
stavba:

DŮM KULTURY V OSTROVĚ - KULTURNÍ A KREATIVNÍ CENTRUM

hlavní inženýr projektu:

Ing. Radomír Gregor

Čechova 692

768 24 Hulín

ČKAIT: 1301590

profese:

MUSICDATA s.r.o.

Optátova 708/37; 637 00 Brno

Czech Republic

T: +420 605228909

e-mail: stanam@musicdata.cz



stupeň:

DPS - DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY

zodp. projektant části:

Ing. Radomír Gregor

vypracoval:

Ing. Hana Vojířová

AKUSTING spol. s r.o.

Cejl 76, 602 00 Brno

investor:

Město Ostrov

Městský úřad Ostrov, Jáchymovská 1,

360 01 Ostrov

místo stavby:

Dům kultury:

objekt občanské vybavenosti č. p. 733,

ul. Mírové nám., Ostrov

část / profese:

JEVIŠTNÍ TECHNIKA

příloha:

AKUSTICKÁ STUDIE

datum: 10/2023

revize: R00

datum revize: -

formát: 1xA4

měřítko: 1:XXX

část:

D.1.4

č. přílohy:

D.1.4.1.2

Akustická studie

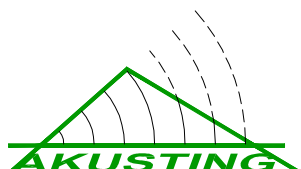
DŮM KULTURY OSTROV Posouzení prostorové akustiky

Objednatel: **MusicData s.r.o.; Optátova 708/37; 637 00 Brno**

Číslo zakázky: **23 291**

Počet stran: **23**

Zhotovitel:



AKUSTING, spol. s r. o., Cejl 76, 602 00 BRNO
tel.+ fax +420 545 210 297

Vypracovala: **Ing. Hana Vojířová**

19.10.23

AKUSTING
spol. s r.o.
Cejl 76, 602 00 Brno
DIČ.: CZ 276 79 748

Kontrolovala: **Petra Bílá**

P. Bílá

Datum: **5. října 2023**

Veškerá práva k využití si vyhrazuje AKUSTING společně se zadavatelem. Výsledky obsažené v dokumentaci jsou duševním vlastnictvím firmy AKUSTING. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

DIČ: **CZ 27679748**
IČO: **27679748**

e-mail: **akusting@akusting.cz**
http: **www.akusting.cz**

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	POUŽITÉ PODKLADY A PŘEDPISY	3
3	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	3
4	LEGISLATIVA	4
5	VÝPOČTY A HODNOCENÍ.....	7
5.1	Taneční sál.....	7
5.2	Předsálí	10
5.3	Malý sál	13
5.4	T-Klub.....	15
5.5	Nahrávací studio	17
6	POUŽITÉ MATERIÁLY	21
6.1	Bezesparé akustické panely	21
6.2	Akustické panely na bázi minerální vaty	21
6.3	Děrovaný SDK.....	22
6.4	Pohltivost použitých materiálů.....	22
7	ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ	23

1 Úvod

Tato zpráva obsahující modelaci prostorů, výpočty a vyhodnocení s ohledem na platnou legislativu hodnotí poslechové podmínky v upravovaných vnitřních prostorech v objektu Domu kultury v Ostrově. Zakázka je vedena pod číslem 23 291.

Pro posouzení jsou použity příslušné normy ČSN a odborná literatura.

2 Použité podklady a předpisy

- 1 ČSN 73 0525: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. Český normalizační institut; únor 1998.
- 2 ČSN 73 0526: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku. Český normalizační institut; únor 1998.
- 3 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely.; srpen 2023.
- 4 Katalog akustických prvků; HRÁDEK, Tomáš, Jan TUČEK a Martin VONDRÁŠEK. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2011, 147 s. ISBN 978-80-7331-316-6.
- 5 Prostorová akustika; Ing. Felix Kolmer, DrSc.; prom. fyz. Jaroslav Kyncl, CSc.; 2. vyd.; SNTL; 1982, 244 s.
- 6 Master Handbook of Acoustics, Sixth Edition; F.Alton Everest, Ken C. Pohlmann; McGraw-Hill Education; 2015. ISBN 978-0-07-184104-7.
- 7 Výstavba školských zařízení - Akustické řešení školních staveb; Ministerstvo školství ČSR; duben 1972.
- 8 Část projektové dokumentace stavby; DKO-INTERIÉR; červen 2021, MusicData s.r.o.; září 2023.

3 Seznam použitých zkratk a symbolů

f	(Hz)	-	frekvence
T	(s)	-	doba dozvuku
T_{30}	(s)	-	doba dozvuku určená z poklesu mezi v rozmezí 5 až 35 dB
T_o	(s)	-	optimální doba dozvuku pro dané využití a objem místnosti
$T_b; T_{up}$	(s)	-	doba dozvuku neupraveného prostoru, doba dozvuku upraveného prostoru
V	(m ³)	-	objem místnosti
c	(m.s ⁻¹)	-	rychlost šíření zvuku ve vzduchu
α_w	(-)	-	vážený činitel zvukové pohltivosti
α	(-)	-	činitel zvukové pohltivosti
$\alpha_{stř}$	(-)	-	střední činitel zvukové pohltivosti
$\alpha_{125-4kHz}$	(-)	-	frekvenční průběh zvukové pohltivosti v oktávách
NRC	(-)	-	střední hodnota činitele pohltivosti $NRC=(\alpha_{n,250}+ \alpha_{n,500}+ \alpha_{n,1000}+ \alpha_{n,2000})/4$
no.		-	neobsazený prostor
ob.		-	obsazený prostor

4 Legislativa

Normy ČSN 73 0527 a ČSN 73 0525 uvádí zásady pro projektování a realizaci uzavřených prostorů pro kulturní účely, prostorů ve školách a prostorů pro veřejné účely. Platí pro nově zřizované, rekonstruované nebo adaptované prostory, v nichž kvalita poslechových podmínek či akustická pohoda hraje významnou roli. Norma ČSN 73 0526 uvádí zásady pro projektování a realizaci studií a místností pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku. Rozhodujícím krokem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je dosažení optimální doby dozvuku, odpovídající danému účelu prostoru.

Pro uzavřené prostory s nároky na akustiku prostředí pro kulturní účely, prostory ve školách a prostory pro veřejné účely stanovují normy pro daný objem místnosti V (m^3) a s ohledem na využití místnosti optimální dobu dozvuku T_0 (s) a přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma. Doba dozvuku se pro výpočet pro oktávová pásma od 125 Hz do 4000 Hz. Odpovídající toleranční pásmo je určeno převažujícím typem signálu v posuzované místnosti. Důležité je, aby byla doba dozvuku ve frekvenčním spektru vyrovnaná. Pro prostory, kde je vhodné snížit hluchnost prostředí a zajistit pobytový komfort, norma definuje doporučený poměr celkové ekvivalentní pohltivé plochy A v prostoru k jeho objemu V . Normou definovaný poměr A/V lze považovat za minimální, protože dosažení vyšších hodnot poměru vede k dosažení tiššího prostředí, což je u těchto prostorů výhodou. Poměr A/V se hodnotí v oktávových pásmech od 250 Hz do 2000 Hz.

5.2 Kulturní prostory

Prostory pro kulturní účely jsou z hlediska kvality poslechových podmínek těmi akusticky vůbec nejnáročnějšími a nejsložitějšími. Ve většině případů je vhodné opřít řešení akustických úprav o analýzu akustických parametrů na počítačovém modelu zpracovaném ve specializovaném akustickém software.

Tabulka 4 – Požadavky na kulturní prostory

Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s) (viz příloha A, Obrázek A.1)	Toleranční pásmo (viz příloha A)
sály s převažující varhanní hudbou	A	hudba (Obrázek A.6)
sály s převažující orchestrální hudbou	B	hudba (Obrázek A.6)
sály s převažující komorní hudbou operní sály	C	hudba (Obrázek A.6)
hudební zkušebny pro akustickou produkci (orchestr, sbor)	D	hudba a řeč (Obrázek A.4)
činoherní divadla víceúčelové sály s převažujícím mluveným slovem bez ozvučení činoherní zkušebny	E	řeč (Obrázek A.5)
hudební zkušebny pro ozvučenou produkci víceúčelové sály s převažující ozvučenou produkcí elektroakusticky ozvučené prostory	F	hudba a řeč (Obrázek A.4)
kina a další prostory s vícekanálovým zvukovým systémem	G	hudba a řeč (Obrázek A.4)

Jelikož řada kulturních prostor slouží více účelům, je třeba cílovou dobu dozvuku stanovit podle stěžejního plánovaného využití, dle priority formulované investorem nebo jako výsledek kompromisu jednotlivých uživatelských provozů. Zvolená cílová doba dozvuku musí být v technické zprávě příslušným způsobem odůvodněna. Všechny akusticky náročné prostory jsou posuzovány v obsazeném stavu.

V případě hudebních zkušeben menšího objemu, určených primárně pro akustické nástroje s vyšším akustickým výkonem (např. menší tělesa dechových nástrojů apod.), je doporučeno volit kratší optimální dobu dozvuku, než odpovídá křivce D. Ve výjimečných případech lze prostor navrhovat i podle požadavků křivky F.

Tabulka 6 – Požadavky na kancelářské a veřejné prostory

Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s) (viz příloha A, Obrázek A.3)	Toleranční pásmo (viz příloha A)
haly a dvorany veřejných budov (např. nádražní a letištní haly)	C	zúžené toleranční pásmo (Obrázek A.7)

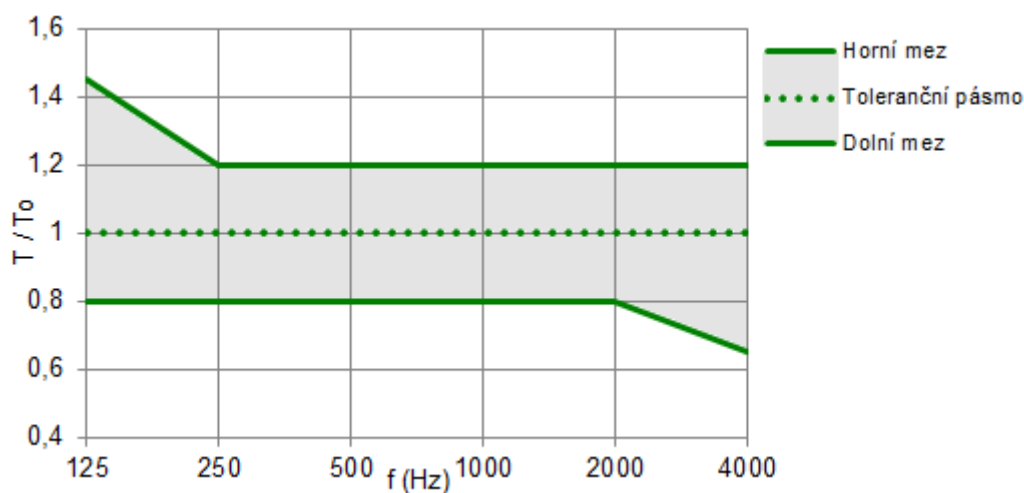
Mezi haly a dvorany veřejných budov uvažujeme nádražní haly, letištní haly, dvorany a přepážkové haly bank a úřadů, jejichž prostor má objem od 300 m³ výše, tedy prostory, kde je nutné zajistit srozumitelnost informačního hlášení a eventuálně i nouzového zvukového systému (norma ČSN EN 50849). Definované prostory menšího objemu, popřípadě bez požadavku na zajištění srozumitelnosti je možné řešit dle předpisu pro prostory s požadavkem na snížení hlučnosti (viz 5.5).

Tabulka 7 – Požadavky na prostory s provozní potřebou snížení hlučnosti 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 nemocniční ordinace nemocniční sály nemocniční pokoje přepážkové haly úřadů, bank a dalších veřejných budov do objemu 300 m ³	školní jídelny a mensy hlučné dílny a strojovny kuchyně a kopírky*** call centra**** denní místnosti jeslí družiny
výška prostoru > 2,5 m	$A/V \geq \frac{1}{4,8 + 4,69 \log h}$	$A/V \geq \frac{1}{2,49 + 4,69 \log h}$	$A/V \geq \frac{1}{1,47 + 4,69 \log h}$

- * Při bezprostřední návaznosti či blízkosti vůči chráněným prostorům doporučujeme úpravu akustiky dle předpisu pro vyšší kategorie, optimálně kategorie 3.
- ** jedná se o základní předpis, komplexnímu řešení prostorové akustiky velkoplošných kanceláří se věnuje norma ČSN ISO 22955.
- *** U těchto prostor hraje roli zejména dispozice vůči okolním prostorům. Pro jejich časté otevřené, nebo polootevřené provedení je řešení podle kategorie 3 zcela nezbytné.
- **** U prostorů call center je potřeba dbát na absorpci zvuku přímo u zdroje, ideálně pomocí vysoce pohltivých stolních nebo samostatných paravánů dostatečné výšky, doplněných lokálním akustickým obkladem stropu (více viz ČSN EN ISO 17624).

Graf 4.1: Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 prostoru určeného pro hudbu i řeč v závislosti na středním kmitočtu okt. pásma



5 Výpočty a hodnocení

Objekt je památkově chráněný. Na stropě a stěnách je štuková výzdoba, dřevěné obklady apod. Prostor pro instalaci akustických úprav je malý, navíc lze pro úpravy použít pouze velmi omezené množství akusticky funkčních materiálů. Cílem je zlepšit poslechové podmínky. Dosažení optimálních hodnot není vzhledem k výše uvedenému ve všech prostorech možné.

5.1 Taneční sál

Obdélníkový prostor je využíván pro plesy, konference a další kulturní akce. V bočních stěnách jsou velká okna. V zadní části naproti vstupu je na celou šířku místnosti umístěn balkón. Prostor pod balkónem je od sálu oddělen těžkými závěsy. Před balkónem je umístěno pódium pro účinkující. Prostor pod balkónem slouží mimo jiné jako sklad vybavení. Ve střední části stropu jsou větrací mřížky se štukovým lemováním. Na podlaze jsou parkety. Kapacita sálu je až 300 osob. Vybavení a uspořádání se liší v závislosti na pořádané akci. V místnosti nejsou instalovány žádné akustické úpravy.

5.1.1 Požadavky

Prostor sálu posuzujeme jako víceúčelový sál. Požadavky na optimální dobu dozvuku T_0 (s) v závislosti na objemu místnosti V (m^3) jsou uvedeny v tabulce 4 normy. Bylo použito rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro hudbu i řeč uvedené na obrázku A.4 normy.

$$V = 1877 \text{ m}^3 \quad \rightarrow T_0 = 1,1 \text{ s}$$

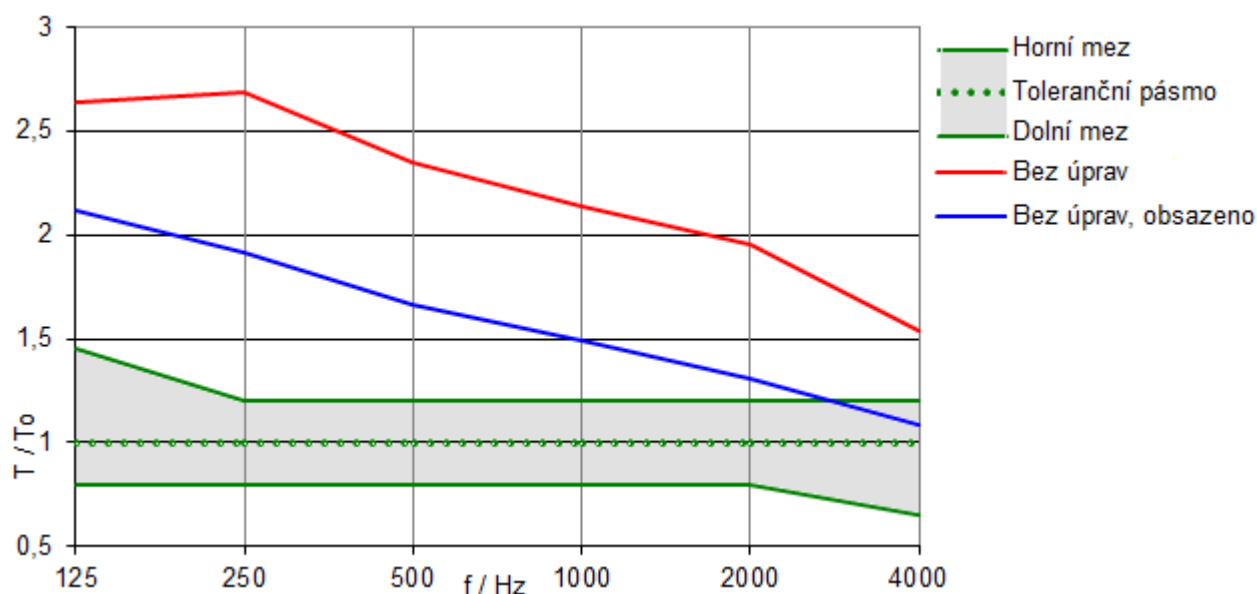
Doba dozvuku se vypočte pro oktávová pásma od 125 Hz do 4000 Hz. Bylo uvažováno s obsazením 150 osobami na židlích uspořádaných v řadách.

5.1.2 Stávající stav

Tab. 5.1: Doba dozvuku v sále ve stávajícím stavu bez úprav

Taneční sál $T_0 = 1,1 \text{ s}$		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	2,90	2,96	2,59	2,35	2,15	1,69
Prostor bez úprav, obsazeno	$T_{N,ob}$	2,33	2,10	1,83	1,64	1,44	1,19

Graf 5.1: Grafické znázornění doby dozvuku v prostoru

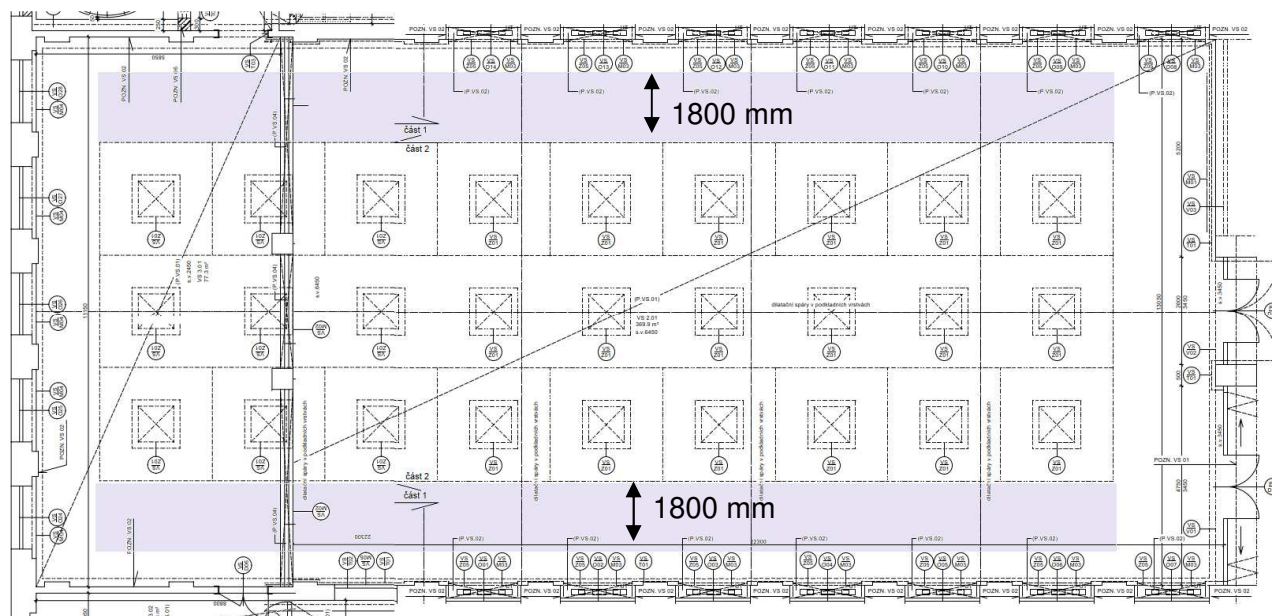


5.1.3 Návrh úprav

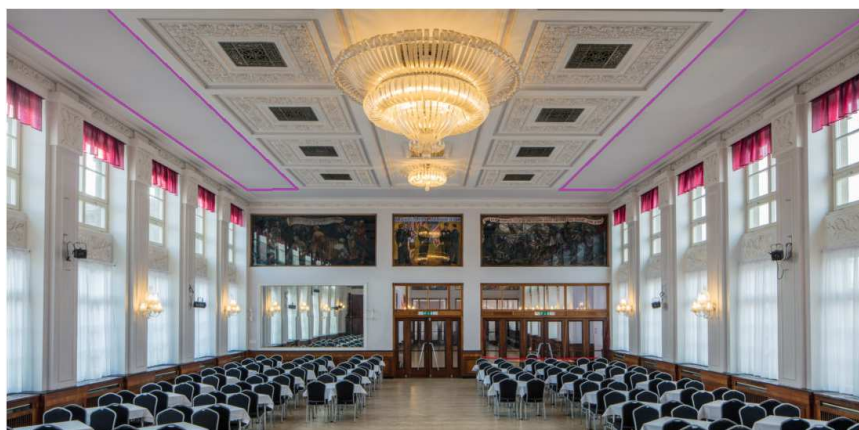
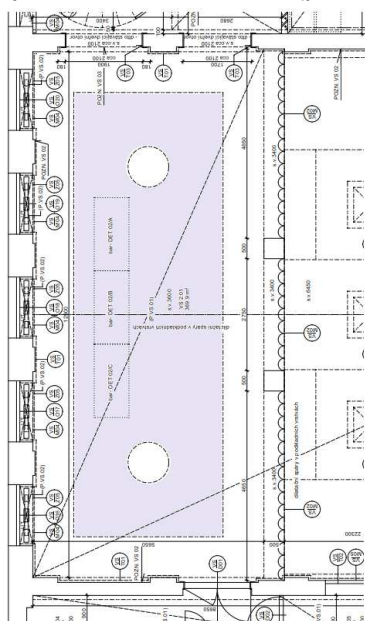
Místnost je nedotlumena v celém spektru. Osoby v sále pohlcují nejvíce od frekvence 1000 Hz. Bylo by tak vhodné použít materiály, které více tlumí nízké frekvence. Takové materiály mají zpravidla větší tloušťku. Prostorové uspořádání a výzdoba bohužel nedovolují instalaci materiálů s vysokým útlumem na nízkých frekvencích. Na strop podél bočních stěn byly instalovány pásy šířky 1800 mm z bezspárých akustických panelů s jádrem na bázi minerální vaty (např. Ecophon Fade Plus+ 25 mm). Stejný materiál byl doplněn na spodní stranu balkonu. Úpravu pak mohou doplnit závěsy na oknech z tkaniny s plošnou hmotností alespoň 250 g/m².

Obr. 5.1: Schéma úprav

Strop sálu (plocha úpravy celkem 104 m²)



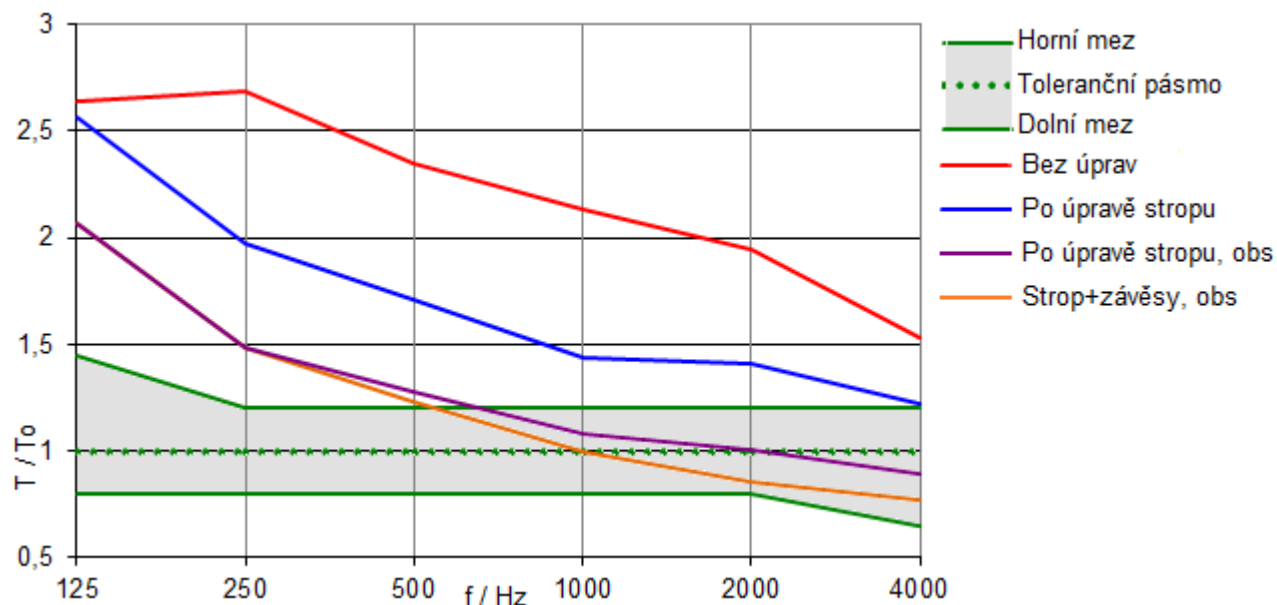
Spodní strana balkonu (plocha úpravy 35 m²)



Tab. 5.2: Doba dozvuku v sále po úpravě

Taneční sál $T_0=1,1$ s		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor po úpravě stropu	T_{up}	2,82	2,17	1,88	1,59	1,56	1,34
Prostor po úpravě stropu, obsazeno	$T_{up,ob}$	2,27	1,64	1,41	1,18	1,11	0,98
Prostor po úpravě stropu+závěsy,obs	$T_{up,z,obs}$	2,27	1,64	1,36	1,09	0,94	0,84

Graf 5.2: Grafické znázornění doby dozvuku v prostoru po úpravě



Hodnocení a komentář:

Po úpravě stropu dojde ke snížení doby dozvuku v sále. V obsazeném stavu od frekvence 1000 Hz výše je v mezích optimálního pásma. Doba dozvuku na nízkých frekvencích také poklesne, ale i po úpravě bude sál nedotlumen. Optimální doba dozvuku byla stanovena pro obecný víceúčelový sál. U sálu s ozvučenými produkcemi by měla být doba dozvuku nižší, optimálně kolem 0,8 s.

5.2 Předsálí

Obdélníkový prostor před Tanečním sálem je využíván jako komunikační prostor při akcích v sále, ale je ho možné využít i samostatně na menší až středně velké akce. Využívá se pro prezentace, setkání nebo prodejní akce. Všechny stěny jsou členité, z větší části tvořené okny a dveřmi. Ve střední části stropu jsou větrací mřížky. Na podlaze jsou parkety. Kapacita předsálí je až 100 osob. Vybavení a uspořádání se liší v závislosti na pořádané akci. V místnosti nejsou instalovány žádné akustické úpravy.

5.2.1 Požadavky

Prostor předsálí posuzujeme jako dvoranu. Požadavky na optimální dobu dozvuku T_0 (s) v závislosti na objemu místnosti V (m^3) jsou uvedeny v tabulce 6 normy. Bylo použito rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro hudbu i řeč uvedené na obrázku A.4 normy.

$$V = 1160 \text{ m}^3 \rightarrow T_0 = 1,2 \text{ s}$$

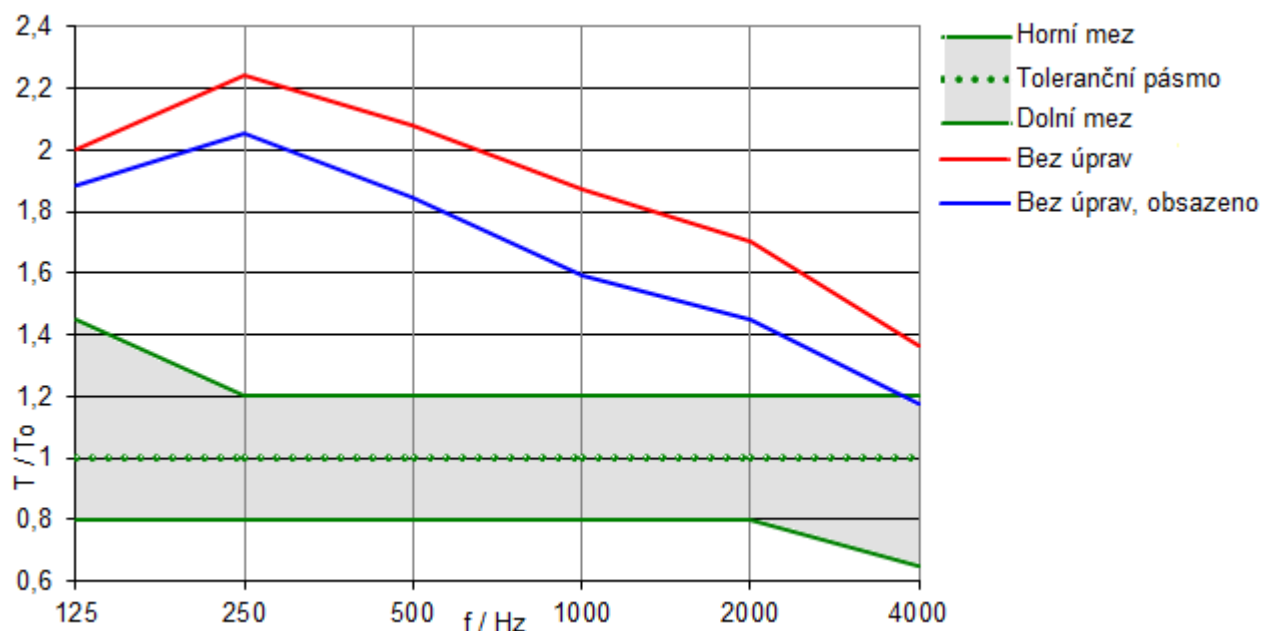
Doba dozvuku se vypočte pro oktávová pásma od 125 Hz do 4000 Hz. Bylo uvažováno s obsazením 40 stojícími osobami.

5.2.2 Stávající stav

Tab. 5.3: Doba dozvuku v předsálí ve stávajícím stavu bez úprav

Předsálí $T_0=1,2 \text{ s}$		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	2,40	2,69	2,50	2,25	2,05	1,64
Prostor bez úprav, obsazeno	$T_{N,ob}$	2,26	2,47	2,22	1,91	1,74	1,41

Graf 5.3: Grafické znázornění doby dozvuku v předsálí

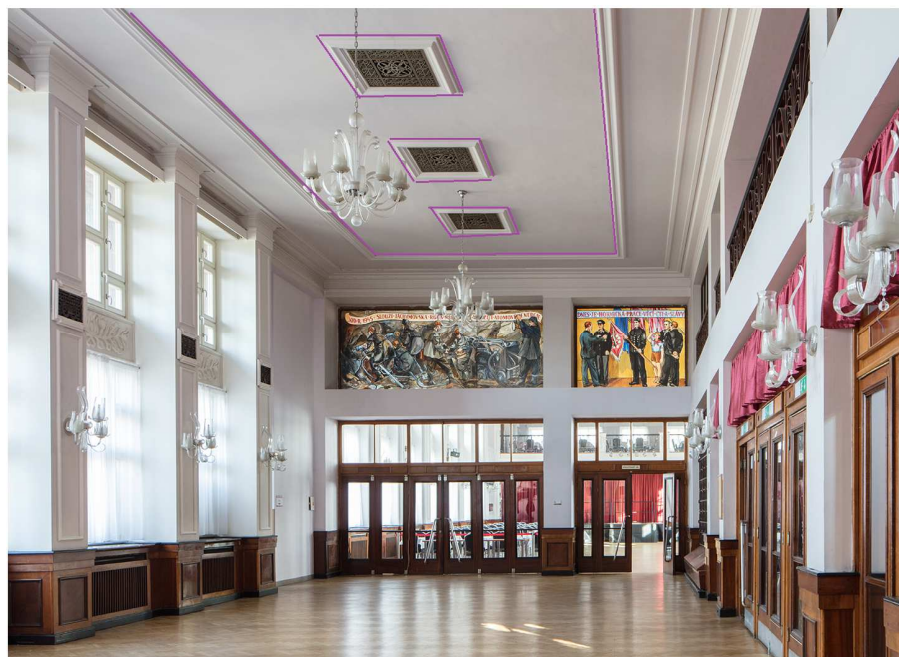
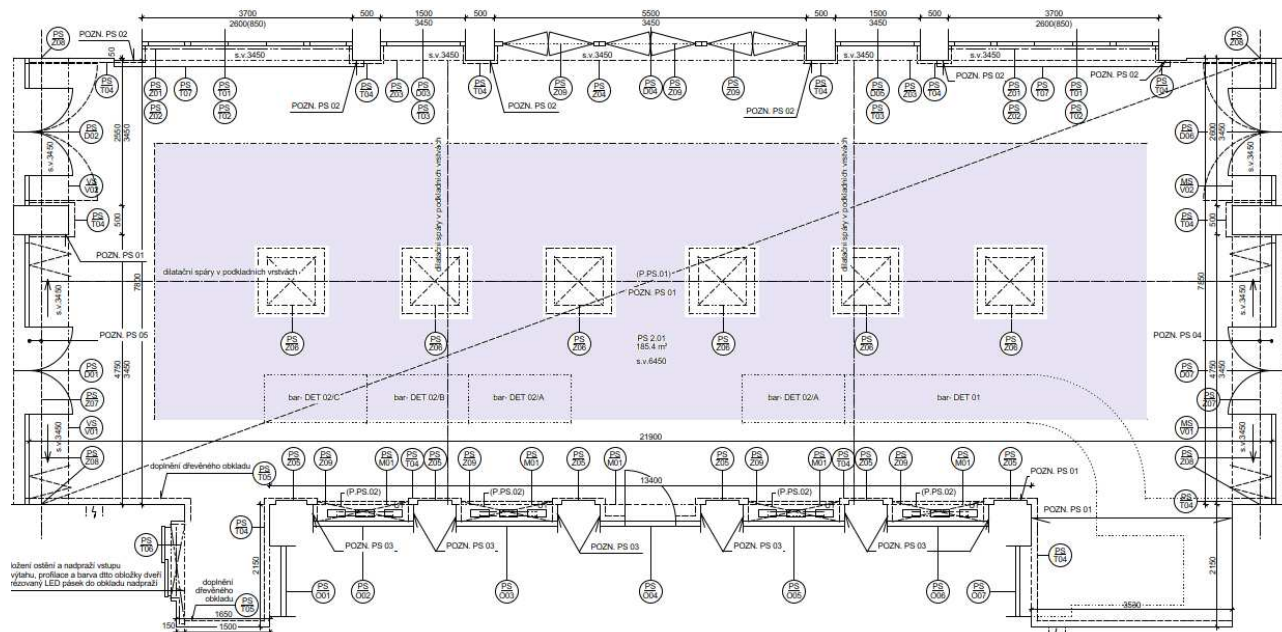


5.2.3 Návrh úprav

Místnost je nedotlumena v celém spektru. Prostorové uspořádání a výzdoba bohužel nedovolují instalaci materiálů vysokým útlumem. Na střední část stropu, mimo větrací mřížky, byly instalovány bezesparé akustické panely s jádrem na bázi minerální vaty jako ve Velkém sále. Úpravu pak mohou doplnit závěsy na oknech z tkaniny s plošnou hmotností alespoň 250 g/m^2 .

Obr. 5.2: Schéma úprav předsálí

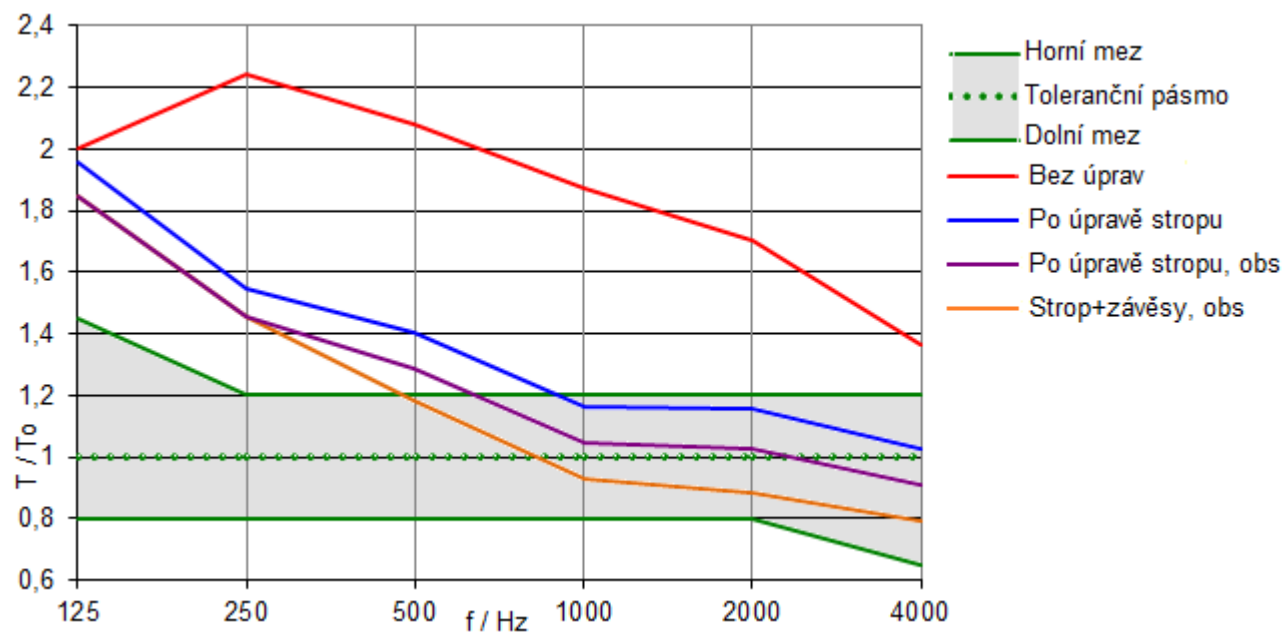
Plocha úpravy celkem 87 m²



Tab. 5.4: Doba dozvuku v předsálí po úpravě

Předsálí $T_0=1,2\text{ s}$		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor po úpravě stropu	T_{up}	2,35	1,86	1,69	1,40	1,39	1,23
Prostor po úpravě stropu, obsazeno	$T_{up,ob}$	2,22	1,75	1,55	1,26	1,23	1,09
Prostor po úpravě stropu+závěsy,obs	$T_{up,z,obs}$	2,22	1,75	1,42	1,12	1,06	0,96

Graf 5.4: Grafické znázornění doby dozvuku v prostoru po úpravě



Hodnocení a komentář:

Po úpravě stropu dojde ke snížení doby dozvuku v předsálí. Od frekvence 1000 Hz výše je v mezích optimálního pásma. Optimální doba dozvuku byla stanovena pro dvoranu. Pokud budeme na prostor nahlížet jako na víceúčelový sál, pak by se doba dozvuk měla pohybovat kolem 1 s a níže.

5.3 Malý sál

Obdélníkový prostor s výklenkem s barem je využíván pro menší až středně velké akce různého druhu. Je možné ho spojit s Tanečním sálem a Předsálím v jeden velký celek. Všechny stěny jsou členité, z větší části tvořené okny a dveřmi. Na stropě je rozmístěno šest větracích mřížek. Na podlaze jsou parkety. Vybavení a uspořádání se liší v závislosti na pořádané akci. V místnosti nejsou instalovány žádné akustické úpravy.

5.3.1 Požadavky

Prostor sálu posuzujeme jako víceúčelový sál. Požadavky na optimální dobu dozvuku T_0 (s) v závislosti na objemu místnosti V (m³) jsou uvedeny v tabulce 4 normy. Bylo použito rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro hudbu i řeč uvedené na obrázku A.4 normy.

$$V = 920 \text{ m}^3 \quad \rightarrow T_0 = 1,0 \text{ s}$$

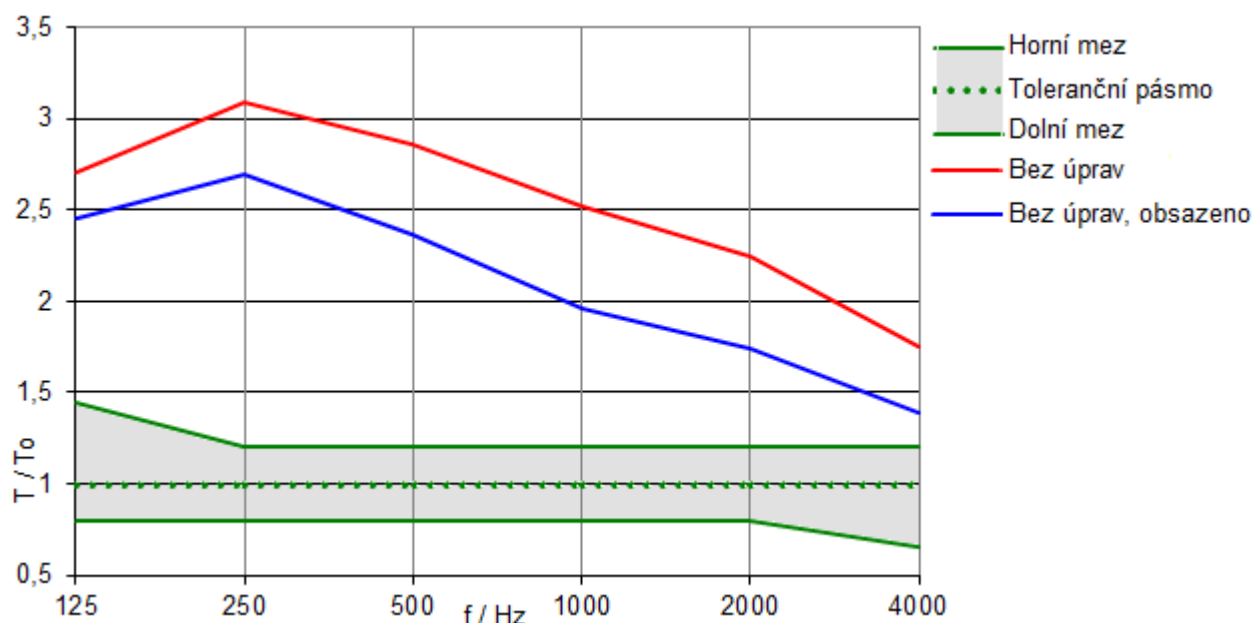
Doba dozvuku se vypočte pro oktávová pásma od 125 Hz do 4000 Hz. Bylo uvažováno s obsazením 50 stojícími osobami.

5.3.2 Stávající stav

Tab. 5.5: Doba dozvuku v malém sále ve stávajícím stavu bez úprav

Malý sál $T_0 = 1,0 \text{ s}$		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	2,70	3,09	2,86	2,52	2,25	1,76
Prostor bez úprav, obsazeno	$T_{N,ob}$	2,46	2,69	2,37	1,96	1,75	1,39

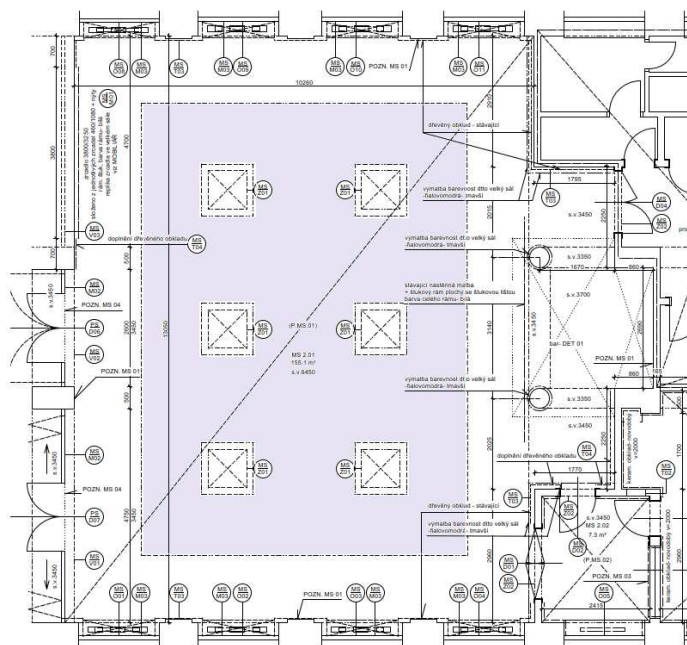
Graf 5.5: Grafické znázornění doby dozvuku v malém sále



5.3.3 Návrh úprav

Místnost je nedotlumena v celém spektru. Prostorové uspořádání a výzdoba bohužel nedovolují instalaci materiálů vysokým útlumem. Na střední část stropu, mimo větrací mřížky, byly instalovány bezesparé akustické panely s jádrem na bázi minerální vaty jako ve Velkém sále. Úpravu pak mohou doplnit závěsy na oknech z tkaniny s plošnou hmotností alespoň 250 g/m².

Obr. 5.3: Schéma úprav malý sál



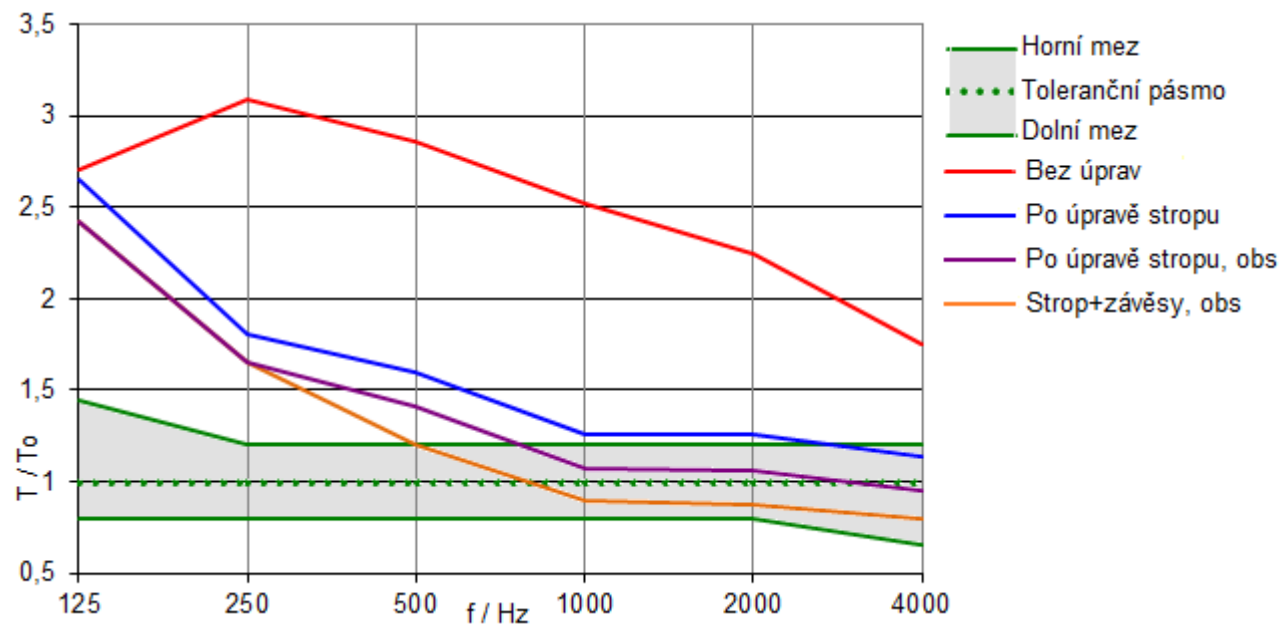
Plocha úpravy celkem 76 m²



Tab. 5.6: Doba dozvuku v malém sále po úpravě

Malý sál $T_0 = 1,0$ s		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor po úpravě stropu	T_{up}	2,65	1,81	1,60	1,26	1,26	1,14
Prostor po úpravě stropu, obsazeno	$T_{up,ob}$	2,42	1,65	1,41	1,07	1,06	0,95
Prostor po úpravě stropu+závěsy,obs	$T_{up,z,obs}$	2,42	1,65	1,21	0,90	0,88	0,80

Graf 5.6: Grafické znázornění doby dozvuku v malém sále po úpravě



Hodnocení a komentář:

Po úpravě stropu dojde ke snížení doby dozvuku v malém sále. V obsazeném stavu od frekvence 1000 Hz výše je v mezích optimálního pásma. Optimální doba dozvuku byla stanovena pro obecný víceúčelový sál. U sálu s ozvučenými produkcemi by měla být doba dozvuku nižší, optimálně kolem 0,7 s.

5.4 T-Klub

Obdélníkový prostor bude využíván jako kavárna, večer jako klub. V přední části je malé podium, bar se zázemím je umístěn v zadní části. Na stropě jsou v současnosti dřevěné lamely, které budou demontovány. Podlaha bude vinylová. Vybavení budou tvořit stoly a židle.

5.4.1 Požadavky

Prostor klubu posuzujeme jako neozvučenou místnost pro přednes řeči. Požadavky na optimální dobu dozvuku T_0 (s) v závislosti na objemu místnosti V (m^3) jsou uvedeny v tabulce 5 normy. Bylo použito rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro hudbu i řeč uvedené na obrázku A.4 normy.

$$V = 374 m^3 \rightarrow T_0 = 0,7 s$$

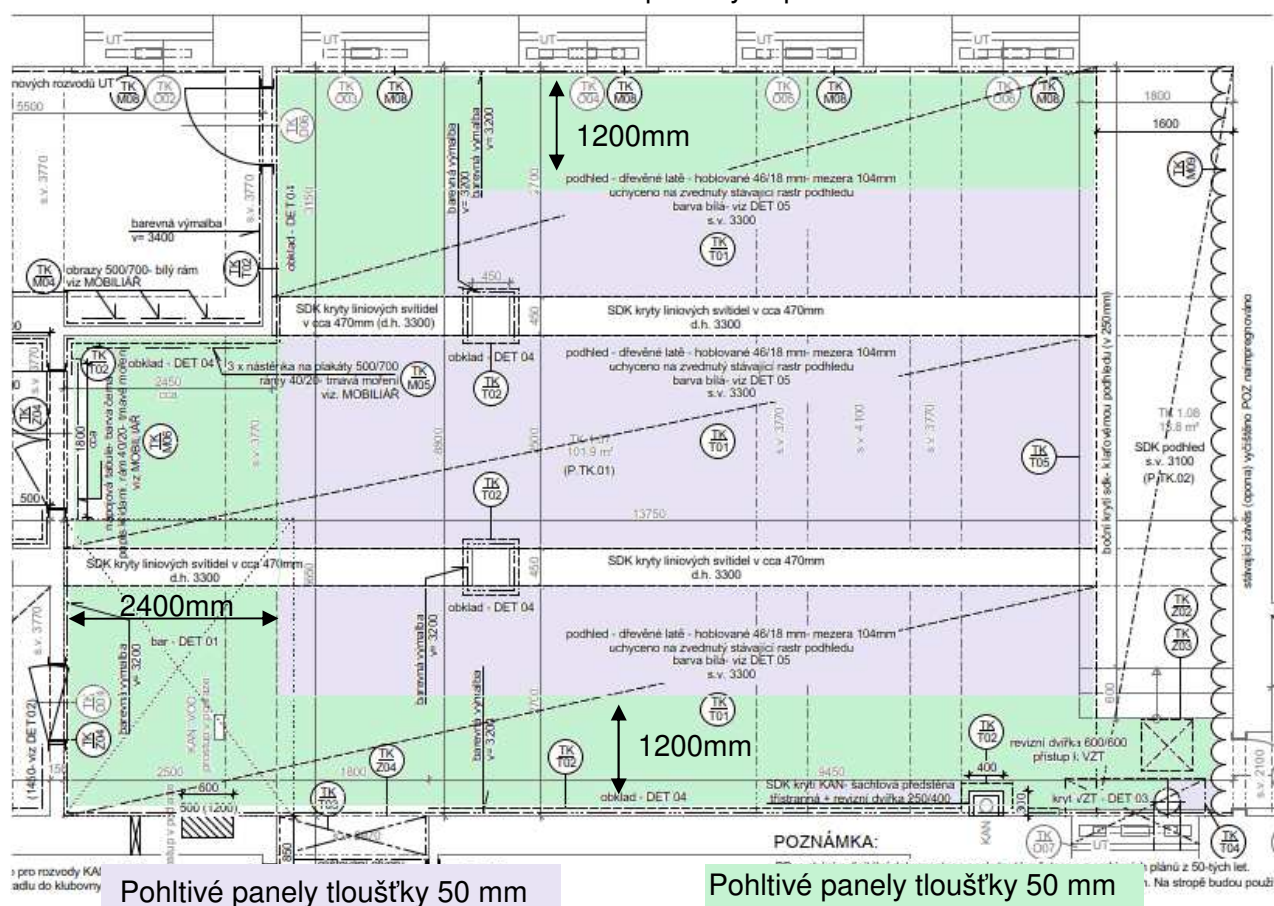
Doba dozvuku se vypočte pro oktařová pásma od 125 Hz do 4000 Hz. Bylo uvažováno s obsazením 20 sedícími osobami.

5.4.2 Návrh úprav

Strop místnosti bude upraven laťovým podhledem. Na jeho horní hranu budou položeny pohltivé panely s jádrem z minerální vaty tloušťky 50 mm. Podél bočních stěn bude na panely doplněna ještě vrstva minerální vaty s objemovou hmotností nad $40 kg \cdot m^{-3}$ v tloušťce 50 mm. Úpravu mohou doplnit závěsy z tkaniny s plošnou hmotností alespoň $250 g/m^2$ a akustické obrazy s pohltivostí $\alpha_w > 0,6$.

Obr. 5.4: Schéma úprav T-klub

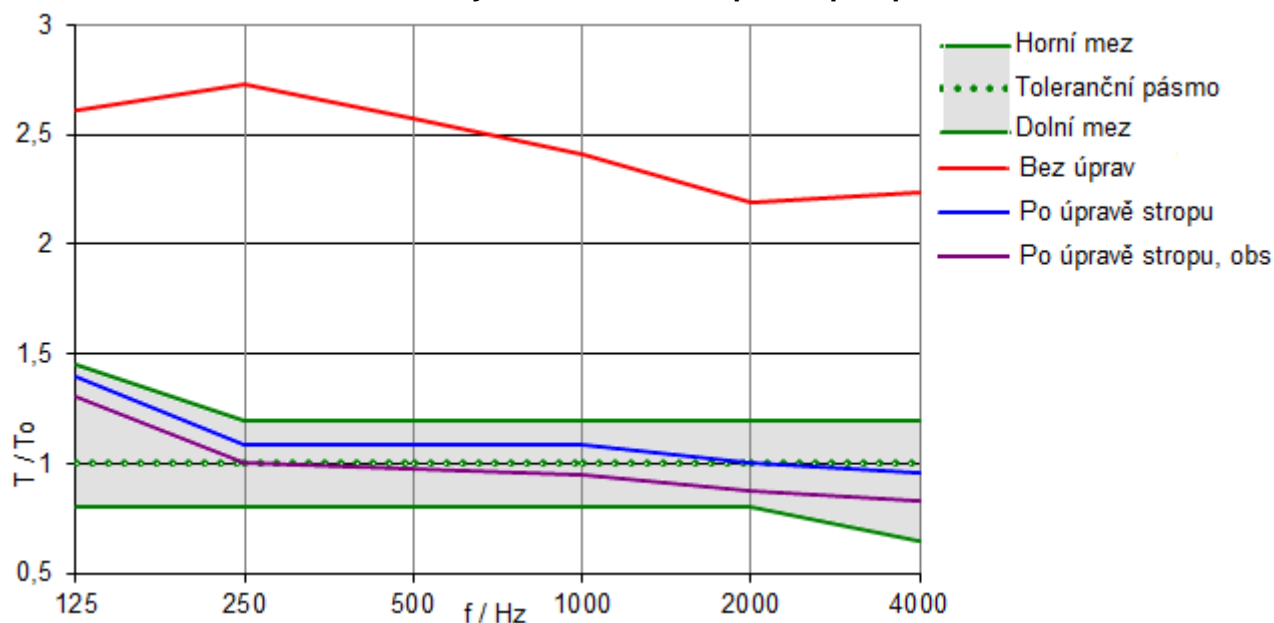
Plocha pohltivých panelů celkem $89 m^2$



Tab. 5.7: Doba dozvuku v klubu před a po úpravě

T-Klub $T_0 = 0,7$ s		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	1,83	1,91	1,81	1,69	1,54	1,57
Prostor po úpravě stropu	T_{up}	0,98	0,76	0,76	0,76	0,70	0,67
Prostor po úpravě stropu, obsazeno	$T_{up,ob}$	0,91	0,71	0,69	0,67	0,61	0,58

Graf 5.7: Grafické znázornění doby dozvuku v klubu před a po úpravě



Hodnocení a komentář:

Po úpravách v klubu dojde ke snížení doby dozvuku do mezí tolerančního pásma v celém spektru. Minerální vata byla doplněna na část stropu upravovaného pohltivými panely. Je vhodné ji doplnit také nad podium nad plný SDK pohled, protože tak zlepšuje pohltivost na nízkých frekvencích.

5.5 Nahrávací studio

Studio s režii bude vybudováno nově v suterénu budovy. U tohoto prostoru je důležitá jak dobrá pohltivost prostoru, tak také dostatečná zvuková izolace od okolního prostředí. Stěny jsou z plných cihel tloušťky nad 250 mm. Ze studia a režie se vstupuje do chodby. Mezi studiem a režii bude ve stěně režijní okno. Ve vnější stěně jsou osazena okna.

5.5.1 Požadavky

Hodnoty optimální doby dozvuku pro studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku jsou uvedeny v Tabulce 2 normy ČSN 73 0526, hodnoty se upravují dle požadavků investora a s přihlédnutím k doporučením EBU tech 3276. U těchto prostor je vhodné akustické parametry sledovat v rozšířeném oktávovém pásmu od 63 Hz do 8000 Hz. To sebou přináší potřebu použití laděných nízkofrekvenčních absorbérů.

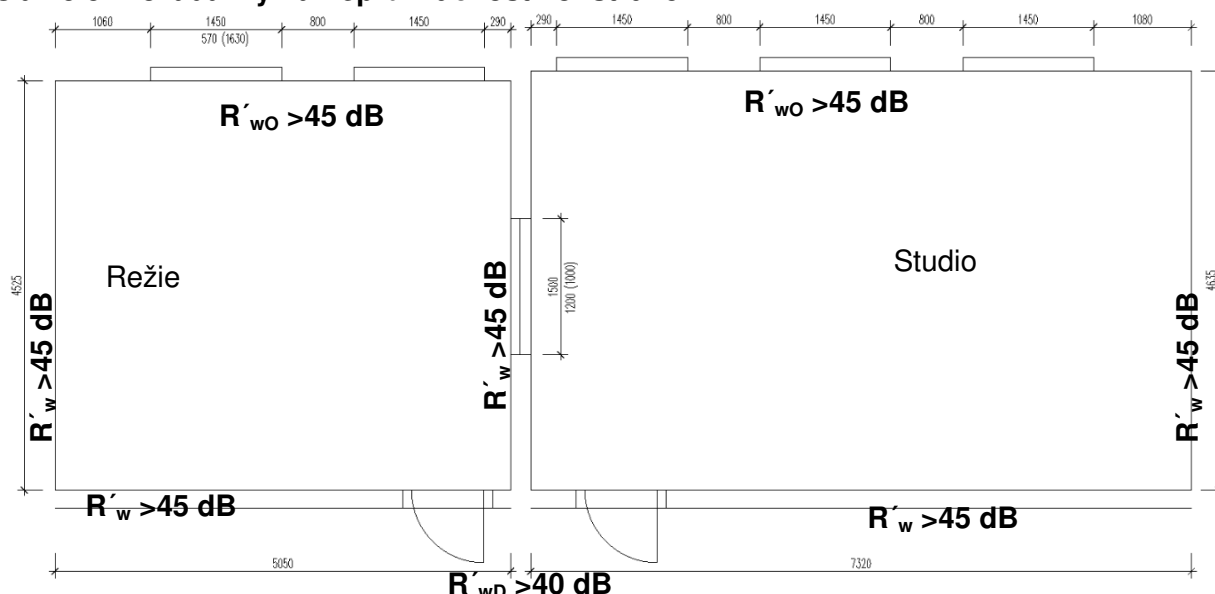
Kromě prostorové akustiky podmínky ovlivňuje i neprůzvučnost konstrukcí a hluk pozadí, který do místnosti proniká z různých zdrojů. Je tedy třeba posoudit zvolené místo pro umístění studia z hlediska ochrany před hlukem. Pozornost je třeba věnovat jak hluku pronikajícímu vzduchem z vnějšku tak hluku funkčně nesouvisejícím s provozem studia či režie a to včetně hluku větrání a vytápění. Studia a režie mají mimořádně vysoké nároky na co nejnižší hluk pozadí v celém slyšitelném spektru. Norma stanovuje maximální hladiny akustického tlaku pozadí (L_{pmax}) ve studiích (místnostech určených pro záznam zvuku) a v režii (místnostech určených pro poslech a zpracování zvuku). Nejvyšší přípustné maximální hladiny akustického tlaku pozadí uvádí Tabulka 1.

Z požadované maximální hladiny akustického tlaku pozadí v místnostech vyplývají požadavky na zvukovou izolaci místností a neprůzvučnost obvodových konstrukcí. Funkčně související místnosti pro snímání a místnosti pro zpracování zvuku musí být vzájemně dostatečně izolovány. Minimální přípustná hodnota vážené stavební neprůzvučnosti stěny mezi studiem a příslušnou místností pro zpracování zvuku (zvukovou režii) je $R'_{w} = 45$ dB. Pozornost je třeba dále věnovat VZT rozvodům, průchodům pro kabely, dveřím, oknům a dalším prvkům, které mohou zhoršit zvukovou izolaci oddělujících stěn či konstrukcí. Celkovou neprůzvučnost konstrukce může špatně provedený vstup velmi snížit.

Studio	$V = 83 \text{ m}^3$	$\rightarrow T_o = 0,28 \text{ s}$
Režie	$V = 56 \text{ m}^3$	$\rightarrow T_o = 0,25 \text{ s}$

5.5.2 Návrh úprav - zvuková izolace místností

Obr. 5.5: Požadavky na neprůzvučnost konstrukcí

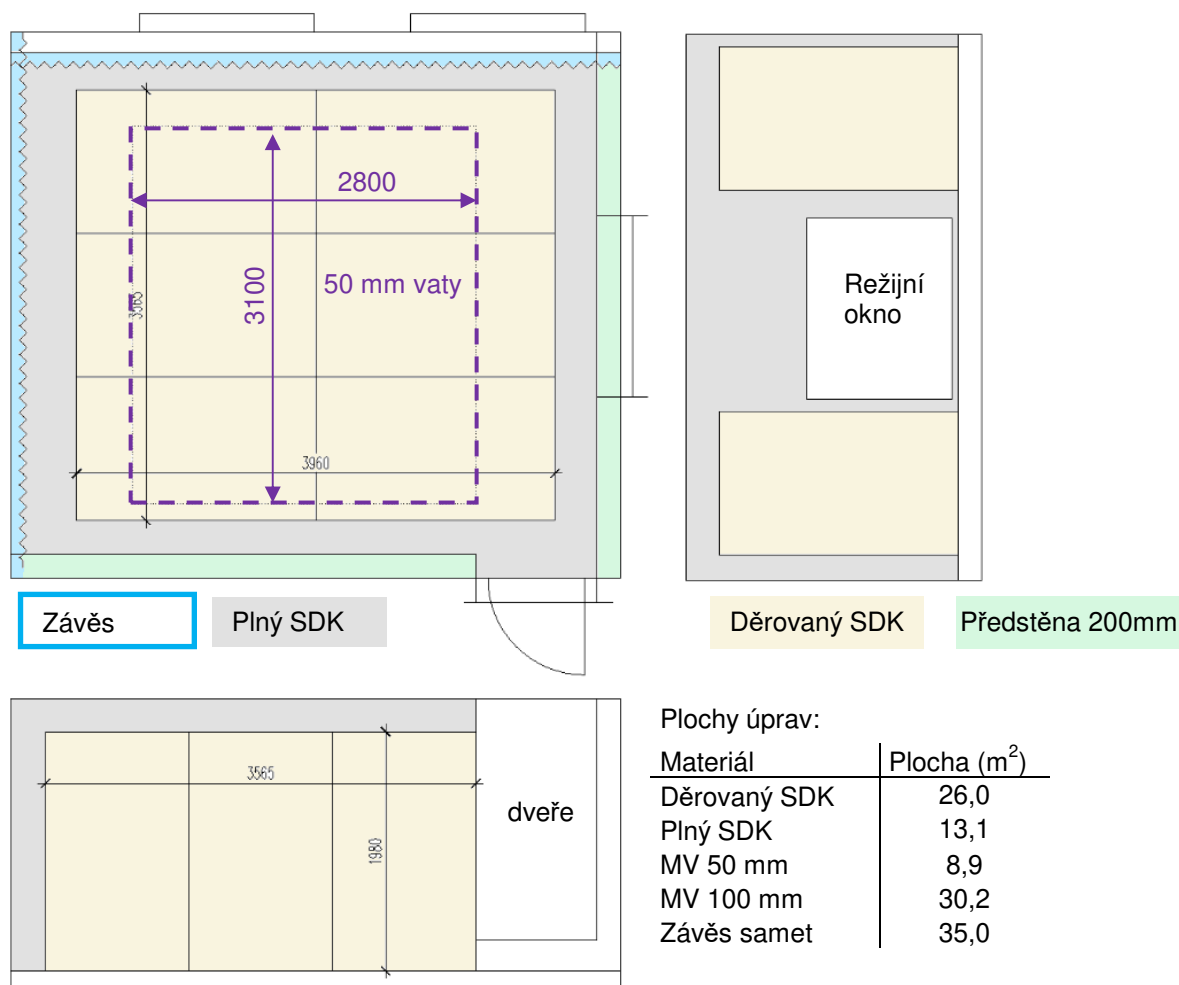


Stěny místností jsou dle dostupných informací z plných cihel tloušťky nad 200 mm. Požadovanou vzduchovou neprůzvučnost 45 dB by taková stěna splnit měla. Je vhodné provést kontrolu stavu stěn, zejména zda se zde nenachází velké prostupy a otvory. Nejslabším prvkem jsou dveře. Dveře se vzduchovou neprůzvučností nad 40 dB splňují dvou a víceřadové (vícedrážkové) dveře. Dveře musí mít pevný práh a být vybaveny dostatečně masivním těsněním. Vhodnější se použití dveří dvojitých, na to ale není vždy prostor. Dalším slabým prvkem jsou okna v obvodové stěně. Je třeba provést jejich revizi a vyměnit, popřípadě doplnit těsnění. Poté okna buď zcela zaslepit, nebo je opatřit dostatečně masivními a těsnými okenicemi. Režijní okno doporučujeme realizovat jako dvojitě osazené do tvaru písmene A se sklonem 11°.

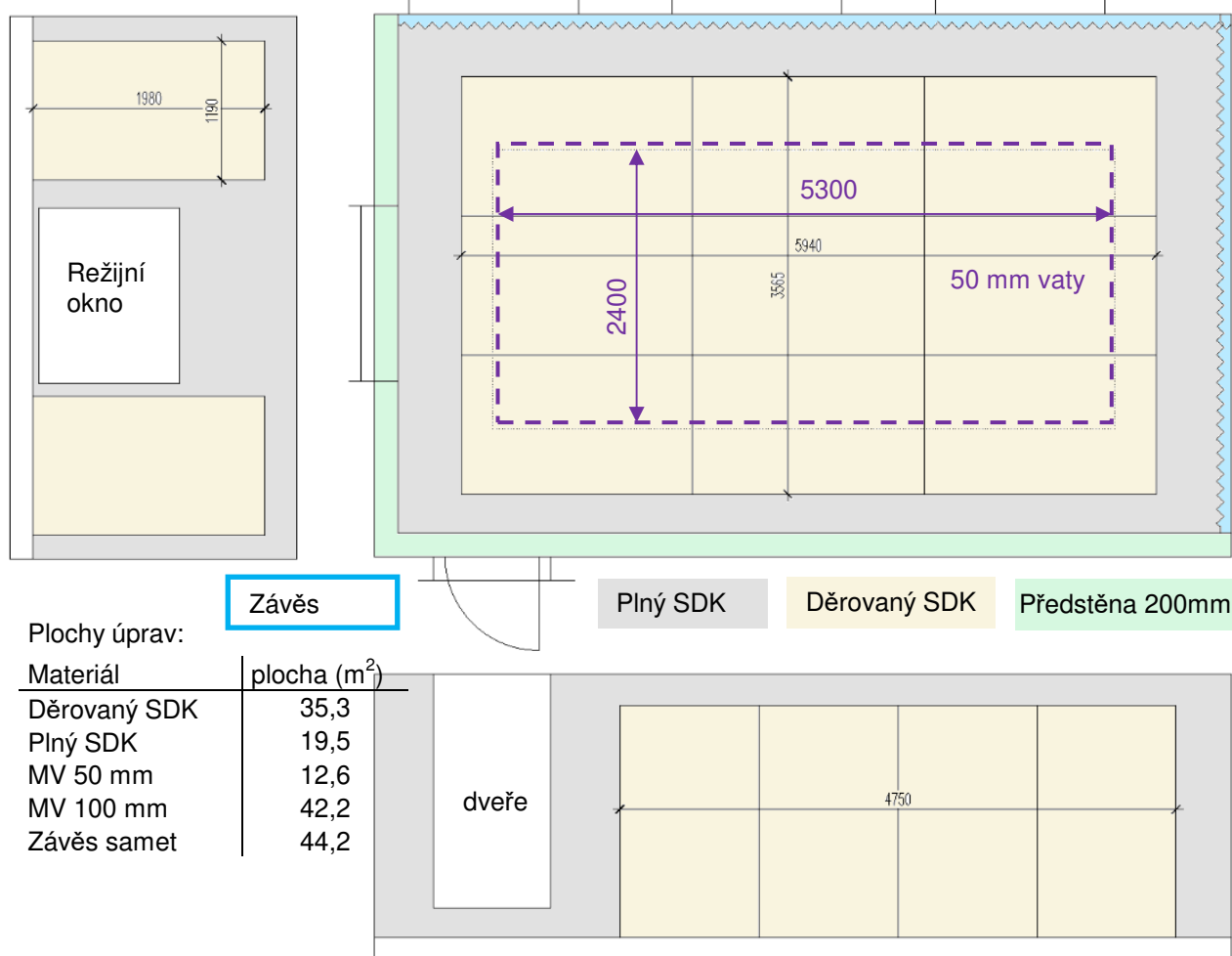
5.5.3 Návrh úprav - prostorová akustika

Pro akustické úpravy byly použity děrované SDK desky v kombinaci s těžkými závěsy. Na strop místností byl aplikován SDK podhled svěšený o 200 mm pod úroveň stávajícího stropu kombinovaný z plných a perforovaných desek. Do dutiny nad celý podhled byla vložena vrstva minerální vaty. Podél stěn by měla být položena vata tloušťky 100 mm, ve středu pak vata tloušťky 50 mm. Pomocí děrovaného SDK byla dále upravena stěna s režijním oknem a stěna s dveřmi. I v tomto případě bylo uvažováno s odsazením o 200 mm s vložením minerální vaty tloušťky 100 mm do dutiny. Byly použity desky s pravidelným děrováním kruhovými otvory průměru 12 mm a 20 mm s roztečí 66 mm (např. Rigips Rigitone RL 12-20/66, Knauf Cleano 12/20/66 R). Použitá minerální vata v deskách by měla mít objemovou hmotnost nad 40 kg.m⁻³ (např. Isover AKU). Zbývající stěny byly upraveny pomocí těžkého sametového závěsu odsazeným od stěny a s řasením. Byl použit samet s plošnou hmotností 400 g/m², 160% řasení.

Obr. 5.6: Schéma pohltivých úprav režie



Obr. 5.7: Schéma pohltivých úprav studio



5.5.4 Doba dozvuku v prostorech

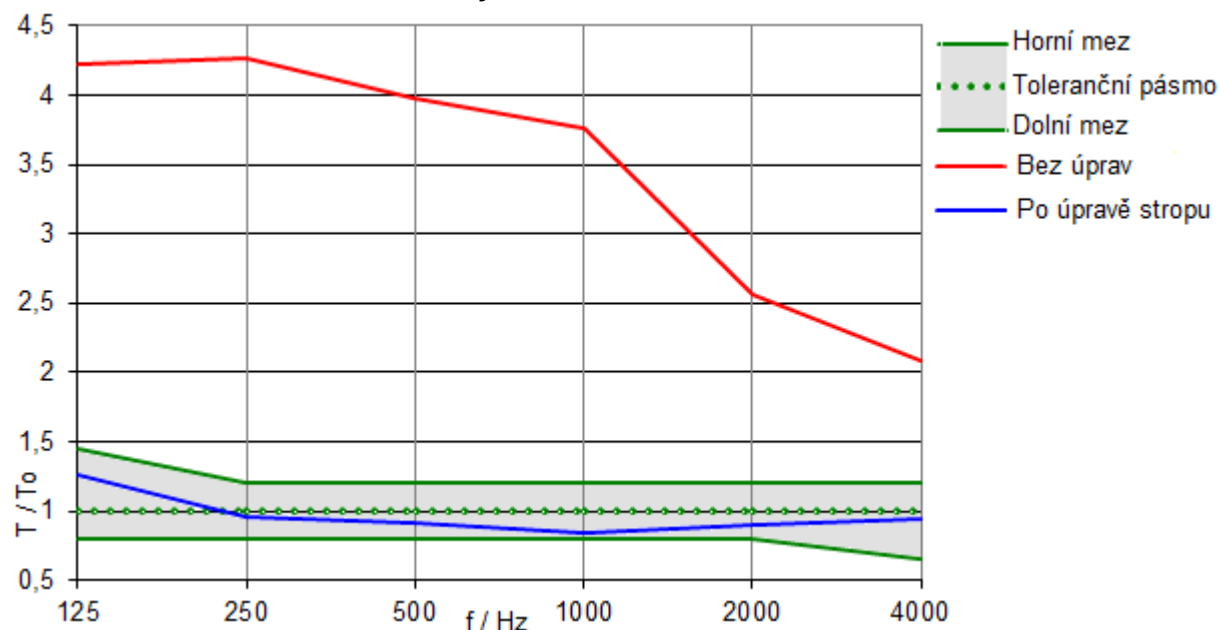
Tab. 5.8: Doba dozvuku v režii

Režie $T_0=0,25$ s		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	1,06	1,07	1,00	0,94	0,64	0,52
Prostor po úpravě	T_{up}	0,32	0,24	0,23	0,21	0,23	0,24

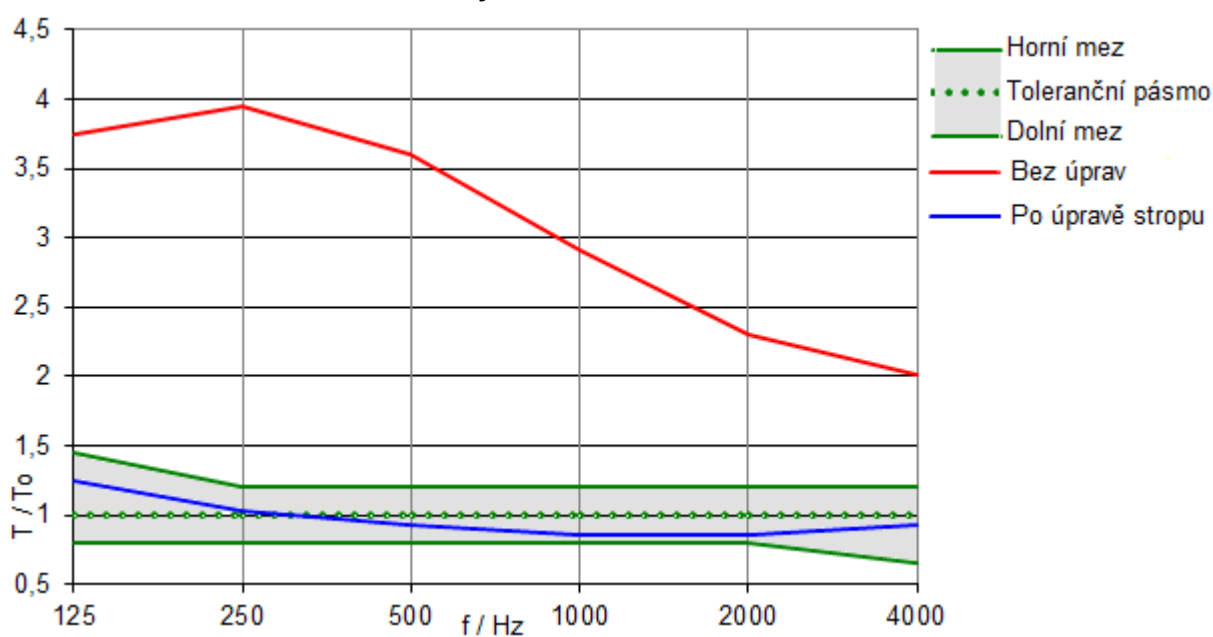
Tab. 5.9: Doba dozvuku ve studiu

Studio $T_0=0,28$ s		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	1,05	1,11	1,01	0,82	0,65	0,57
Prostor po úpravě	T_{up}	0,35	0,29	0,26	0,24	0,24	0,26

Graf 5.8: Grafické znázornění doby dozvuku v režii



Graf 5.9: Grafické znázornění doby dozvuku ve studiu



Hodnocení a komentář:

Navržené úpravy zajistí snížení doby dozvuku v prostoru studia a režie do mezí optimálního pásma. Dle zadání se má jednat o poloprofesionální studio a doba dozvuku nebyla řešena v pásmu pod 100 Hz. Je vhodné provést měření dozvuku a dle výsledků pak případně doplnit nízkofrekvenční absorbéry, například na stěny za závěsy.

6 Použité materiály

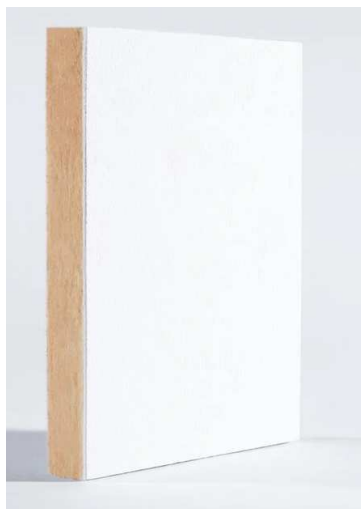
6.1 Bezesparé akustické panely

Pro úpravy byly použity ve Velké sále, Předsálí a Malém sále.

Panely se skládají ze dvou částí: izolačních minerálních desek, které jsou přilepeny k pevnému podkladu a z mikroporézních krycích směsí (kašírovaná omítka). Omítka je anorganická a antistatická a zachovává si svou přirozenou barvu. Montují se buď přímo k podkladu pomocí lepidla nebo speciálních podložen, nebo na rastr se svěšením a vytvořením dutiny.

Modulové rozměry: (1.200 x 1.200) mm, tloušťka (15, 20, 25, 40) mm

Požární ochrana: Klasifikace dle hořlavosti: třída A2-s1, d0 podle EN 13501-1.



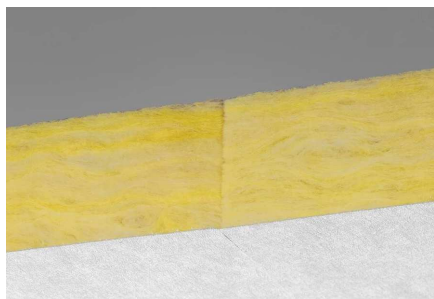
6.2 Akustické panely na bázi minerální vaty

Pro úpravy byly použity v T-klubu.

Panely jsou vyrobeny ze skelného vlákna s barevnou skelnou tkaninou z viditelné strany a skelnou tkaninou na zadní straně. Montují se v deskách na viditelný rošt. Je možné je instalovat i kontaktně pomocí lepidla nebo kotev.

Modulové rozměry: (1.200 x 600) mm, (1.200 x 1.200) mm, tloušťka (50 a 100) mm

Požární ochrana: Klasifikace dle hořlavosti: třída A2-s1, d0 podle EN 13501-1.



6.3 Děrovaný SDK

Pro úpravy byly použity v nahrávacím studiu.

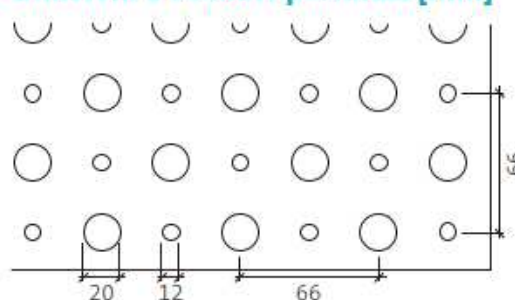
Jsou jednoduše zpracovatelné a neuvolňují během montáže, demontáže ani v průběhu zavěšení žádný toxický prach do okolí. Mají dlouhou životnost, je možno je opatřit novým nátěrem aniž by byly zhoršeny akustické vlastnosti. Dále ovlivňují klima v místnosti tím, že vydávají a přijímají vlhkost. Lze s nimi splnit téměř všechny akustické požadavky. Zvukpohltivé vlastnosti ovlivňuje podíl otvorů a jejich velikost, výška svěšení, dodatečná minerální izolace a akusticky účinná textilie.

Rozměrové moduly: různé dle typu

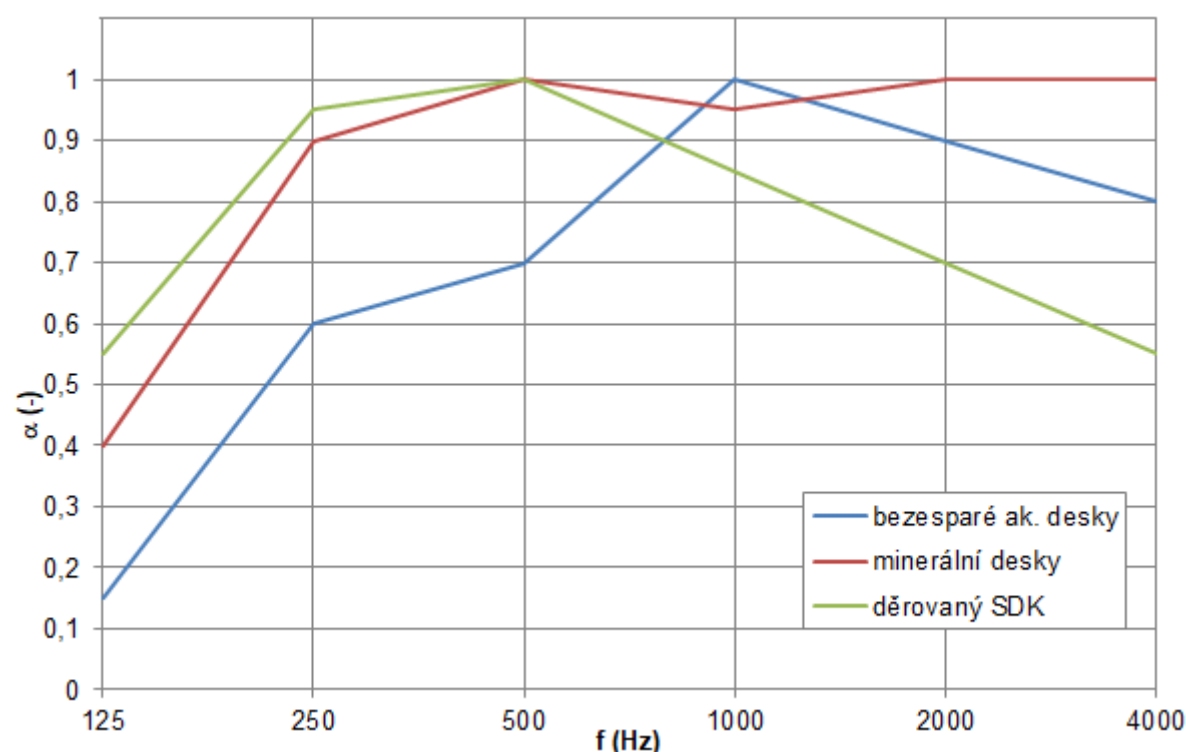
Základní vlastnosti desek Rigiton RL 12-20/66

Rozměry desky (š x d x tl.)	1188 x 1980 x 12,5 mm
Hrany desky	kolmo řezané SK
Děrování	pravidelně přesazené
Podíl děrované plochy	19,6 %
Hmotnost	cca 9,50 kg/m ²
Třída reakce na oheň	A2-s1,d0
Odolnost proti relativní vzdušné vlhkosti	70 %

Umístění a velikost perforací [mm]



6.4 Pohltivost použitých materiálů



7 Závěrečné shrnutí

Na základě provedených výpočtů lze konstatovat, že v žádném z řešených prostorů nejsou dosahovány optimální doby dozvuku a poslechové podmínky nejsou zcela vyhovující. Pro každou místnost byly navrženy akustické úpravy, které sníží doby dozvuku. U historicky cenných sálů (Taneční sál, Předsálí, Malý sál) není možné aplikovat dostatečné množství pohltivých materiálů s optimálními akustickými vlastnostmi. V těchto prostorech tak sice dojde ke zlepšení poslechových podmínek, ale doba dozvuku nebude zcela v mezích optimálního pásma. V prostoru T-klubu a nahrávacího studia nebyl výběr materiálů omezen. Byly navrženy takové úpravy, které zde zajistí snížení doby dozvuku do mezí optimálního pásma v celém spektru.

Pro úpravy je možné použít i jiná materiálová řešení. Obvykle lze vybrat alternativu od jiného výrobce, která má obdobné akustické vlastnosti, ale liší se například designem nebo technickými vlastnostmi.

V nahrávacím studiu doporučujeme po realizaci navržených úprav provést měření doby dozvuku a dle výsledků pak případně doplnit nízkofrekvenční absorbéry.

....