

## Akustická studie

Mendelova univerzita v Brně – knihovna

Zemědělská 1665/1

613 00 Brno

**Vypracoval:**

Ing. Jan Burda

**Kontroloval:**

Ing. Roman Pavelka

**Zpracováno v období:**

Červen 2024

## 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>
4.1. Ekvivalentní pohltivá plocha – A.....	6
4.2. Míra zřetelnosti – $C_{50}$ .....	6
<b>5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b>	<b>7</b>
5.1. Výpočtový model.....	7
5.2. Návrh úprav.....	9
5.3. Výpočet.....	12
5.4. Posouzení.....	14
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>15</b>

## 1. VŠEOBECNĚ

- 1.1. Předmět** MENDELU – knihovna, Zemědělská 1665/1, Brno
- 1.2. Úkol** Akustická studie – prostorová akustika
- 1.3. Objednatel**  
**Ing. arch. Radko Květ (atelier Květ)**  
Všetičkova 631/31  
602 00 Brno  
IČ: 13676601  
Kontaktní osoba:  
Ing. arch. Pavel Pijáček  
+420 732 357 611  
pijacek@kvetarch.cz
- 1.4. Zpracovatel**  
**DEKPROJEKT s.r.o.**  
Tiskařská 10/257  
budova TTC  
108 00, Praha 10  
tel.: +420 234 054 284  
IČO: 27642411  
DIČ: CZ699000797  
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 2024

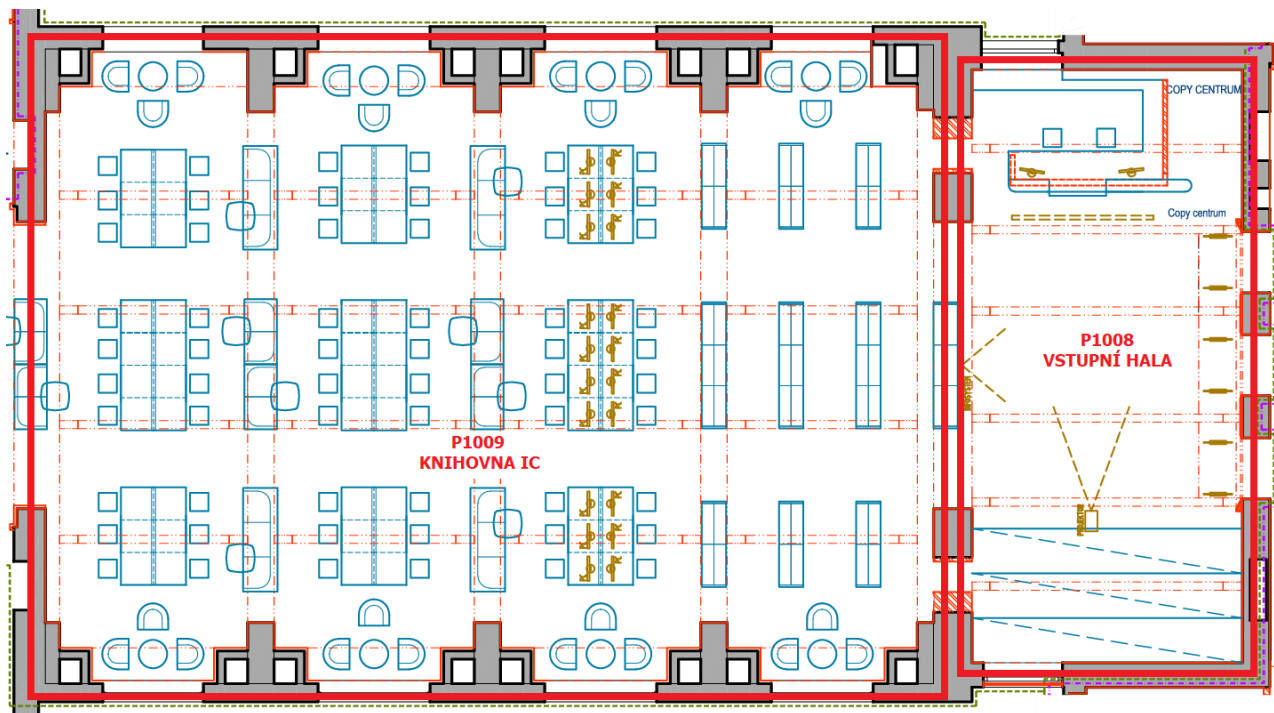
## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka D2024-071072 ze dne 15.1.2024
- [2] Výkresová dokumentace „Modernizace studoven Knihovny MENDELU“, vypracoval: Ing. arch. Pavel Pijáček, datum vypracování: 02/2024
- [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 15.16 Auditorium

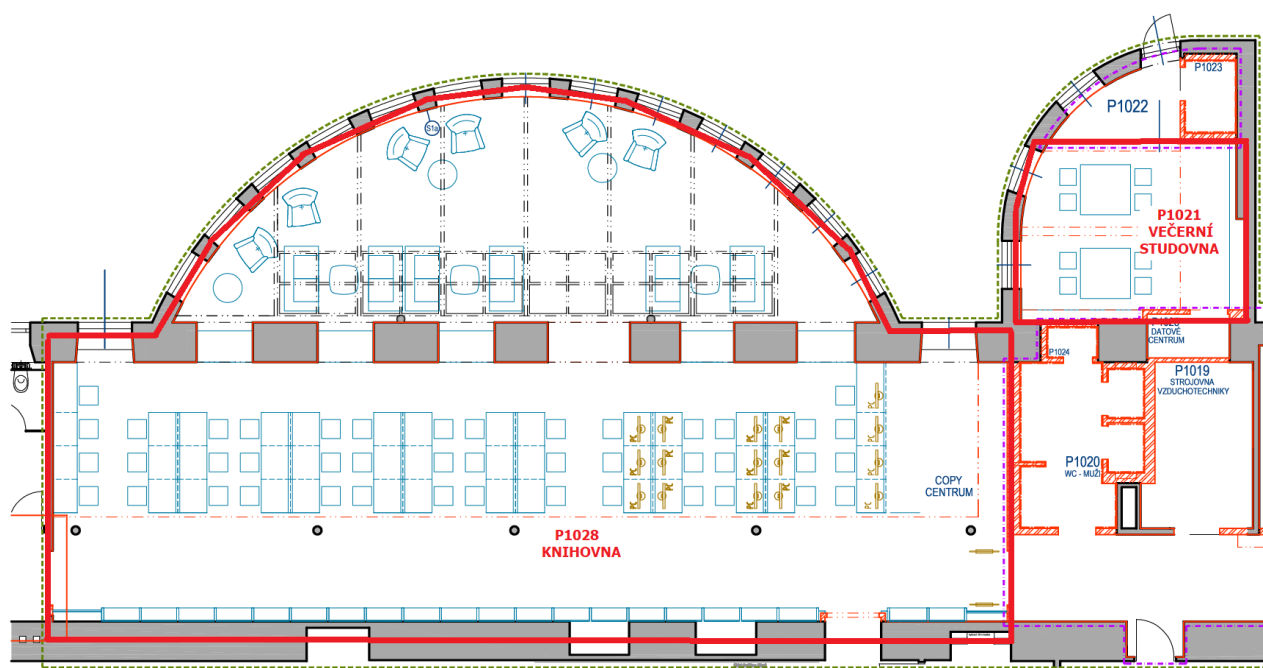
*Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie*

### 3. SITUACE

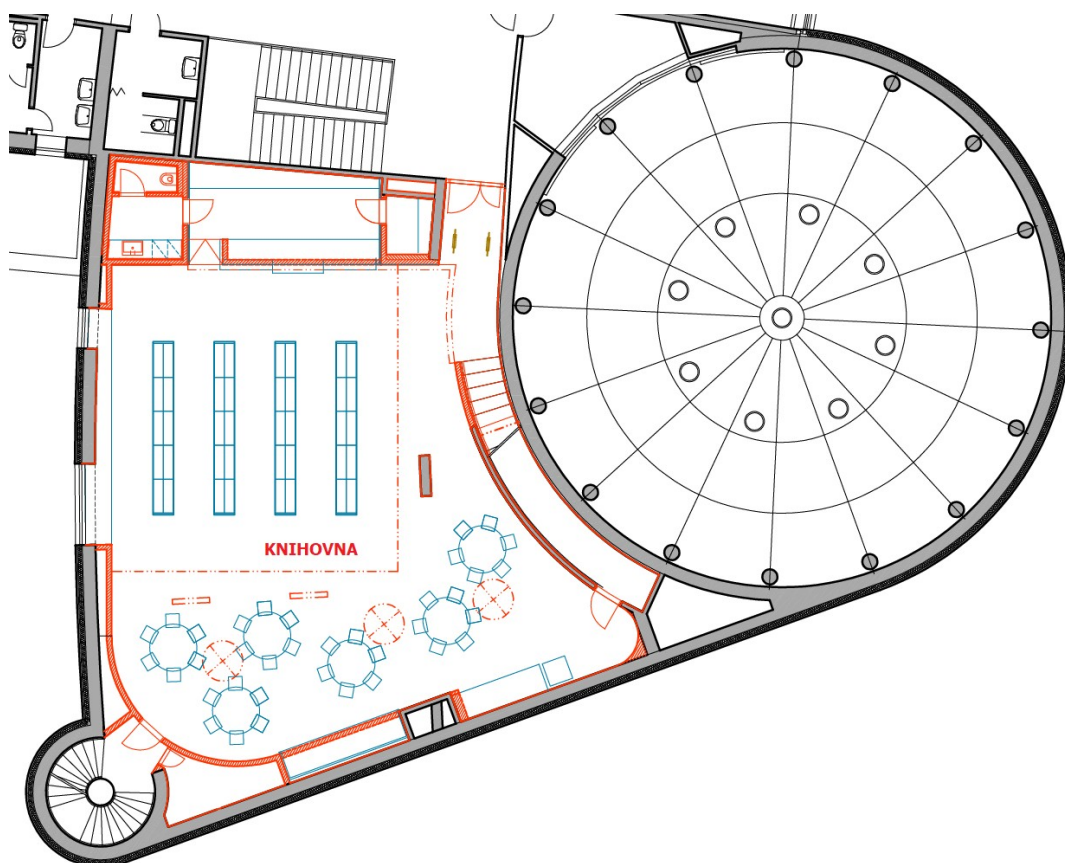
Předmětem studie je modernizace studoven v objektu Knihovny MENDELU v Brně [2]. Objednatel je požadováno posouzení vybraných vnitřních prostor budovy A a budovy Z z hlediska prostorové akustiky a posouzení koncepce návrhu zvukopohltivých úprav. Součástí posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb. Situace projektu je zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. /1/ Půdorys 1.PP – budova A, informační centrum



Obr. /2/ Půdorys 1.PP – budova A, studovna



Obr. /3/ Půdorys 2.NP – budova Z, knihovna

## 4. POŽADAVKY

### 4.1. Ekvivalentní pohltivá plocha – A

Minimální ekvivalentní pohltivá plocha A prostoru daného účelu se stanoví pro objem a výšku místnosti a dle využití prostoru.

Číselně vyjádřená hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A se týká prostoru v neobsazeném stavu a vztahuje se ke kmitočtovému pásmu 250 Hz až 2000 Hz.

Hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A pro vstupní haly nebo knihovny kategorie K1 s výškou prostoru  $h > 2,5$  m se určí podle následujícího vztahu:

$$K2: A \geq V / [ 4,8 + 4,69 \cdot \log(h) ]$$

Hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A pro studovny kategorie K2 s výškou prostoru  $h > 2,5$  m se určí podle následujícího vztahu:

$$K2: A \geq V / [ 2,49 + 4,69 \cdot \log(h) ]$$

Hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A pro posuzované prostory je uvedena v následující tabulce.

Místnost	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadavek ČSN 73 0527
Vstupní hala – A	388,2	$A \geq 50,3 \text{ m}^2$
Knihovna IC – A	1369,4	$A \geq 177,3 \text{ m}^2$
Knihovna – A	579,9	$A \geq 126,4 \text{ m}^2$
Večerní studovna – A	63,1	$A \geq 13,6 \text{ m}^2$
Knihovna – Z	507,4	$A \geq 73,2 \text{ m}^2$

Tab. /1/ Minimální ekvivalentní pohltivá plocha

### 4.2. Míra zřetelnosti – C<sub>50</sub>

ČSN 73 0525 [4] uvádí objektivní kritéria hodnocení akustiky prostoru odvozené z impulsové odezvy. Jedním z významných kritérií je parametr C<sub>50</sub> – míra zřetelnosti. Jedná se o parametr hodnotící srozumitelnost mluveného slova. Její hodnoty by měly být vždy větší než 0 dB, má-li být srozumitelnost řeči hodnocena minimálně jako přijatelná. Podrobnější dělení je uvedeno v následující tabulce.

[dB]	←	-4	-4	↔	2	2	↔	7	7	→
Hodnocení	špatné		uspokojivé			dobré			výborné	

Tab. /2/ Hodnocení parametru C<sub>50</sub> – míra zřetelnosti

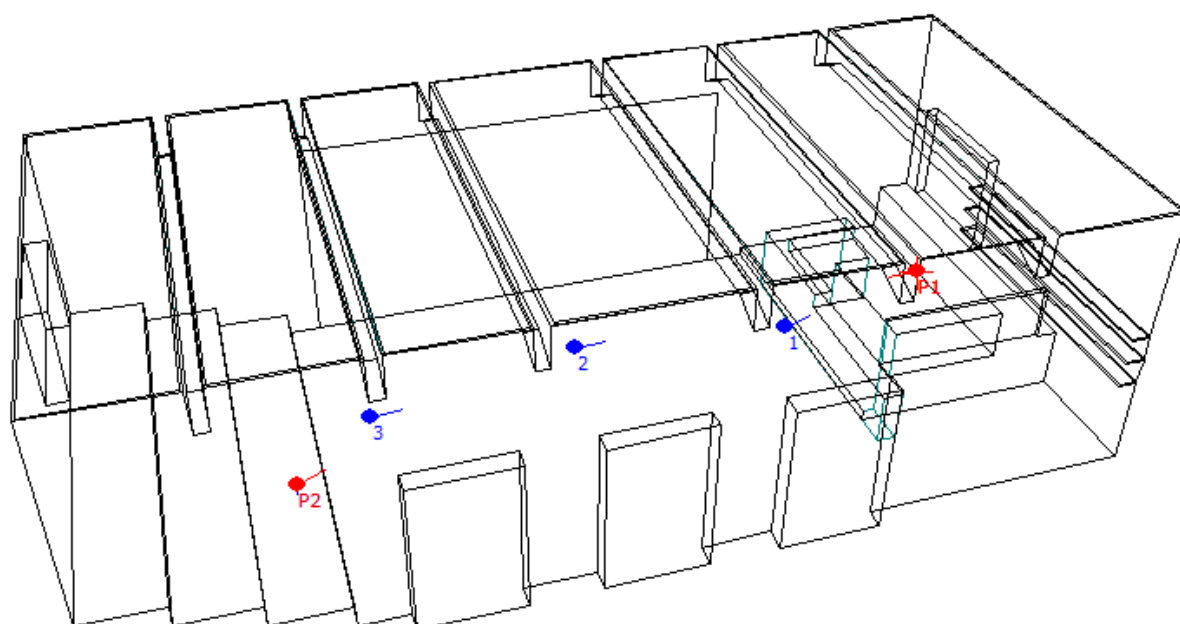
## 5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

### 5.1. Výpočtový model

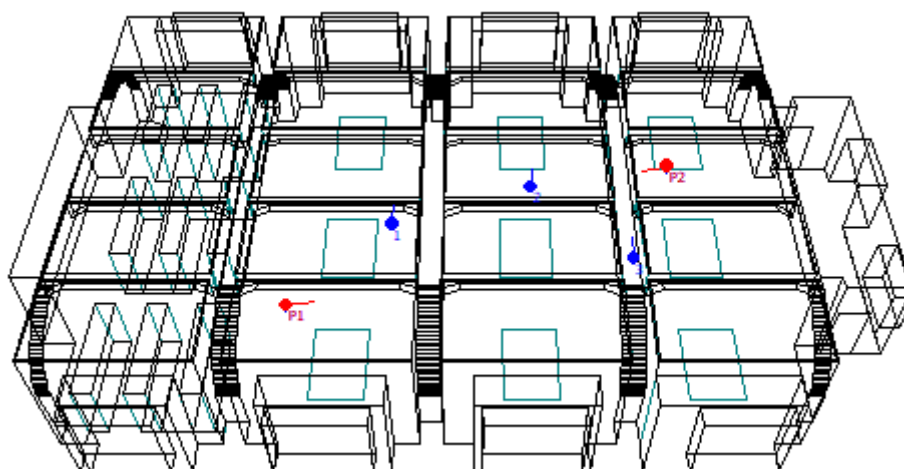
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu a 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.

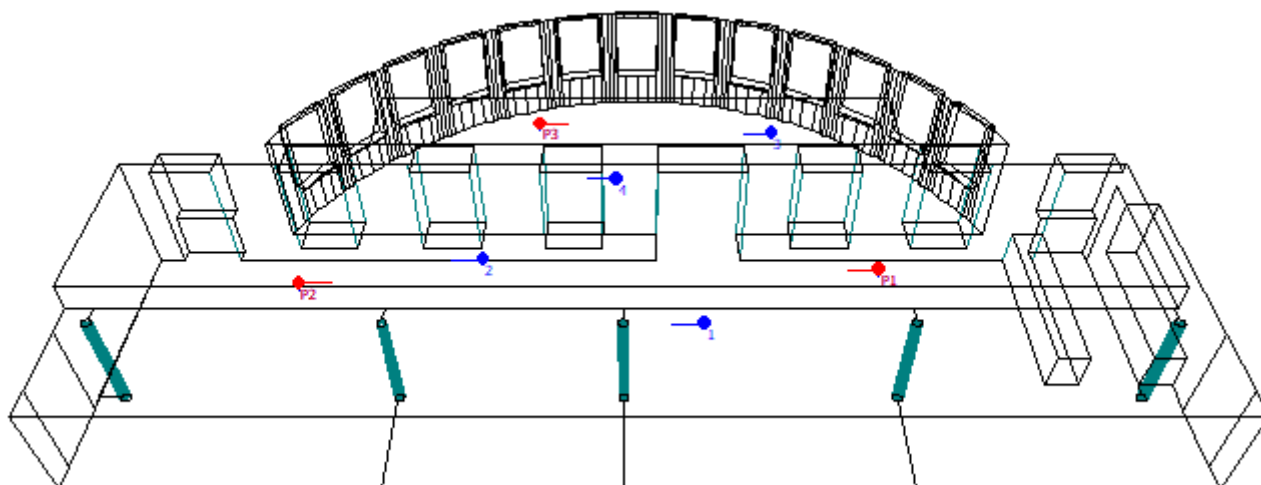
Náhled na výpočtový model s rozmístěnými místy zdroje (červeně) a přijímače (modře), zpracovaný v programu Odeon Auditorium 15.16, je uveden na následujících obrázcích.



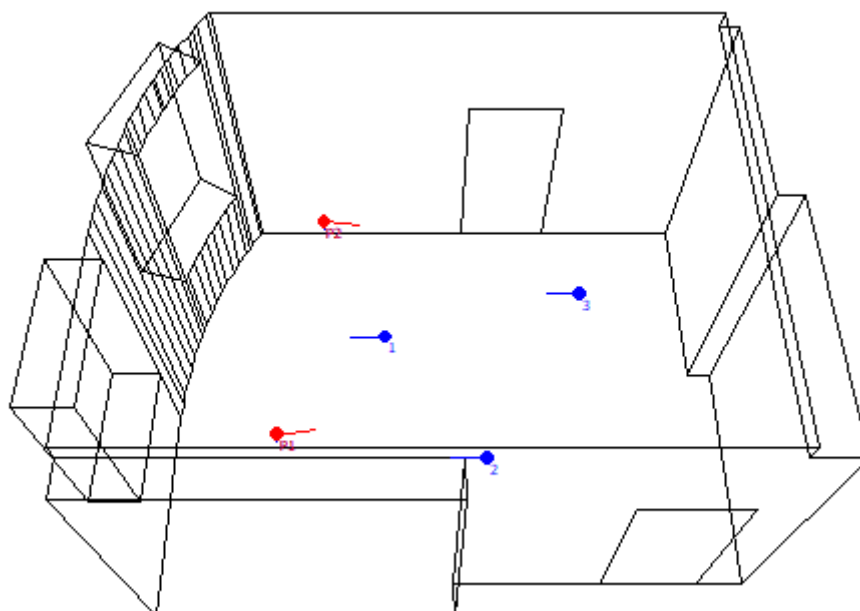
Obr. /4/ Výpočtový model – vstupní hala A



Obr. /5/ Výpočtový model – knihovna IC A

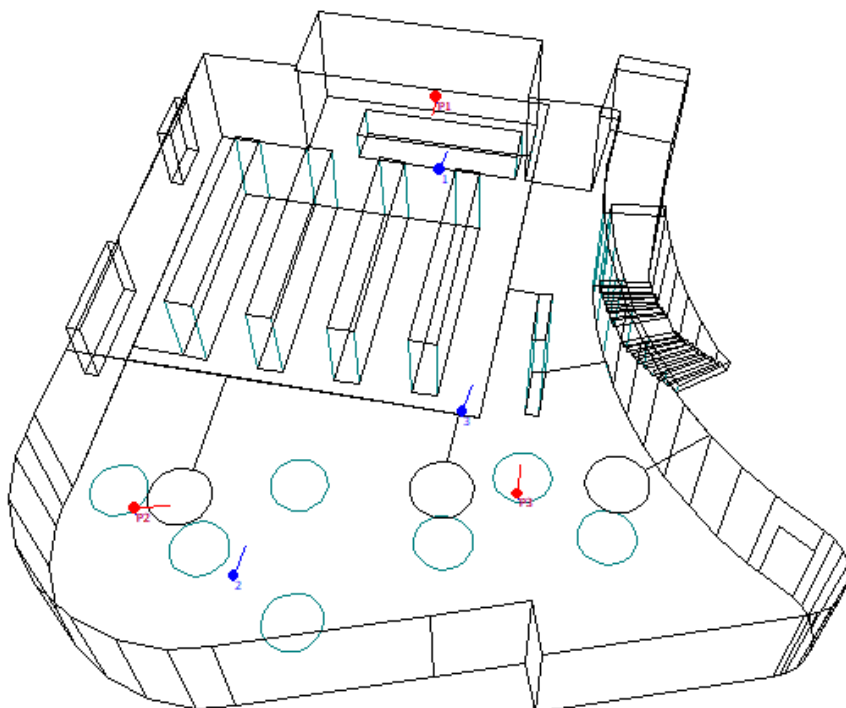


Obr. /6/ Výpočtový model – knihovna A



Obr. /7/ Výpočtový model – večerní studovna A



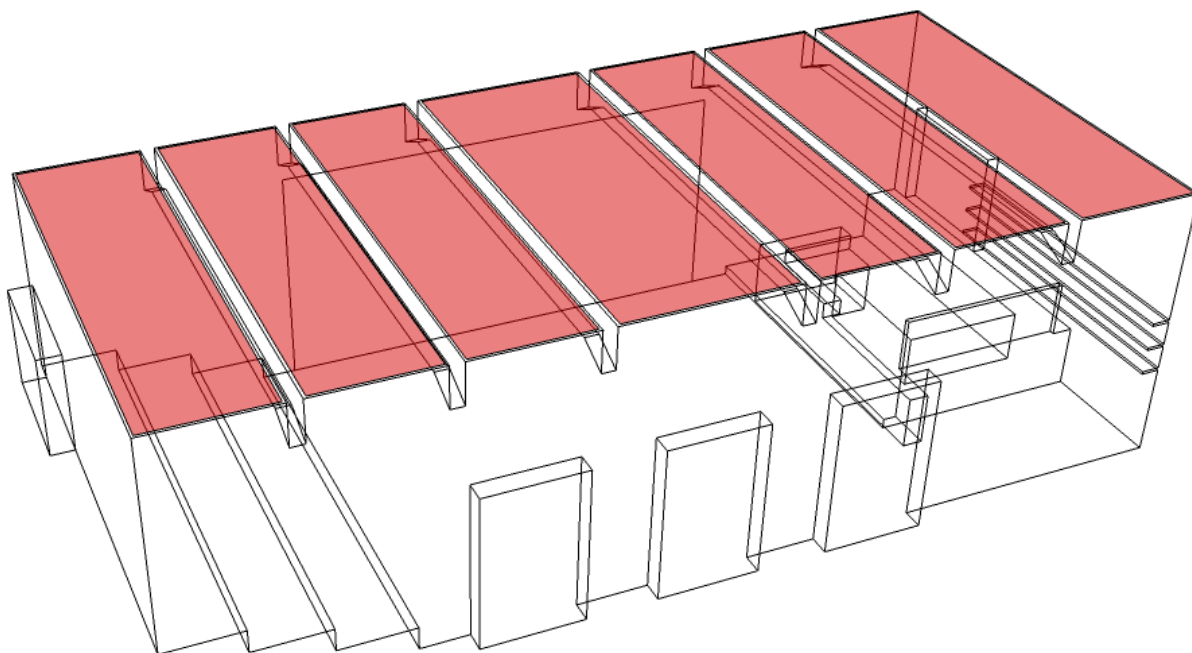


Obr. /8/ Výpočtový model – knihovna Z

## 5.2. Návrh úprav

### Vstupní hala - A

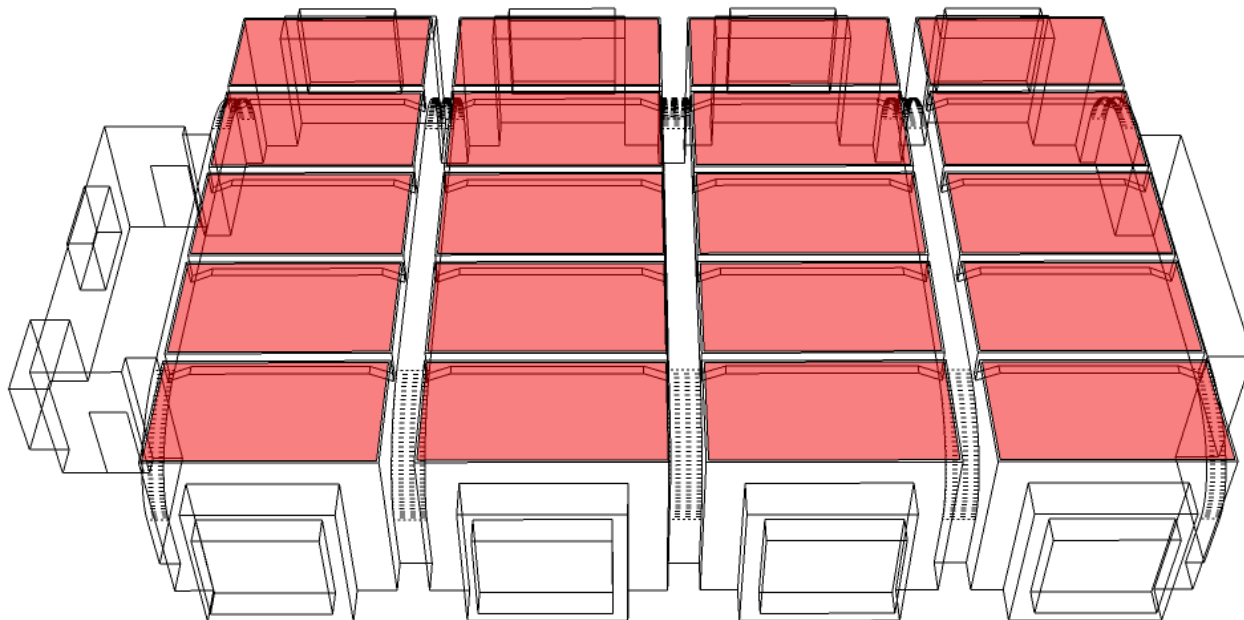
Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických panelů z lisované dřevěné vlny tl. 35 mm, se svěšením 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 40 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90(L)$ . Celková plocha podhledu bude 85,1 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 9 červenou barvou.



Obr./9/ Akustické úpravy – vstupní hala, A

Knihovna IC - A

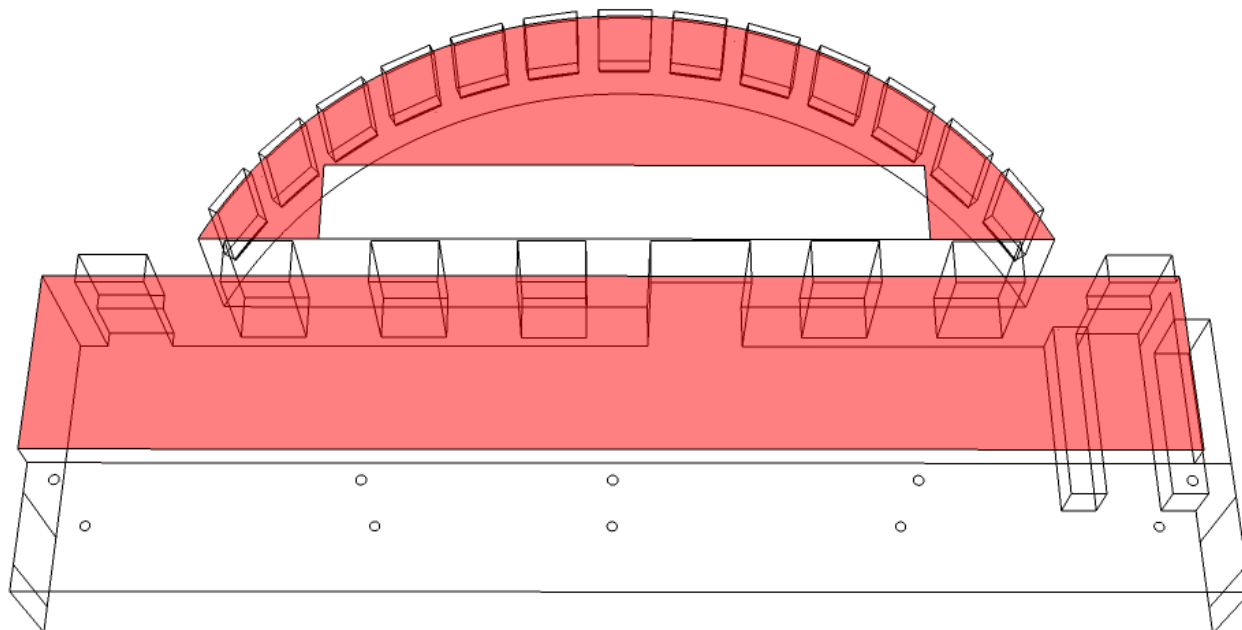
Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických panelů z lisované dřevěné vlny tl. 35 mm, se svěšením 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 40 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90(L)$ . Celková plocha podhledu bude 233,2 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 10 červenou barvou.



Obr./10/ Akustické úpravy – knihovna IC, A

Knihovna - A

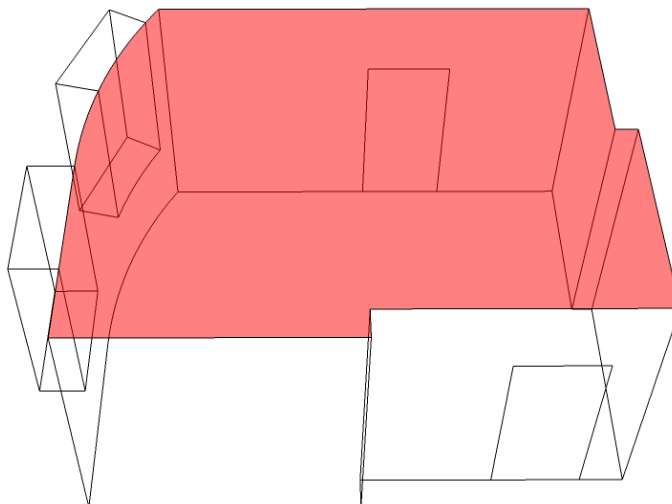
Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z perforovaných SDK panelů se svěšením 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 50 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90(L)$ . Celková plocha podhledu bude 125,6 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 11 červenou barvou.



Obr./11/ Akustické úpravy – knihovna, A

Večerní studovna - A

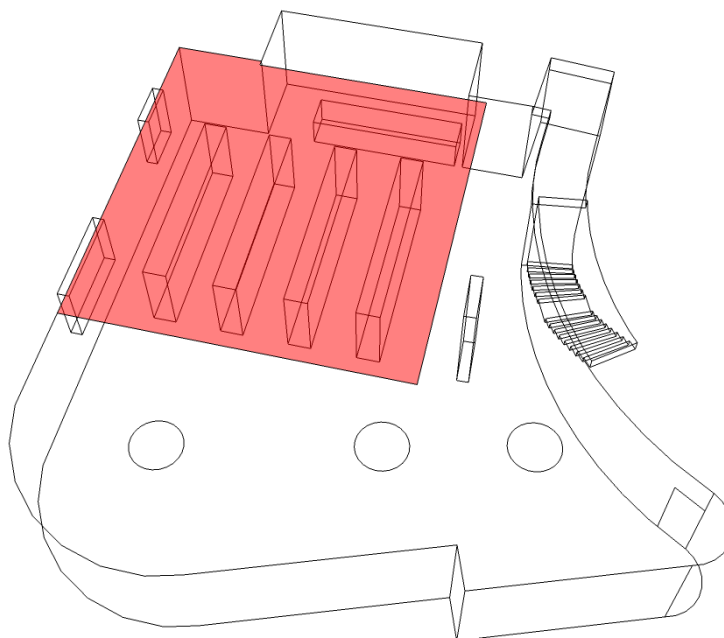
Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z perforovaných SDK panelů se svěšením 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 50 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90(L)$ . Celková plocha podhledu bude 21,4 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 12 červenou barvou.



Obr./12/ Akustické úpravy – večerní studovna, A

Knihovna - A

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických panelů z lisované dřevěné vlny tl. 35 mm, se svěšením 200 mm s vloženou minerální izolací tl. 40 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90(L)$ . Celková plocha podhledu bude 76,3 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 13 červenou barvou.



Obr./13/ Akustické úpravy – m.č. 3.39

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty 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. 4.**

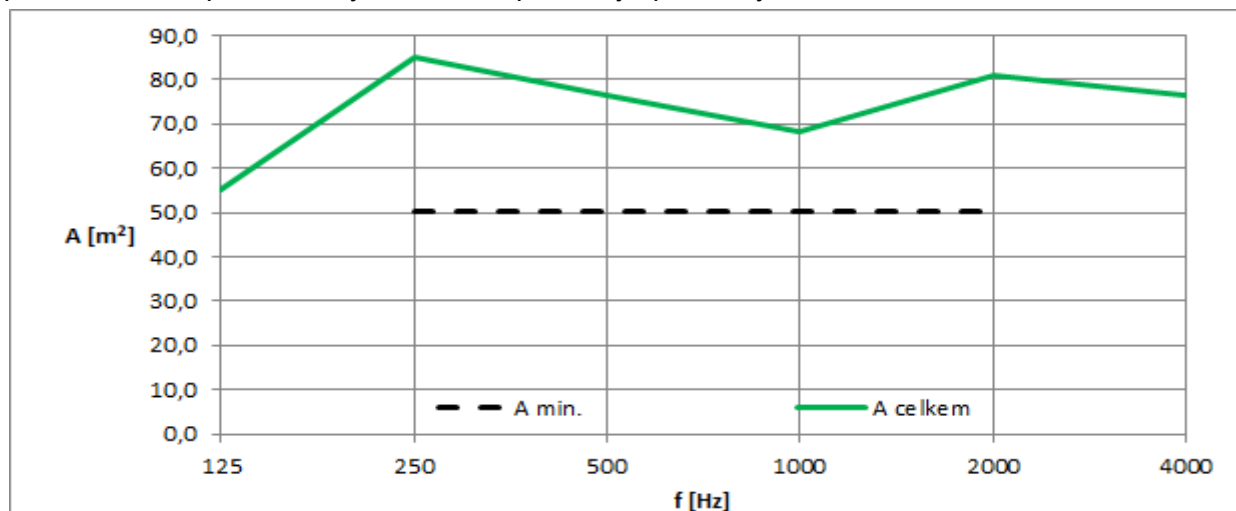
Pohledový materiál	Střední kmitočet $f$ (Hz) oktaóvového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Panely z lisované dřevěné vlny tl. 35 mm svěšení 200 mm, minerální izolace tl. 50 mm tř. zvukové pohltivosti: A - 0,90(L)	0,65	1,00	0,90	0,80	0,95	0,90
Perforované SDK panely svěšení 200 mm, minerální izolace tl. 50 mm tř. zvukové pohltivosti: A - 0,90	0,70	0,85	0,85	0,90	0,85	0,90

Tab. /4/ Průběh činitele pohltivosti v oktaóvových pásmech

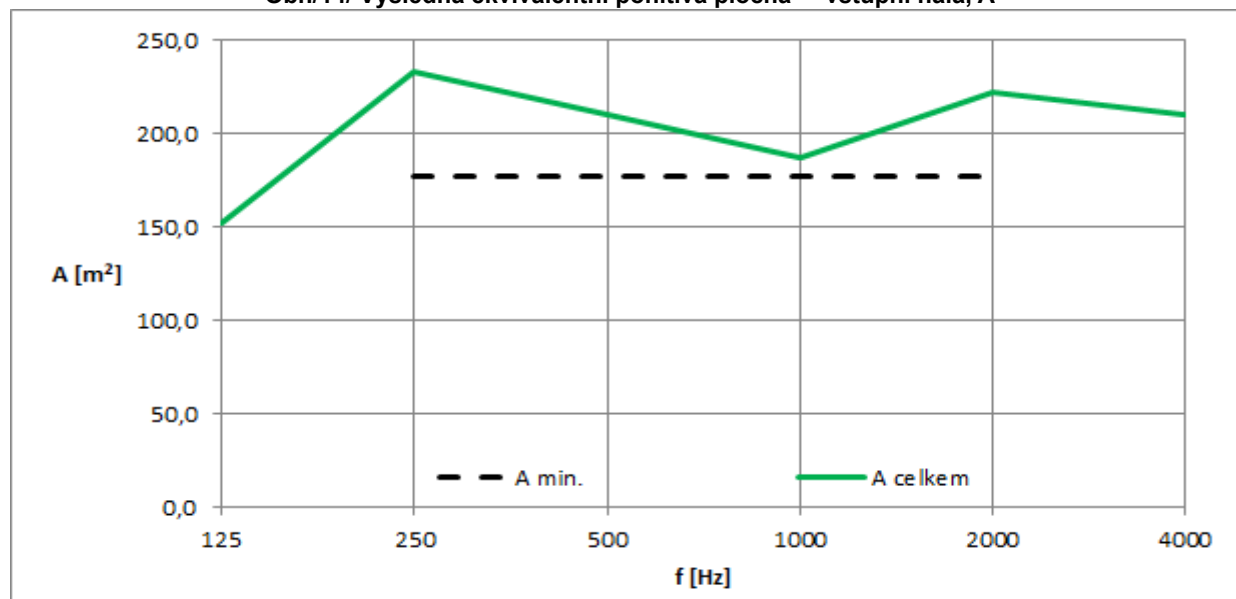
### 5.3. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky je použit software ODEON 15.16 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 zasedacích místností a neobsazeným prostorem call centra, open office a kuchyňky.

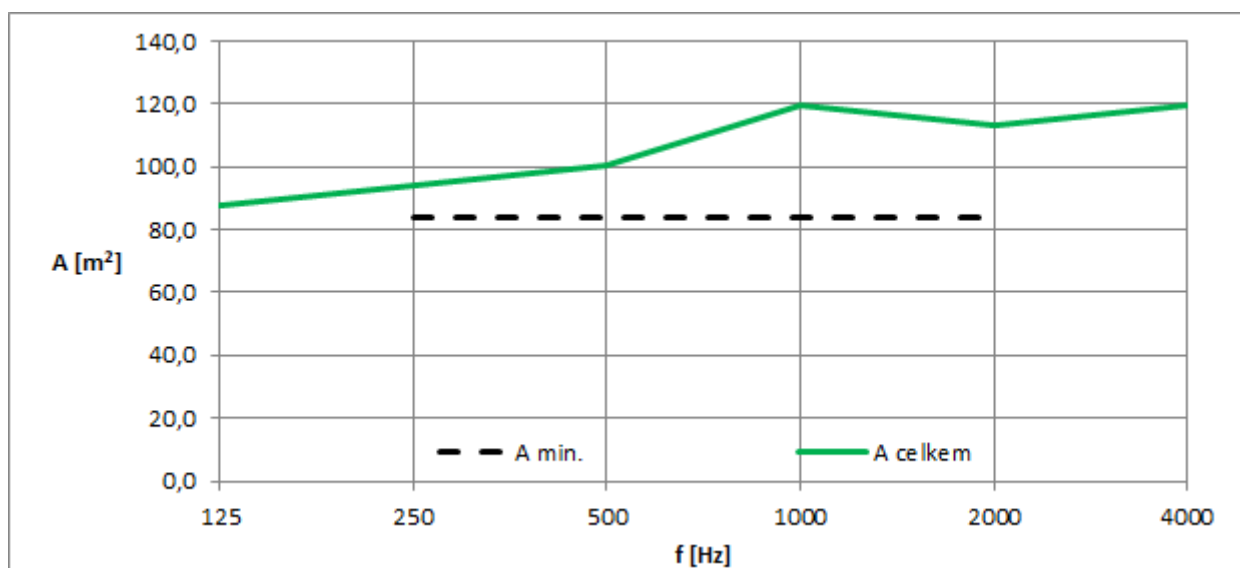
Na následujícím obrázku je graficky znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro daný způsob využití dle ČSN 73 0527.



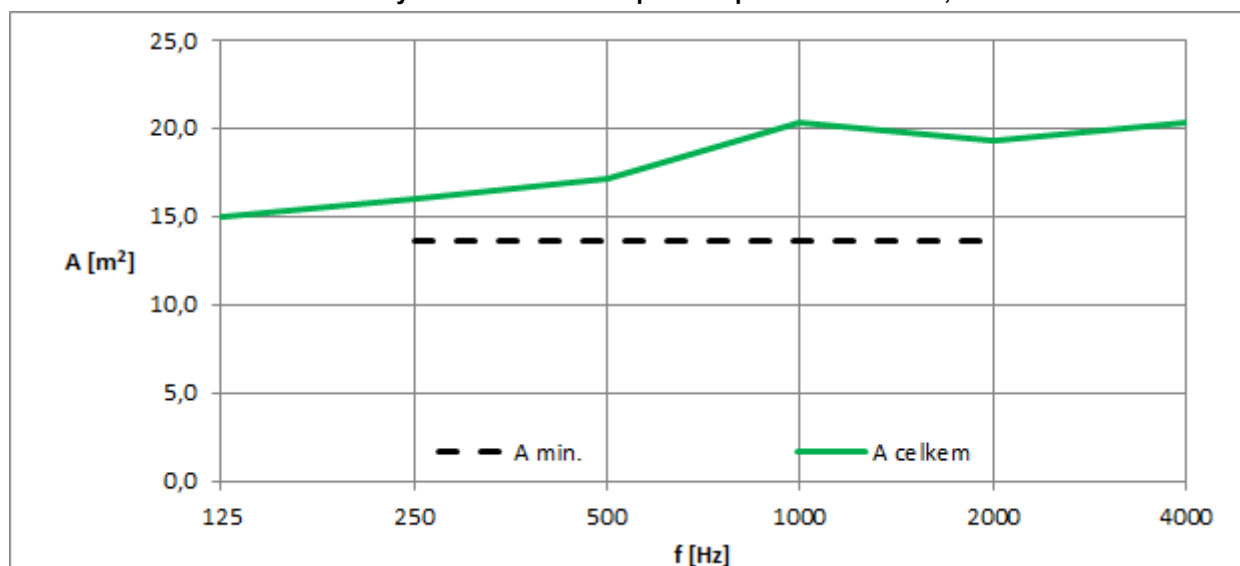
Obr.14/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – vstupní hala, A



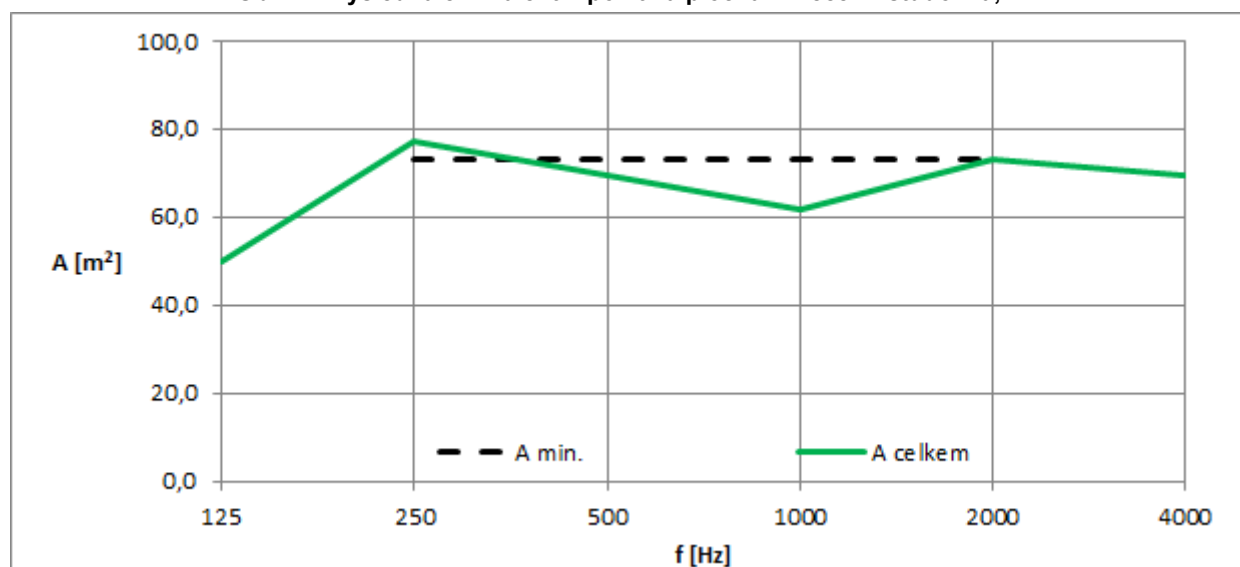
Obr.15/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – knihovna IC, A



Obr./16/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – knihovna, A



Obr./17/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – večerní studovna, A



Obr./18/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – knihovna, Z

**5.4. Posouzení**

V následující tabulce je provedeno posouzení ekvivalentní pohltivé plochy dle ČSN 73 0527.

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			m <sup>2</sup>	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha <b>vstupní hala, A</b>	A	m <sup>2</sup>	≥ 50,3	85,1	76,6	68,10	85,9
Hodnocení				+	+	+	+

**Tab. /5/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – vstupní hala, A, stav po návrhu úprav**

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			m <sup>2</sup>	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha <b>knihovna IC, A</b>	A	m <sup>2</sup>	≥ 177,3	233,2	209,9	186,60	221,5
Hodnocení				+	+	+	+

**Tab. /6/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – knihovna IC, A, stav po návrhu úprav**

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			m <sup>2</sup>	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha <b>knihovna, A</b>	A	m <sup>2</sup>	≥ 84,1	94,2	100,5	119,30	113,1
Hodnocení				+	+	+	+

**Tab. /7/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – knihovna, A, stav po návrhu úprav**

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			m <sup>2</sup>	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha <b>večerní studovna, A</b>	A	m <sup>2</sup>	≥ 13,6	16,1	17,1	20,30	19,3
Hodnocení				+	+	+	+

**Tab. /8/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – večerní studovna, A, stav po návrhu úprav**

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			m <sup>2</sup>	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha <b>knihovna, Z</b>	A	m <sup>2</sup>	≥ 73,2	77	69,3	61,60	73,1
Hodnocení				+	X	X	X

**Tab. /9/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – knihovna, Z, stav po návrhu úprav**

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

Z výsledků v tab. 5 – 9 je zřejmé, že **posuzované prostory výpočtově splňuje požadavky na minimální ekvivalentní pohltivou plochu po provedení celého rozsahu navržených úprav** pro daný účel využití s výjimkou prostoru knihovny v budově Z. Pro dosažení normových požadavků na minimální ekvivalentní pohltivou plochu v prostoru by bylo nutné instalovat zvukopohltivé materiály ve větších plochách, např. na stěnách.

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty parametru  $C_{50}$  – míra zřetelnosti v daném prostoru po provedení navržených úprav uvedených v kap. 5.2.

Prostor	Míra zřetelnosti $C_{50}$ [dB]	Hodnocení
Vstupní hala – A	$3,5 \pm 1$	dobré
Knihovna IC – A	$3,2 \pm 1$	dobré
Knihovna – A	$4,9 \pm 1$	dobré
Večerní studovna – A	$4,2 \pm 1$	dobré
Knihovna – Z	$3,1 \pm 1$	dobré

Tab./10/ Výpočtový předpoklad hodnoty parametru  $C_{50}$  - srozumitelnost mluveného slova

Z tab. 10 je zřejmé, že při provedení navrženého opatření dle kap. 5.2 se míra zřetelnosti na zkoumaných místech pohybuje výpočtově mezi 3,1 – 4,9 dB. To ukazuje na obecně dobrou srozumitelnost mluveného slova v daném prostoru.

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. 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 měřením. Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru, např. instalací 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 bylo posouzení koncepce návrhu zvukopohltivých úprav v objektu Knihovny MENDELU v Brně [2].

Bylo navrženo opatření vedoucí ke snížení celkového hluku v prostoru a ke zlepšení srozumitelnosti mluveného slova v souladu s požadavky ČSN 73 0527 [5]. Koncepci posuzovaných zvukopohltivých úprav doporučujeme realizovat také ve funkčně a objemově podobných prostorách v rámci objektu A a Z.

**Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení.**

V Brně dne 6.6.2024

za DEKPROJEKT s.r.o.

Ing. Jan Burda  
+420 735 768 488  
jan.burda@dek-cz.com



**ATELIER DEK**

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

10