



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

SPORTOVNÍ CENTRUM

SPORT CENTRE

**SLOŽKA Č. 6 – ZPRAVA – POSOUZENÍ Z
HLEDISKA AKUSTIKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Stanislav Štepanovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**prof. Ing. Jitka Mohelníková,
Ph.D.**

BRNO 2026

Obsah

1.	Identifikační údaje	4
1.1.	Údaje o stavbě	4
2.	Dispoziční řešení	4
3.	Konstrukční řešení	4
4.	Účel posouzení.....	5
5.	Podklady pro zpracování.....	5
6.	Použité právní předpisy a normy	6
7.	Urbanistická akustika	6
7.1.	Požadavky	6
7.1.1.	Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb	6
7.2.	Posouzení objektu	7
7.2.1.	Posouzení.....	9
7.3.	Závěr	9
8.	Vzduchová a kročejová neprůzvučnost.....	9
8.1.	Požadavky	9
8.2.	Vzduchová neprůzvučnost stěn	10
8.2.1.	Vztahy	10
8.3.	Posouzení stěny mezi kanceláři	10
8.3.1.	Výpočet, posouzení.....	10
8.3.2.	Vyhodnocení	12
8.3.3.	Posouzení dveří:.....	12
8.4.	Vzduchová neprůzvučnost stropů	12
8.4.1.	Vztahy	12
8.4.2.	Výpočet, posouzení.....	13
8.4.3.	Vyhodnocení.....	13
8.5.	Kročejová neprůzvučnost	14
8.5.1.	Vztahy	14
8.5.1.	Výpočet, posouzení.....	14
8.5.1.	Vyhodnocení.....	14
9.	Posouzení prostorové akustiky	15
9.1.	Důvod posouzení	15
9.2.	Vztahy	15
9.2.1.	Činitel zvukové pohltivosti α –	15

9.2.2.	Pohltivost	15
9.2.3.	Doba dozvuku podle Wallace Clement Sabine	15
9.2.4.	Doba dozvuku podle Eyringa	16
9.2.5.	Doba dozvuku podle Millingtona	16
9.2.6.	Optimální doba dozvuku	16
9.2.7.	Přípustné rozmezí poměru dozvuku T/T_0 pro sportovní haly.....	17
9.2.8.	Přípustné rozmezí poměru dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru k přednesu řeči 17	
9.3.	Posouzení.....	18
9.3.1.	Původní stav – zázemí pro klienty	18
9.3.2.	Vyhodnocení	19
9.3.3.	Nový stav – zázemí pro klienty	19
9.3.4.	Vyhodnocení	20
9.3.5.	Původní stav – posilovna.....	21
9.3.6.	Vyhodnocení	22
9.3.7.	Nový stav – posilovna	23
	24
10.	Literatura	25

1. Identifikační údaje

1.1. Údaje o stavbě

Název stavby:	Sportovní centrum
Místo stavby:	Brno
Účel objektu:	Novostavba, trvalá, sportovní a rekreační využití, sportovní a rekreační zařízení doplněné o administrativní prostory.
Zastavěná plocha:	1050 m ²

2. Dispoziční řešení

Předmětem projektové dokumentace je novostavba sportovního a rekreačního centra doplněného o administrativní prostory. Celý objekt je koncipován jako bezbariérový.

V prvním podzemním podlaží se nacházejí hromadné garáže s celkovou kapacitou 31 parkovacích stání, z toho šest je určeno pro osoby s omezenou schopností pohybu. Dále jsou zde umístěny technické místnosti, sklad a strojovna výtahu.

V prvním nadzemním podlaží se nachází zádveří, recepce, komunikační prostor s evakuačním výtahem a schodištěm. Dále je zde zázemí pro klienty i zaměstnance, kanceláře, sklad a posilovna s vlastním hygienickým zázemím. Posilovna je rozdělena do pěti funkčních zón:

- Bezbariérová zóna – určena pro osoby se zdravotním znevýhodněním a pacienty po úrazech či autonehodách.
- CrossFit zóna
- Kardio zóna
- Zóna s posilovacími stroji
- Venkovní zóna

Druhé nadzemní podlaží zahrnuje hygienické zázemí a kanceláře. Střecha objektu je navržena jako plochá vegetační. Objekt splňuje požadavky na bezbariérové užívání staveb dle platné legislativy.

3. Konstrukční řešení

Objekt je navržen jako železobetonový skeletový systém s monolitickými stropními deskami a vyzdívanými výplňovými stěnami. Maximální osově rozpětí sloupů činí 7,5 × 6,65 m. Nosné sloupky jsou navrženy v průřezu 500 × 300 mm.

Z důvodu eliminace tepelných mostů mezi nevytápěnými podzemními garážemi a vytápěnými nadzemními podlažími jsou v konstrukci využity prvky přerušení tepelného mostu. V hlavách sloupů jsou osazeny prvky Schöck Sconnex typ P. U ztužujících stěn jsou navrženy prvky Schöck Sconnex typ M. Ztužení objektu dále zajišťují železobetonové stěny a ztužující věnce o rozměru 750 × 300 mm.

Celková výška objektu činí 9,1 m.

Objekt je založen plošně na monolitické železobetonové základové desce o tloušťce 500 mm. Spodní stavba je řešena technologií bílé vany (vodonepropustný beton). Konstrukce je z exteriéru opatřena tepelnou izolací z extrudovaného polystyrenu (XPS) o tloušťce 160 mm do hloubky 1250 mm pod terén.

Specifikace provedení bílé vany:

- Stupeň těsnosti: Konstrukce je navržena pro třídu těsnosti 2 (dle TP ČBS 02) – pro podzemní parkoviště a technické zázemí je přípustná pouze vlhkostní mapa, nikoliv průsaky vody.
- Materiál: Betonová směs je navržena jako vodonepropustná (průsak tlakovou vodou max. 50 mm dle ČSN EN 12390-8) s omezeným smršťováním.
- Pracovní spáry: Těsnění je provedeno pomocí bentonitových bobtnavých pásků osazených do středu spáry.
- Pojistný systém: Do pracovních spár (styk deska–stěna) jsou osazeny injektážní hadičky pro možnost dodatečného dotěsnění.
- Prostupy: Všechny prostupy instalací a potrubí jsou opatřeny bentonitovými páskami nebo systémovými těsnicími manžetami.
- Otvory po bednění: Distanční otvory po spínacích tyčích budou uzavřeny betonovými zátkami vlepenými vodotěsným dvousložkovým lepidlem.

Stropní konstrukce jsou řešeny jako monolitické železobetonové desky o tloušťce 250 mm. Střešní konstrukce je rovněž tvořena monolitickou ŽB deskou o tloušťce 250 mm. Schodiště je navrženo jako železobetonové monolitické. Pro zamezení přenosu kročejového hluku je schodišťové rameno akusticky oddilatoáno od okolních konstrukcí pomocí prvků Schöck Tronsole (typy L, M, T). Výtahová šachta je od objektu oddilatoána pomocí minerální vaty tloušťky 20 mm.

Obvodový plášť tvoří výplňové zdivo z cihel Porotherm 30 s $R_w = 46 \text{ dB}$, $\lambda = 0,175 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$), které je zatepleno minerální vatou o tloušťce 200 mm. Fasáda je řešena jako provětrávaná s opláštěním z nehořlavých cementotřískových desek v kombinaci se systémem ETICS.

4. Účel posouzení

Účelem posouzení je ověřit, zda objekt splňuje požadavky na akustiku dle ČSN 73 0532: 2021, Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky, Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. - Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

5. Podklady pro zpracování

- Studie navrhovaného objektu
- Okrajové podmínky vnitřní a vnější
- Klimatické podmínky v dané lokalitě
- Technické listy výrobců

6. Použité právní předpisy a normy

- ČSN 73 0532: 2021, Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. - Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- Nařízení vlády č. 433/2022 Sb. - Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů
- ČSN 73 0527 :2023 - Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní akustiky – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely

7. Urbanistická akustika

7.1. Požadavky

7.1.1. Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Korekce v dB
Nemocniční pokoje	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-15
Lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5
Obytné místnosti	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0^{*)}
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-10^{*)}
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	po dobu používání	+5

Hygienické limity hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru. [3]

(1) „Určujícím ukazatelem hluku, s výjimkou vysokoenergetického impulsního hluku, je ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ a odpovídající hladiny v kmitočtových pásmech. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a drahách a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoví pro celou denní ($L_{Aeq,16h}$) a celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$). “ [3]

(2) „Určujícím ukazatelem vysokoenergetického impulsního hluku je ekvivalentní hladina akustického tlaku $C_{L_{Ceq,T}}$ a současně průměrná hladina expozice zvuku $C_{L_{CE}}$ jednotlivých impulsů. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ($L_{Ceq,8h}$), v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu ($L_{Ceq,1h}$). “ [3]

(3) „Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A , s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní

hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ **50 dB** a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době, které jsou uvedeny v tabulce č. 1 části A přílohy č. 3 k tomuto nařízení.“ [3]

Druh chráněného prostoru	Korekce [dB]		
	1)	2)	3)
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	-5	+5	+13
Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	0	+5	+13
Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	0	+10	+18

„Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce -10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních a tramvajových dráhách, kde se použije korekce -5 dB.“ [2]

1) „Použije se pro hluk z provozu stacionárních zdrojů. Pro seřadovací nádraží, která byla uvedena do provozu přede dnem 1. listopadu 2011, se přičítá pro noční dobu další korekce +5 dB.“ [2]

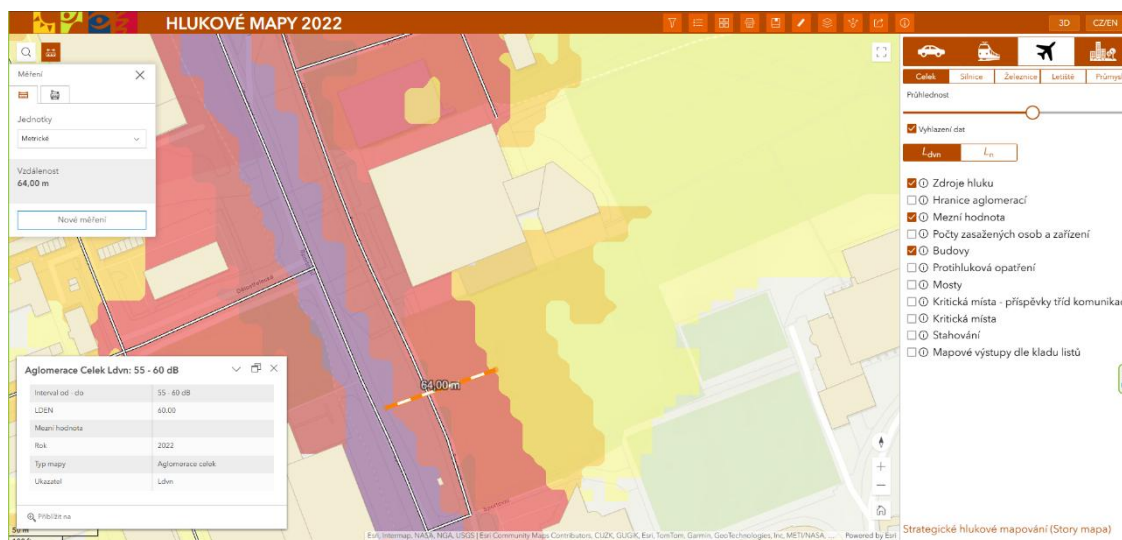
2) „Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách, které byly umístěny a povoleny rozhodnutím nebo opatřením podle jiného právního předpisu po 31. prosinci 2000.“ [2]

3) „Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách, které byly umístěny a povoleny rozhodnutím nebo opatřením podle jiného právního předpisu před 1. lednem 2001. Dále se použije pro hluk z dopravy, jde-li o činnost podle § 2 písm. p) nebo q) na těchto pozemních komunikacích a dráhách prováděnou po 1. lednu 2001.“ [2]

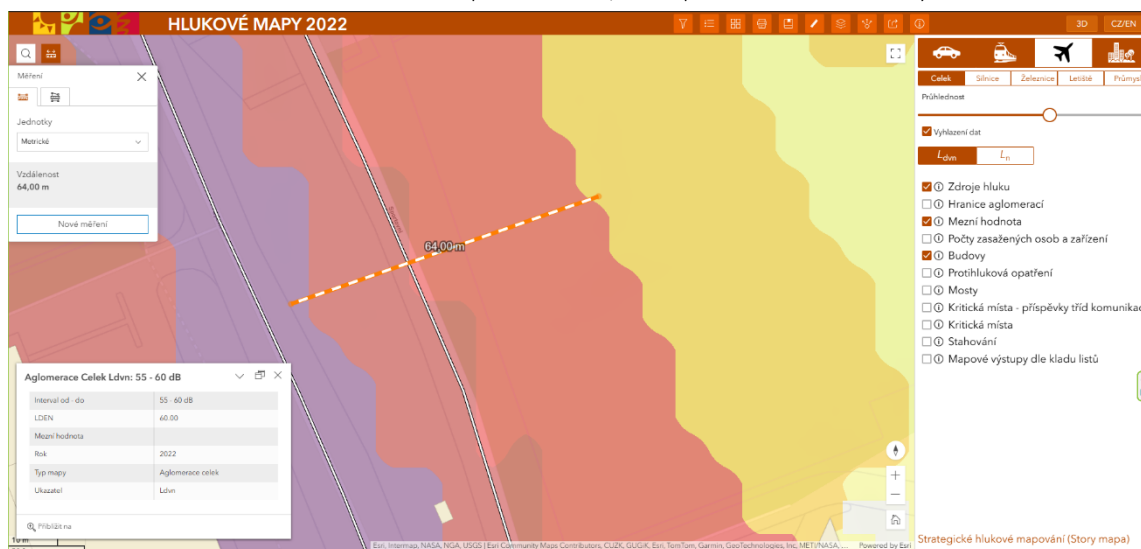
7.2. Posouzení objektu

V našem případě se jedná o komunikaci III. třídy, která vznikla před 1. lednem 2001.

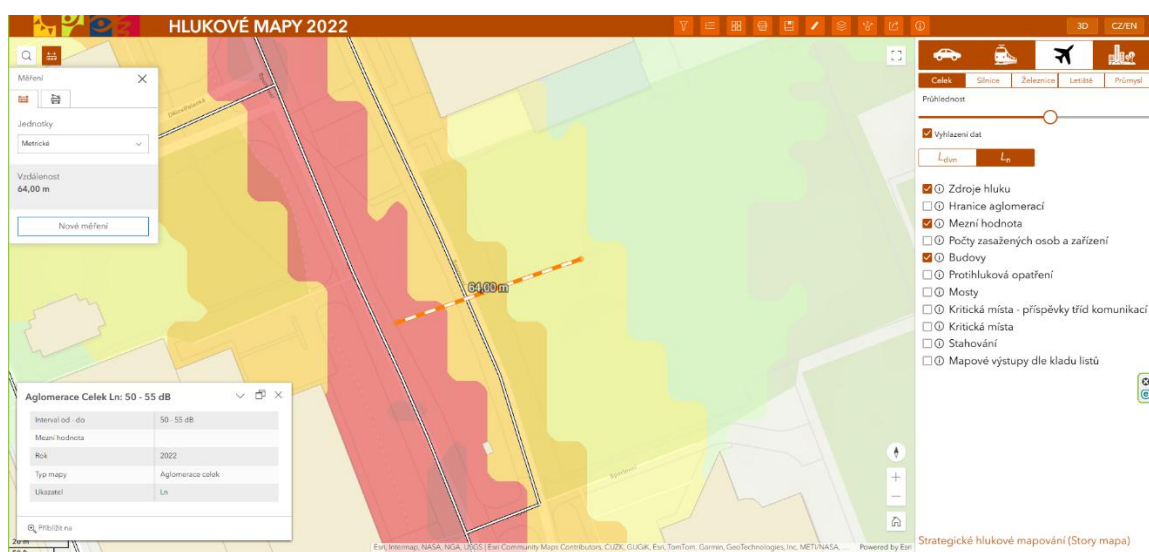
Požadavky $L_{Aeq,T}$ pro den:	Požadavky $L_{Aeq,T}$ pro noc:
$L_{Aeq,T} = 50 \text{ dB} + 18 \text{ dB} = \mathbf{68 \text{ dB}}$	$L_{Aeq,T} = 50 \text{ dB} - 10 \text{ dB} + 18 \text{ dB} = \mathbf{58 \text{ dB}}$



Obrázek 1 – Hluková mapa města Brna, ulice Sportovní – denní hodnoty



Obrázek 2 – Hluková mapa města Brna, ulice Sportovní – denní hodnoty



Obrázek 3 – Hluková mapa města Brna, ulice Sportovní – noční hodnoty

7.2.1. Posouzení

Kritický bod:

Den			
Číslo bodu	Naměřená hodnota	Normová hodnota	Vyhodnocení
1	60 dB	68 dB	VYHOVUJE

Noc			
Číslo bodu	Naměřená hodnota	Normová hodnota	Vyhodnocení
1	55 dB	58 dB	VYHOVUJE

7.3.Závěr

Realizovaný objekt je v souladu s hygienickými požadavky podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. a Nařízení vlády č. 433/2022 Sb., tudíž je **možné sportovní centrum** na dané parcele realizovat.

8. Vzduchová a kročejová neprůzvučnost

8.1.Požadavky

Tabulka 5 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v administrativních a víceúčelových budovách, úřadech a firmách

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w, L'_{nT,w}}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	R_w dB
Administrativní a víceúčelové budovy, úřady a firmy – kanceláře a pracovní, relaxační místnosti					
1	Kanceláře a pracovní s běžnou administrativní činností, chodby, pomocné provozní prostory	≥ 52	≤ 58	≥ 37	≥ 27 ^a
2	Kanceláře a pracovní se zvýšenými nároky, pracovní vedoucích pracovníků ^b	≥ 52	≤ 58	≥ 42	≥ 27 ^a
3	Kanceláře a pracovní pro důvěrná jednání nebo jiné činnosti vyžadující vysokou ochranu před hlukem ^b	≥ 52	≤ 58	≥ 50	≥ 35 ^a
^a Platí pro vstupní dveře do chráněného prostoru. Požadavek neplatí pro velkoprostorové kanceláře (open-office), kde je ochrana před hlukem řešena jiným způsobem.					
^b Požadavky platí rovněž mezi pracovními a přílehlými chodbami nebo jinými provozními prostory.					

8.2. Vzduchová neprůzvučnost stěn

8.2.1. Vztahy

$$R'_w = R_w - k \text{ [dB]}$$

R'_w : vážená stavební neprůzvučnost [dB]

R_w : vážená laboratorní vzduchová neprůzvučnost [dB]

k : je korekce, závislá na vedlejších cestách šíření zvuku [dB]

$k_1 = 3$ pro zdící tvarovky Porotherm

$k_3 = 2$ pro železobetonové konstrukce

$$R'_w \geq R'_{w,normativní} \text{ [dB]}$$

R'_w : vážená stavební neprůzvučnost

$R'_{w,normativní}$: vzduchová neprůzvučnost normová

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\left[\frac{0,111}{d} * \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right]} \text{ [Hz]}$$

d šířka dutiny, [m];

m'_1 plošná hmot. základního stavebního prvku, [kg·m⁻²];

m'_2 plošná hmotnost přídavné vrstvy, [kg·m⁻²].

8.3. Posouzení stěny mezi kanceláři

8.3.1. Výpočet, posouzení

1. Porotherm 19 AKU Z tloušťky 190 mm+ vápenocementová omítka tloušťky 18 mm

2. skupina – Kanceláře a pracovny se zvýšenými nároky,

$R_w = 50$ dB

$k_1 = 6$ mm

$$R'_w = R_w - k \text{ [dB]}$$

$$R'_w = 50 - 6 \text{ [dB]}$$

$$R'_w = 44 \text{ [dB]}$$

$$R'_w \geq R'_{w,normativní} \text{ [dB]}$$

$$44 \geq 42 \text{ [dB]}, \text{ VYHOVUJE}$$

2. Železobetonová stěna tloušťky 300 mm + vápenocementová omítka tloušťky 13 mm

$$\begin{aligned}R_w &= \left[37,5 * \log \left(\frac{m'}{m_0} \right) \right] - 42 \text{ [dB]} \\R_w &= \left[37,5 * \log \left(\frac{2500 * 0,3}{1} \right) \right] - 42 \text{ [dB]} \\R_w &= \left[37,5 * \log \left(\frac{750}{1} \right) \right] - 42 \text{ [dB]} \\R_w &= 65,81 \text{ [dB]} \\R'_w &= R_w - k \text{ [dB]} \\R'_w &= 66 - 2 \text{ [dB]} \\R'_w &= 64 \text{ [dB]} \\R'_w &\geq R'_{w,normativní} \text{ [dB]} \\64 &\geq 42 \text{ [dB]}, \text{ VYHOVUJE}\end{aligned}$$

m' plošná hmotnost konstrukce

m_0 referenční plošná hmotnost konstrukce, $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

3. Porothersm 14 + předstěna 50 mm vyplněna minerální izolací

3. skupina – Kanceláře pro důvěrná jednání

$R_w = 45 \text{ dB}$

$k_1 = 6 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}R'_w &= R_w - k \text{ [dB]} \\R'_w &= 45 - 6 \text{ [dB]} \\R'_w &= 39 \text{ [dB]} \\R'_w &\geq R'_{w,normativní} \text{ [dB]} \\39 &\geq 50 \text{ [dB]}, \text{ NEVYHOVUJE}\end{aligned}$$

Návrh předstěny 50 mm + SDK

$m'_1 = 130 \text{ kg/m}^2$ Porotherm 140

$m'_2 = 12 \text{ kg/m}^2$ SDK Modrá akustická deska Activ'Air®

$$\begin{aligned}f_0 &= \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\left[\frac{0,111}{d} * \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right) \right]} \text{ [Hz]} \\f_0 &= \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\left[\frac{0,111}{0,05} * \left(\frac{1}{130} + \frac{1}{12} \right) \right]} \text{ [Hz]}\end{aligned}$$

$$f_0 = 71,5 \text{ Hz}$$

$$30 \leq f_0 \leq 160$$

$$\Delta R_W = 74,4 - 20 \log(f_0) - \frac{R_W}{2}$$

$$\Delta R_W = 74,4 - 20 \log(71,5) - \frac{35}{2}$$

$$\Delta R_W = 19,81$$

$$R'_w = R_W - k + \Delta R_W$$

$$R'_w = 45 - 6 + 19,81$$

$$R'_w = 58,51$$

$$R'_w \geq R'_{w,normativní} [dB]$$

$$59 \geq 50 [dB], \text{ VYHOVUJE}$$

8.3.2. Vyhodnocení

Konstrukce **vyhoví** normovým požadavkům na vzduchovou neprůzvučnost.

8.3.3. Posouzení dveří:

Pro kanceláře typu 2.:

- Dveře s vzduchovou neprůzvučností $\geq 27 [dB]$

Pro kanceláře typu 2.:

- Dveře s vzduchovou neprůzvučností $\geq 35 [dB]$

8.4. Vzduchová neprůzvučnost stropů

8.4.1. Vztahy

$$R'_w = R_w - k + \Delta R_w [dB]$$

R'_w : vážená stavební neprůzvučnost [dB]

R_w : vážená laboratorní vzduchová neprůzvučnost [dB]

k : je korekce, závislá na vedlejších cestách šíření zvuku [dB]

ΔR_w : vážená přídatná vzduchová neprůzvučnost [dB]

$k_1 = 3$ pro zdící tvarovky Porotherm

$k_3 = 2$ pro železobetonové konstrukce

$$R_w = \left[37,5 * \log\left(\frac{m'_1}{m'_2}\right) \right] - 42 [dB]$$

R_w : vážená laboratorní vzduchová neprůzvučnost [dB]
 m'_1 : plošná hmotnost základního stavebního prvku [kg/m²]
 m'_2 : referenční plošná hmotnost konstrukce 1 kg/m²

$$f_0 = 160 * \sqrt{\left[s' * \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2}\right]} \text{ [Hz]}$$

f_0 : rezonanční kmitočet [Hz]
 m'_1 : plošná hmotnost základního stavebního prvku [kg/m²]
 m'_2 : plošná hmotnost přídavné vrstvy [kg/m²]
 s' : dynamická tuhost izolační vrstvy [MN/m³]

$$R'_w \geq R'_{w,normativní} \text{ [dB]}$$

R'_w : vážená stavební neprůzvučnost
 $R'_{w,normativní}$: vzduchová neprůzvučnost normová

8.4.2. Výpočet, posouzení

Železobetonová monolitická deska tloušťky 250 mm

$k = 2 \text{ dB}$

$m'_1 = 2500 * 0,25 = 625 \text{ kg/m}^2$ (Železobetonová stropní deska)

$m'_2 = 2100 * 0,054 = 113,4 \text{ kg/m}^2$ (Cementový potěr)

$s' = 10 \text{ MN/m}^3$ (Isover EPS RigiFloor 4000)

$$R_W = \left[37,5 * \log\left(\frac{625}{1}\right) \right] - 42 = 63 \text{ [dB]}$$

$$f_0 = 160 * \sqrt{\left[15 * \left(\frac{1}{625} + \frac{1}{113} \right) \right]} = 63,35 \text{ [Hz]}$$

$$\Delta R_W = 74,4 - 20 \log(f_0) - \frac{R_W}{2}$$

$$\Delta R_W = 74,4 - 20 \log(63,35) - \frac{63}{2} = 6,86 \text{ [dB]}$$

$$R'_w = R_W - k + \Delta R_W$$

$$R'_w = 63 - 2 + 6,86 = 67,86 \text{ [dB]}$$

$$R'_w \geq R'_{w,normativní} \text{ [dB]}$$

$$68 \geq 52 \text{ [dB]}, \text{ VYHOVUJE}$$

8.4.3. Vyhodnocení

Konstrukce **vyhoví** normovým požadavkům na vzduchovou neprůzvučnost.

8.5. Kročejová neprůzvučnost

8.5.1. Vztahy

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} + k - \Delta L_{n,w} [dB]$$

$L_{n,w,eq}$ – vážená kročejová neprůzvučnost pro železobetonové konstrukce
 k : je korekce, závislá na vedlejších cestách šíření zvuku [dB]

$$\Delta L_{n,w} = [(13 * \log(m'_2)) - (14,2 * \log(s'))] + 20,8$$

m'_2 : plošná hmotnost přídavné vrstvy [kg/m^2]
 s' : dynamická tuhost izolační vrstvy [MN/m^3]

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 * \log\left(\frac{m'_1}{m'_0}\right) [dB]$$

$L_{n,w,eq}$ – vážená kročejová neprůzvučnost pro železobetonové konstrukce
 m'_1 : plošná hmotnost základního stavebního prvku [kg/m^2]
 m'_0 : referenční plošná hmotnost konstrukce 1 kg/m^2

$$L'_{n,w,norm.} \geq L'_{n,w}$$

$L'_{n,w}$ – vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku
 $L'_{n,w,norm.}$ – vážená normalizovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku

8.5.1. Výpočet, posouzení

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 * \log\left(\frac{625}{1}\right) = 66 [dB]$$

$$\Delta L_{n,w} = [(13 * \log(113,4)) - (14,2 * \log(15))] + 20,8 = 30,8 [dB]$$

$$L'_{n,w} = 66 + 2 - 31 = 37 [dB]$$

$$58 \geq 37 [dB], \text{ VYHOVUJE}$$

8.5.1. Vyhodnocení

Konstrukce **vyhoví** normovým požadavkům na kročejovou neprůzvučnost.

9. Posouzení prostorové akustiky

9.1. Důvod posouzení

Z hlediska prostorové akustiky byly posouzeny prostory č. 115 – Zázemí pro klienty a č. 111 – Posilovna. Tyto místnosti kladou zvýšené nároky na akustické parametry vnitřního prostředí.

Výpočet byl proveden v souladu s aktuálním zněním normy ČSN 73 0527:2023. Návrh akustických opatření směřuje k optimalizaci doby dozvuku, což povede ke zvýšení srozumitelnosti mluveného slova a snížení hladiny hluku v prostoru.

9.2. Vztahy

9.2.1. Činitel zvukové pohltivosti α [–]

Činitel zvukové pohltivosti vyjadřuje schopnost plochy pohlcovat dopadající zvukovou energii. Hodnota tohoto činitele se pohybuje v rozmezí 0–1, kde:

- 0 – všechnen dopadající zvuk by se odrazil
- 1 – všechnen dopadající zvuk by se pohltil

9.2.2. Pohltivost

$$A = \alpha \cdot S$$

kde:

S je plocha určitého povrchu

α je činitel pohltivosti tohoto povrchu

9.2.3. Doba dozvuku podle Wallace Clement Sabine

$$T = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{A} \right)$$

kde:

V je objem vyšetřované místnosti, [m³];

A je celková pohltivost vyšetřované místnosti, [m²].

Vztah dle Sabina lze použít pro místnosti o objemu $V \leq 2000 \text{ m}^3$ a středním činiteli zvukové pohltivosti $\alpha_{stř} \leq 0,2$. Střední činitel zvukové pohltivosti $\alpha_{stř}$ [–] je definován vztahem $\alpha_{stř} = \frac{A}{S}$, kde S [m²] je celková plocha povrchů uzavřeného prostoru.

9.2.4. Doba dozvuku podle Eyringa

Se používá pro prostory:

$$0,2 \leq \alpha_{stř} \leq 0,8$$
$$T = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{A \cdot \alpha_E} \right)$$

kde:

V je objem vyšetřované místnosti, [m³];

S je celková plocha povrchů místnosti, [m²];

α_E je Eyringův činitel zvukové pohltivosti, [-].

9.2.5. Doba dozvuku podle Millingtona

Použití pro prostory:

$$\alpha_{stř} \geq 0,8$$
$$V \geq 2000 \text{ m}^3$$
$$T = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{S \cdot \alpha_E + 4mV} \right)$$

kde:

m je činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu, [m⁻¹], který je závislý na relativní vlhkosti vzduchu φ_I [%] a na teplotě vzduchu θ_I [°C]

9.2.6. Optimální doba dozvuku

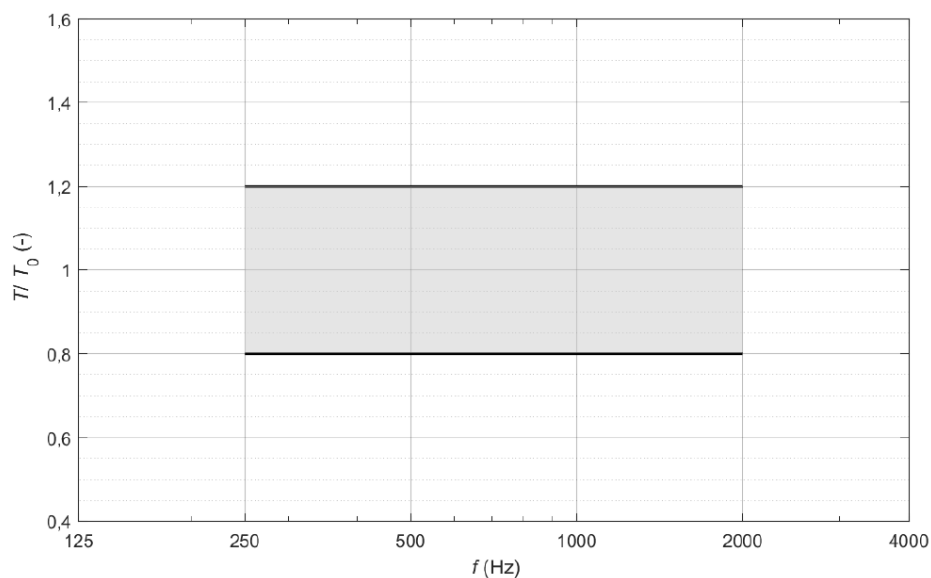
Pro sportovní haly s $V = 500\text{--}3000 \text{ m}^3$

$$T_{opt} = (0,3961 \cdot \log V) + 0,023$$

Pro víceúčelové sály

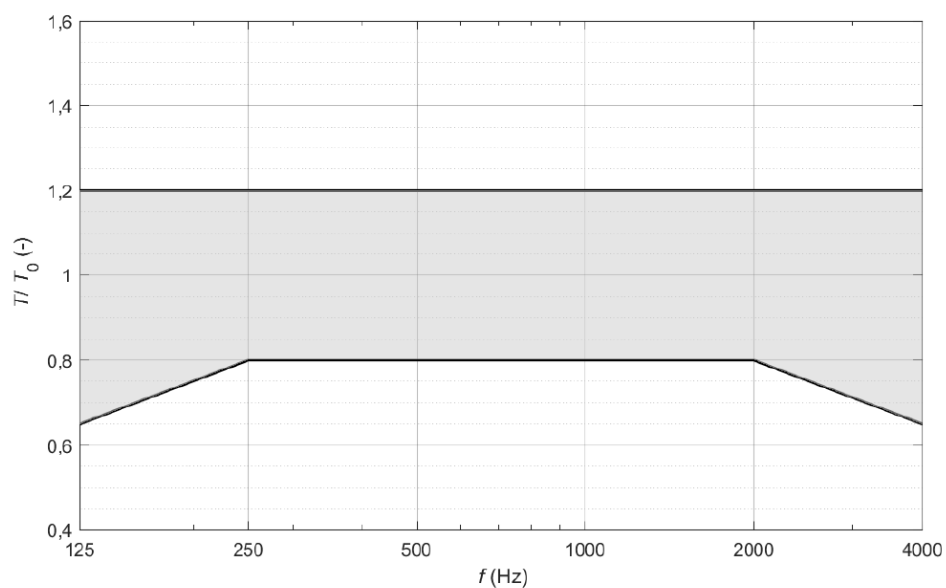
$$T_{opt} = (0,3582 \cdot \log V) - 0,061$$

9.2.7. Přípustné rozmezí poměru dozvuku T/T_0 pro sportovní haly



Obrázek A.7 – Přípustné zúžené toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

9.2.8. Přípustné rozmezí poměru dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru k přednesu řeči

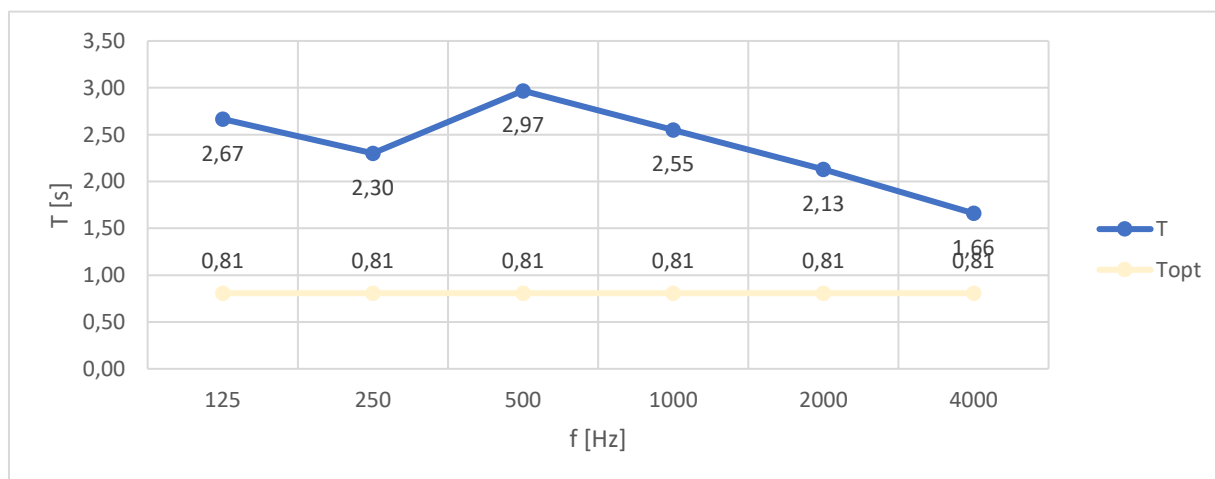


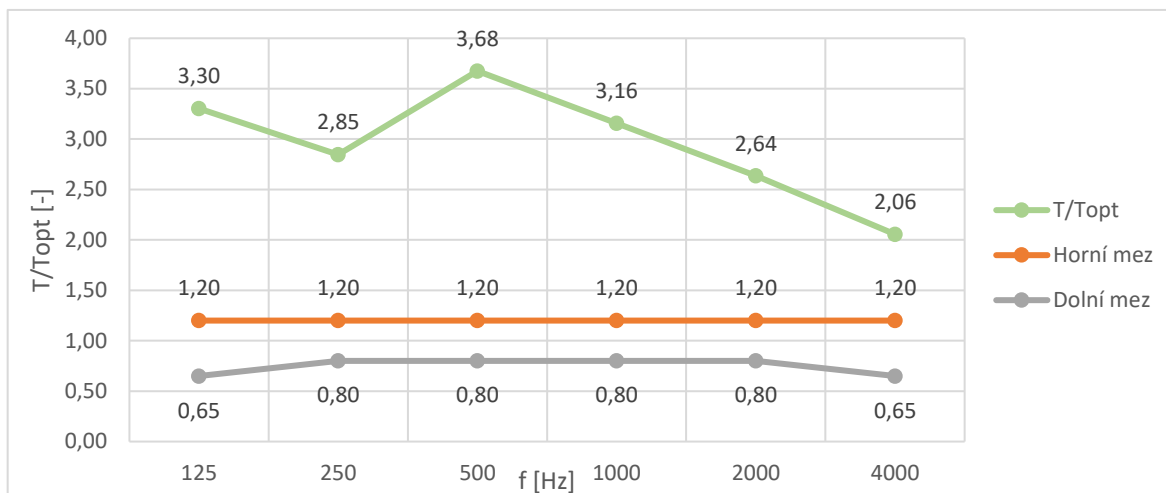
Obrázek A.5 – Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma.

9.3. Posouzení

9.3.1. Původní stav – zázemí pro klienty

Místnost číslo: 117 - Zázemí pro klienty - STÁVAJÍCÍ STAV				S [m ²]		v [m]		V [m ³]	
				84,5		3,15		266,18	
Povrchová úprava	Plocha [m ²]	α [-]	Frekvence [Hz]						
		A [m ²]	125	250	500	1000	2000	4000	
Stěny									
1) Omítka	70,79	α	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	
		A	0,71	0,71	0,71	1,42	1,42	2,12	
2) Okenní výplně	21,11	α	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	
		A	2,53	1,69	1,06	0,84	0,63	0,42	
4) Dveře	6,70	α	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	
		A	0,94	0,67	0,54	0,54	0,54	0,54	
Strop									
1) SDK (světlešedý)	84,5	α	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03	
		A	9,30	10,99	4,23	1,69	1,69	2,54	
Podlaha									
1) Keramická podlaha	84,5	α	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	
		A	1,69	2,54	3,38	4,23	4,23	5,07	
Další									
1) Obsazení osobami	počet osob	A _{1 osoba}	0,05	0,10	0,20	0,35	0,50	0,65	
	24	A _{24 osob}	1,20	2,40	4,80	8,40	12,00	15,60	
ΣS; ΣA	267,60	[m ²];[m ²]	16,36	18,99	14,70	17,11	20,50	26,29	
$\alpha_{stř} = \frac{A}{S}$		[-]	0,06	0,07	0,05	0,06	0,08	0,10	
$T_s = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{A}\right)$		[s]	2,67	2,30	2,97	2,55	2,13	1,66	
$T_{opt} = (0,3582 \cdot \log V) - 0,061$		[s]	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	
T/T _{opt}		[-]	3,30	2,85	3,68	3,16	2,64	2,06	
Horní mez		[-]	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
Dolní mez		[-]	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	



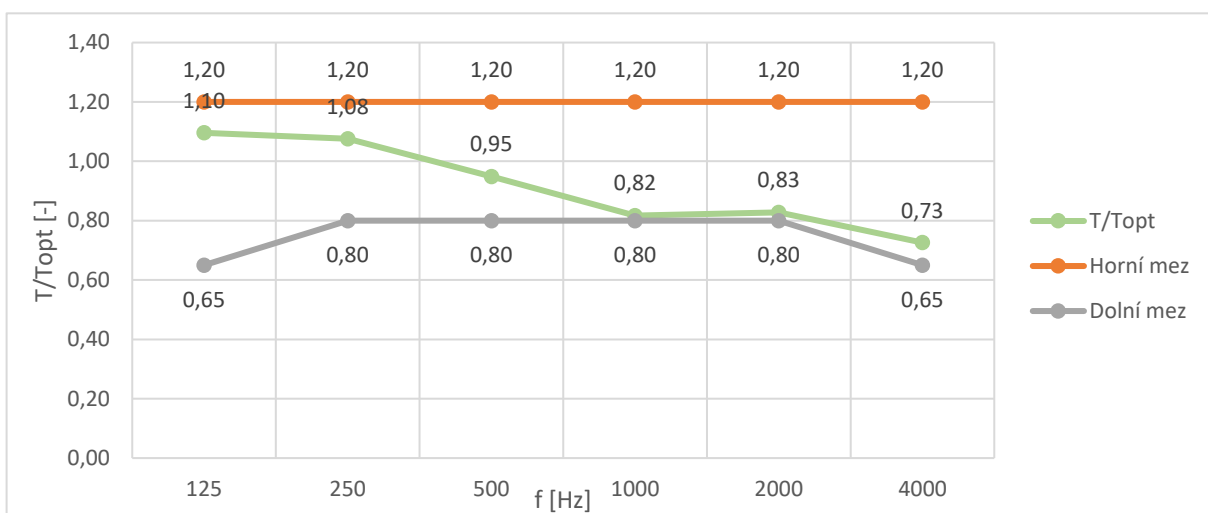
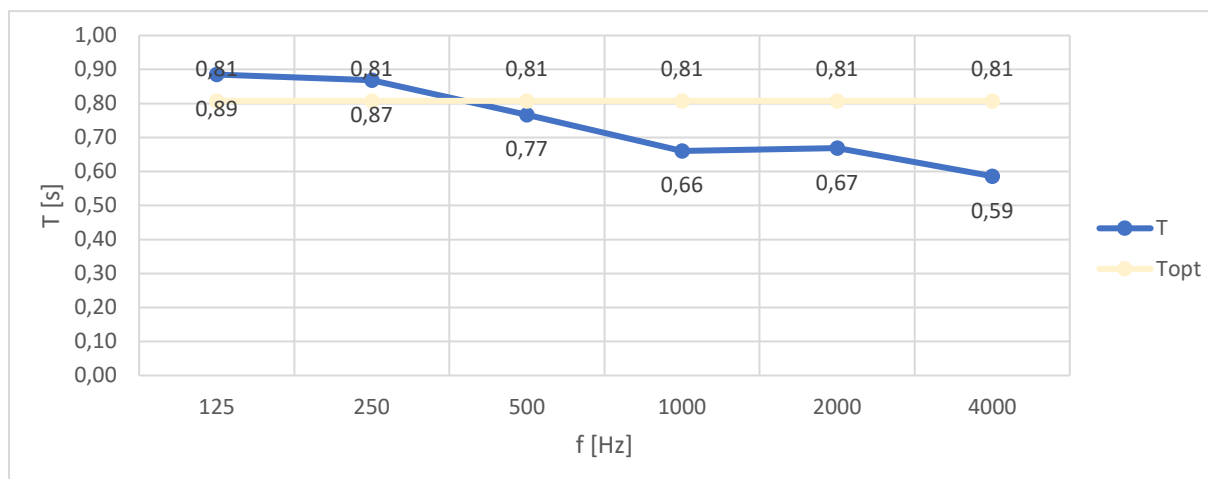


9.3.2. Vyhodnocení

Vzhledem k tomu, že prostor **nesplňuje** požadavky normy ČSN 73 0527, je nutné navrhnout akustická opatření.

9.3.3. Nový stav – zázemí pro klienty

Místnost číslo: 117 - Zázemí pro klienty - NOVÝ STAV				S [m ²]	v [m]	V [m ³]		
				84,5	3,15	266,18		
Povrchová úprava	Plocha [m ²]	α [-]	Frekvence [Hz]					
		A [m ²]	125	250	500	1000	2000	4000
Stěny								
1) Omítka	70,79	α	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
		A	0,71	0,71	0,71	1,42	1,42	2,12
2) Okenní výplně	21,11	α	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
		A	2,53	1,69	1,06	0,84	0,63	0,42
4) Dveře	6,70	α	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
		A	0,94	0,67	0,54	0,54	0,54	0,54
Strop								
1) Rigitone R 6/18 Activ'Air®	84,5	α	0,50	0,50	0,55	0,60	0,55	0,60
		A	42,25	42,25	46,48	50,70	46,48	50,70
Podlaha								
1) Keramická podlaha	84,5	α	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
		A	1,69	2,54	3,38	4,23	4,23	5,07
Další								
1) Obsazení osobami	počet osob	A _{1 osoba}	0,05	0,10	0,20	0,35	0,50	0,65
	24	A _{24 osob}	1,20	2,40	4,80	8,40	12,00	15,60
ΣS; ΣA	267,60	[m ²];[m ²]	49,32	50,25	56,95	66,12	65,28	74,45
$\alpha_{stř} = \frac{A}{S}$		[-]	0,18	0,19	0,21	0,25	0,24	0,28
$T_s = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{A}\right)$		[s]	0,89	0,87	0,77	0,66	0,67	0,59
$T_{opt} = (0,3582 \cdot \log V) - 0,061$		[s]	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
T/T _{opt}		[-]	1,10	1,08	0,95	0,82	0,83	0,73
Horní mez		[-]	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Dolní mez		[-]	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65

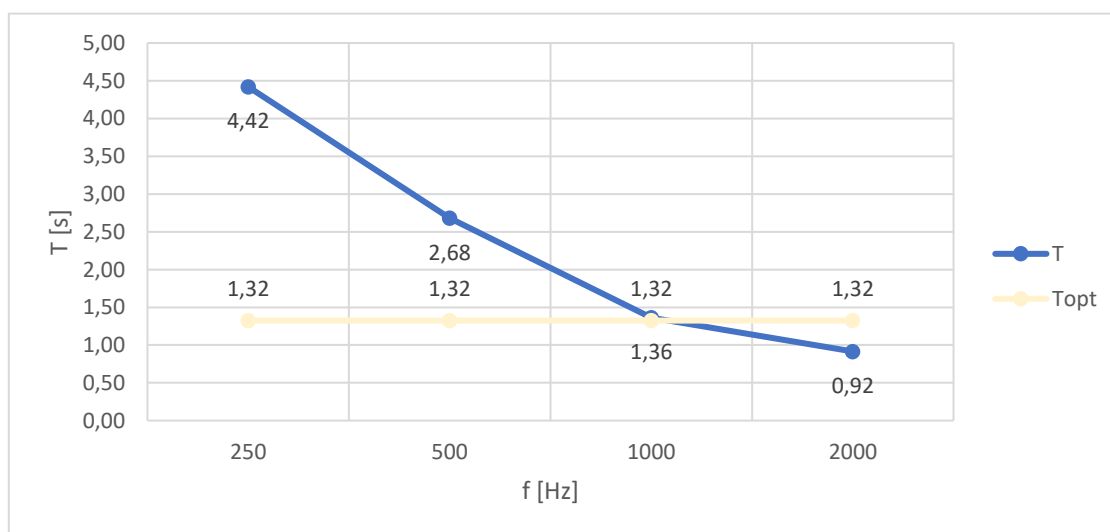


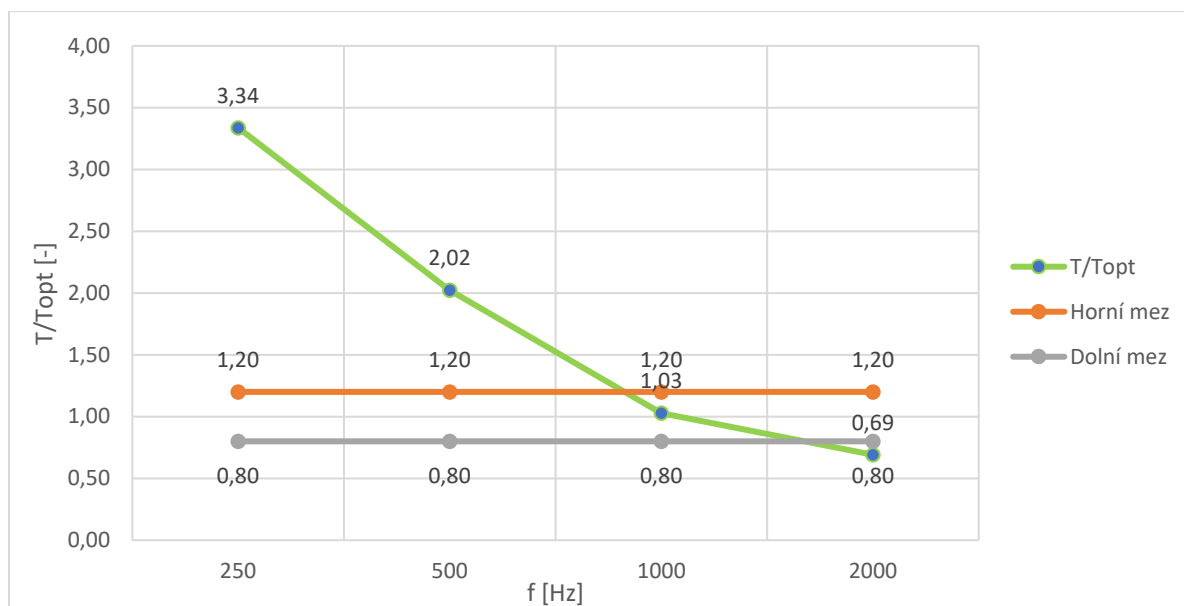
9.3.4. Vyhodnocení

V prostoru zázemí pro klienty byl navržen podhled Rigistone R 6/18 Activ'Air, doplněný o minerální vatu tloušťky 40 mm. Plocha podhledu činí 84,5 m². Nově navržený stav **vyhovuje** požadavkům normy ČSN 73 0527.

9.3.5. Původní stav – posilovna

Místnost číslo: 111 - Posilovna - STÁVAJÍCÍ STAV				S [m ²]	v [m]	V [m ³]
				528,13	3,65	1927,7
Povrchová úprava	Plocha [m ²]	α [-]	Frekvence [Hz]			
		A [m ²]	250	500	1000	2000
Stěny						
1) Železobeton	301,36	α	0,01	0,01	0,02	0,02
		A	3,01	3,01	6,03	6,03
2) Okenní výplně	109,62	α	0,08	0,05	0,04	0,03
		A	8,77	5,48	4,38	3,29
4) Dveře	5,12	α	0,10	0,08	0,08	0,08
		A	0,51	0,41	0,41	0,41
Strop						
1) ŽB	528,13	α	0,01	0,01	0,02	0,02
		A	5,28	5,28	10,56	10,56
Podlaha						
1) Gumová podložka	528,13	α	0,08	0,15	0,30	0,45
		A	42,25	79,22	158,44	237,66
Další						
1) Obsazení osobami	počet osob	A _{1 osoba}	0,10	0,20	0,35	0,50
	100	A _{100 osob}	10,00	20,00	35,00	50,00
ΣS; ΣA	1472,4	[m ²];[m ²]	69,83	113,41	214,82	307,95
$\alpha_{stř} = \frac{A}{S}$		[-]	0,05	0,08	0,15	0,21
$\alpha_E = -\ln(1 - \alpha_{stř})$		[-]	0,05	0,08	0,16	0,23
$T_s = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{S \cdot \alpha_E}\right)$		[s]	4,42	2,68	1,36	0,92
$T_{opt} = (0,3961 \cdot \log V) + 0,023$		[s]	1,32	1,32	1,32	1,32
T/T _{opt}		[-]	3,34	2,02	1,03	0,69
Horní mez		[-]	1,20	1,20	1,20	1,20
Dolní mez		[-]	0,80	0,80	0,80	0,80



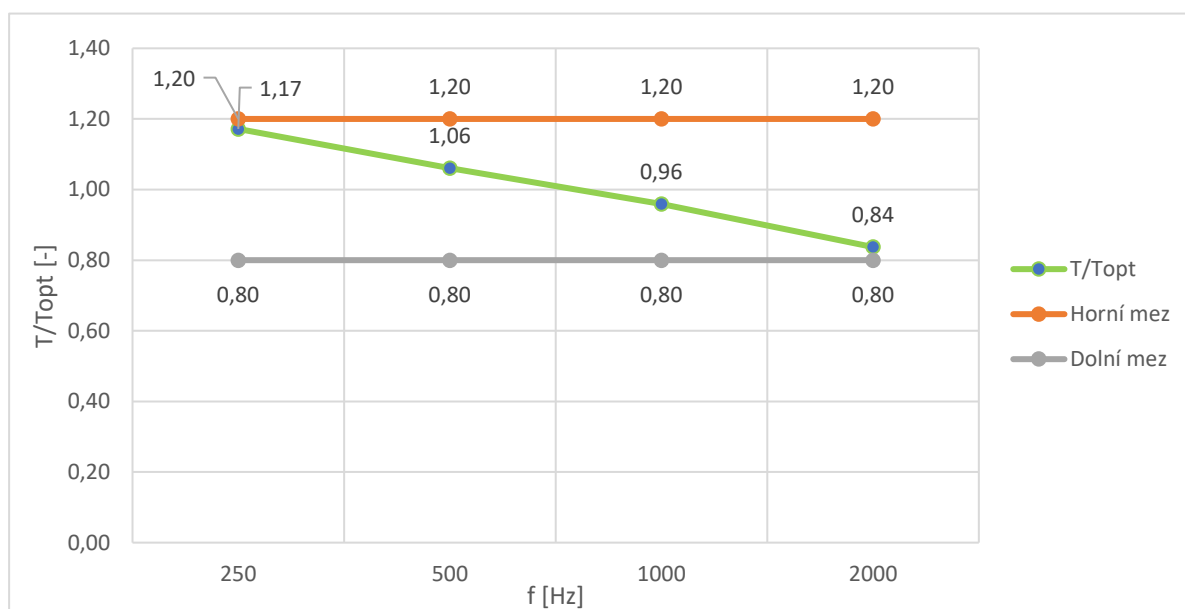
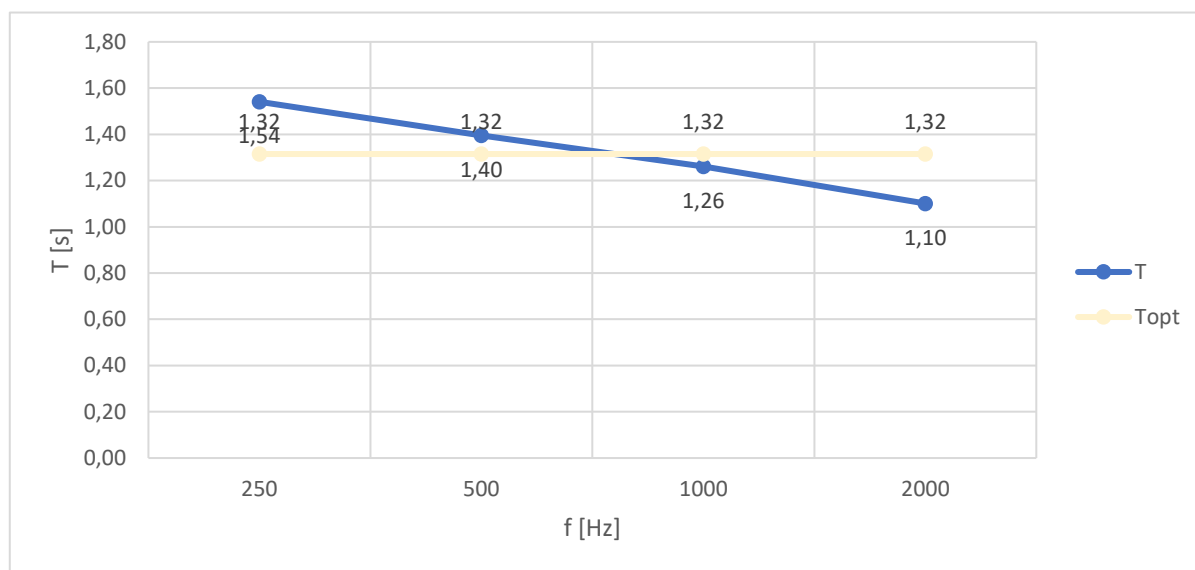


9.3.6. Vyhodnocení

Vzhledem k tomu, že prostor **nesplňuje** požadavky normy ČSN 73 0527, je nutné navrhnout akustická opatření

9.3.7. Nový stav – posilovna

Místnost číslo: 111 - Posilovna - NOVÝ STAV			S [m ²]	v [m]	V [m ³]	
			528,13	3,65	1827,7	
Povrchová úprava	Plocha [m ²]	α [-]	Frekvence [Hz]			
		A [m ²]	250	500	1000	2000
Stěny						
1) Železobeton	301,36	α	0,01	0,01	0,02	0,02
		A	3,01	3,01	6,03	6,03
2) Okenní výplně	109,62	α	0,08	0,05	0,04	0,03
		A	8,77	5,48	4,38	3,29
4) Dveře	5,12	α	0,10	0,08	0,08	0,08
		A	0,51	0,41	0,41	0,41
Strop						
Rigitone R 8-15-20 Activ'Air	200	α	0,70	0,65	0,40	0,25
		A	140,00	130,00	80,00	50,00
1) ŽB	328,13	α	0,01	0,01	0,02	0,02
		A	3,28	3,28	6,56	6,56
Podlaha						
Vinyl	200	α	0,01	0,01	0,02	0,02
		A	2,00	2,00	4,00	4,00
1) Gumová podložka	328,13	α	0,08	0,15	0,30	0,45
		A	26,25	49,22	98,44	147,66
Další						
1) Obsazení osobami	počet osob	A _{1 osoba}	0,10	0,20	0,35	0,50
	100	A _{100 osob}	10,00	20,00	35,00	50,00
ΣS; ΣA	1472,4	[m ²];[m ²]	193,83	213,41	234,82	267,95
$\alpha_{stř} = \frac{A}{S}$		[-]	0,13	0,14	0,16	0,18
$T_s = 0,164 \cdot \left(\frac{V}{A}\right)$		[s]	1,55	1,40	1,28	1,12
$T_{opt} = (0,3961 \cdot \log V) + 0,023$		[s]	1,32	1,32	1,32	1,32
T/T _{opt}		[-]	1,18	1,07	0,97	0,85
Horní mez		[-]	1,20	1,20	1,20	1,20
Dolní mez		[-]	0,80	0,80	0,80	0,80



V prostoru posilovny je navržen akustický podhled Rigistone R 8-15-20 Activ'Air o celkové ploše 200 m². Akustické úpravy dále doplňuje vinylová podlaha, která je v prostoru navržena na ploše 200 m². Nově navržený stav **vyhovuje** požadavkům normy ČSN 73 0527.

10. Literatura

- [1] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky. 2020.
- [2] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely. 2023
- [3] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: 2011.
- [4] Nařízení vlády č. 433/2022 Sb.: Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. In: 2022.
- [5] Hluková mapa Brna [online]. 2022 [cit. 2025-12-26]. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=8ac7add80ec24b5982b0611df6c747a5>
- [6] *Celostátní sčítání dopravy 2020* [online]. 2020 [cit. 2025-12-26]. Dostupné z: https://scitani.rsd.cz/CSD_2020/pages/map/default.aspx