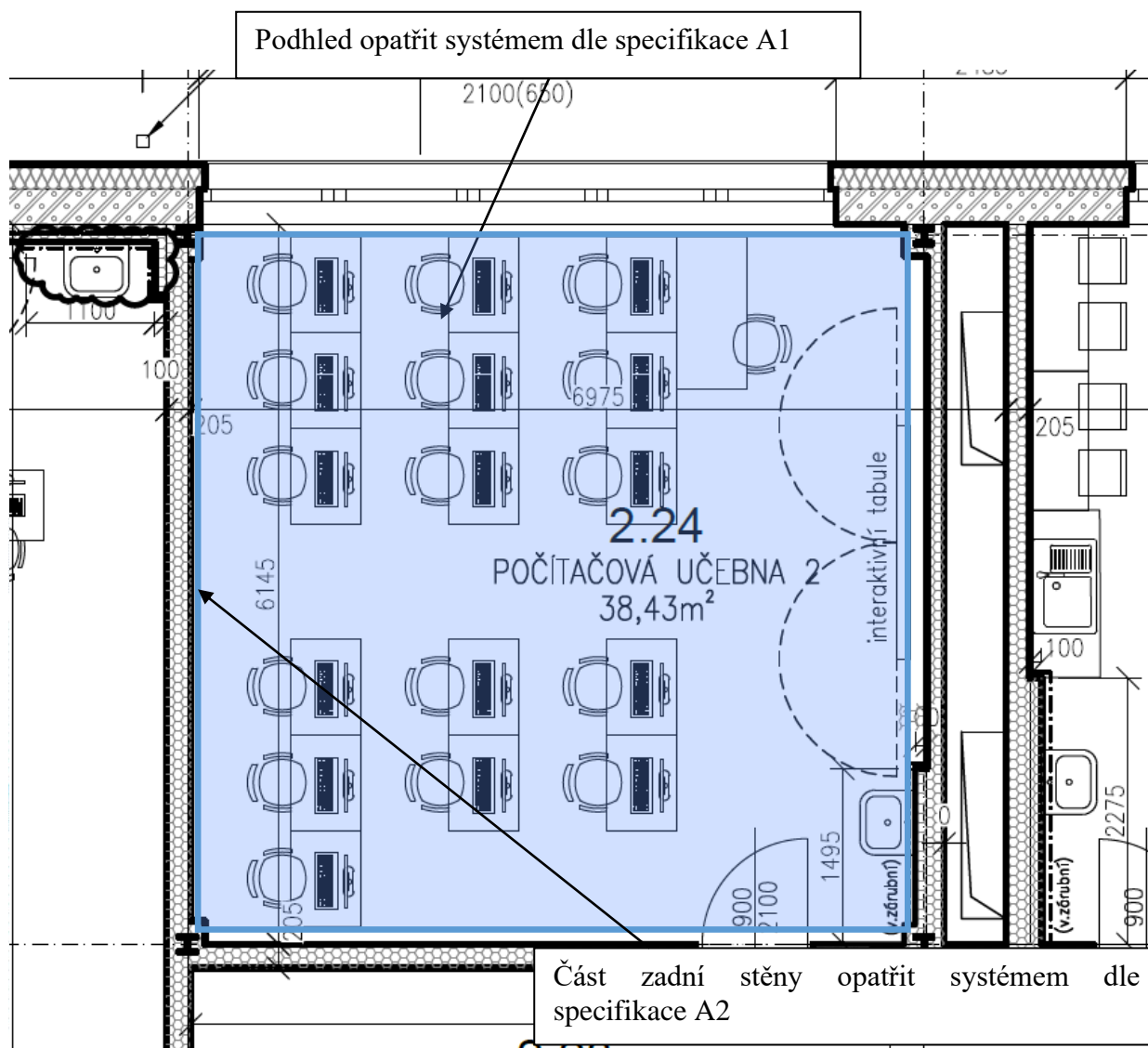




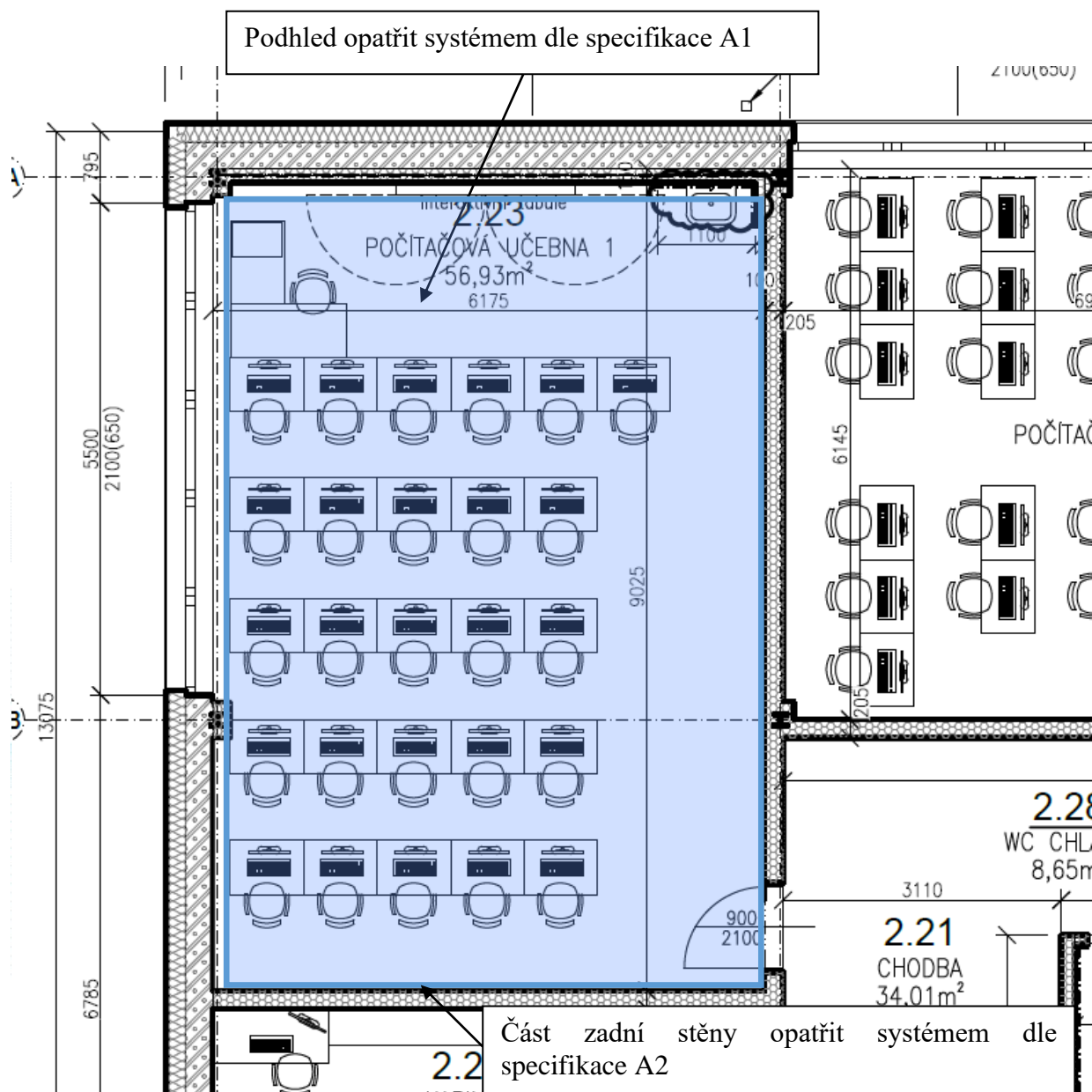
**Obrázek 22:** Schematické rozmístění akustických úprav kmenové učebny 2



**Obrázek 23:** Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny

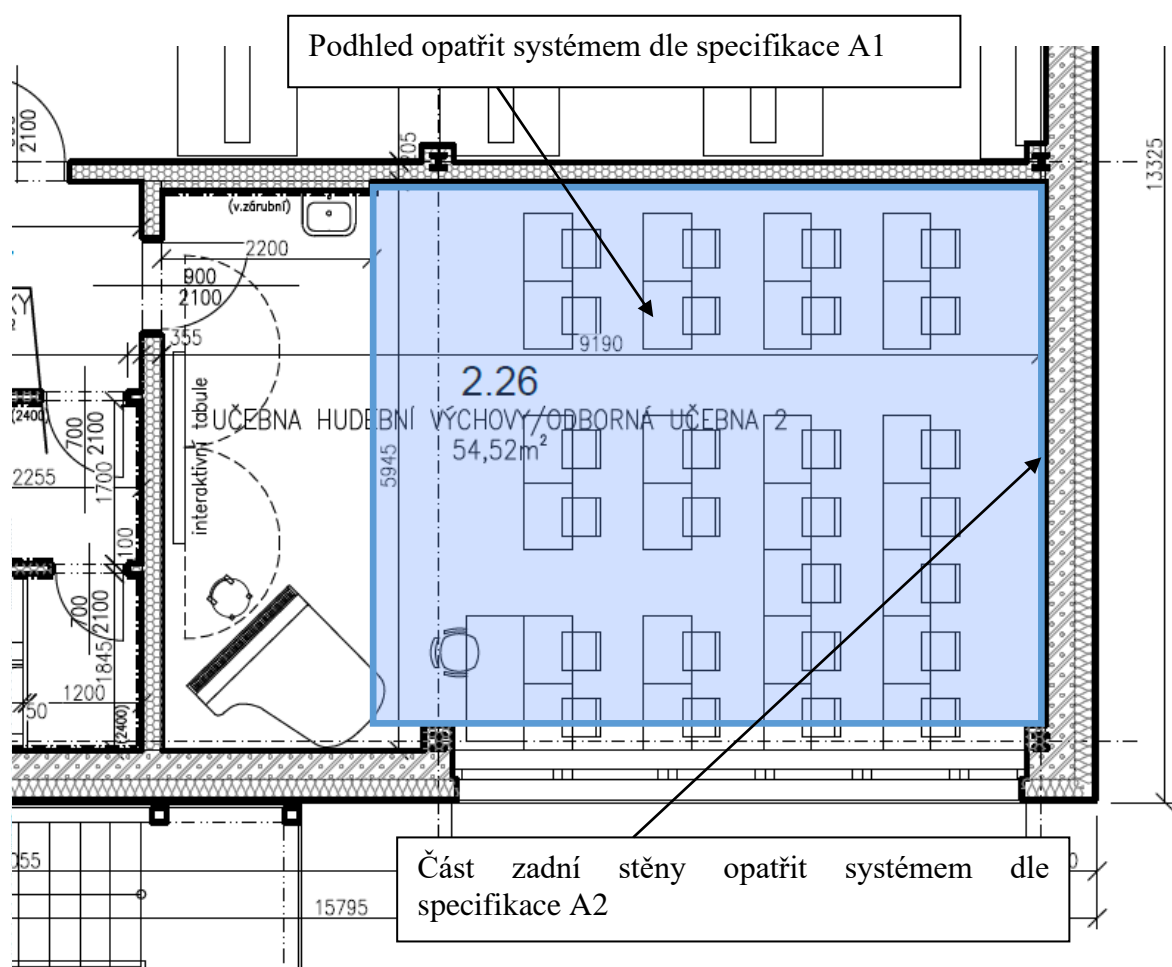


**Obrázek 24:** Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny



**Obrázek 25:** Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny





**Obrázek 26:** Schematické rozmístění akustických úprav odborné učebny