

EKOLA group, spol. s r.o.

Držitel certifikátů:

ČSN EN ISO 9001:2016

ČSN EN ISO 14001:2016

ČSN ISO 45001:2018



Krajský úřad Plzeňského kraje Zasedací místnost

Studie prostorové akustiky a srozumitelnosti videokonferenčního systému

Číslo zakázky: 25.0299-05

EKOLA group, spol. s r.o.

Mistrovská 4

108 00 Praha 10

IČ: 63981378

DIČ: CZ63981378

Telefon: +420 274 784 927-9

Fax: +420 274 772 002

E-mail: ekola@ekolagroup.cz

www.ekolagroup.cz

Květen 2025



Název akce: **Krajský úřad Plzeňského kraje – zasedací místnost**
Studie prostorové akustiky

Zadavatel: **PLZEŇSKÝ KRAJ – Krajský úřad**
Škroupova 1760/18, 301 00 Plzeň

Zhotovitel: **EKOLA group, spol. s r.o.**
Mistrovská 558/4
108 00 Praha 10



Vedoucí projektu: **BcA. Adam Pobořil**

Zprávu vypracoval: **BcA. Adam Pobořil**
Jan Bretšnajdr, BSc.

Kontroloval: **Ing. Petr Novák**
Vedoucí oddělení prostorové
a stavební akustiky

Veškerá práva k využití si vyhrazuje EKOLA group, spol. s r.o. společně se zadavatelem.
Výsledky a postupy obsažené ve zprávě jsou duševním majetkem společnosti EKOLA group, spol. s r.o.,
a jsou chráněny autorskými právy ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Praha, květen 2025

Obsah:

1. Úvod	3
2. Všeobecný popis.....	3
3. Požadavky na dobu dozvuku resp. akustickou úpravu	3
4. Materiály pro akustickou úpravu	5
5. Stručný popis akustických úprav.....	6
6. Popis použitých prvků k ozvučení místnosti a jejich umístění	7
7. Výpočty doby dozvuku.....	8
8. Závěr.....	9

1. Úvod

Předmětem této zprávy je návrh akustických úprav v prostoru zasedací místnosti v budově Krajského úřadu Plzeňského kraje, Škroupova 1760/18, 306 13 Plzeň. Konkrétně se jedná o posouzení a návrh akustických úprav za účelem dosažení vhodných akustických podmínek, zejména snížení doby dozvuku a zlepšení srozumitelnosti.

Součástí zprávy je rovněž stanovení vhodných mezí doby dozvuku na základě rešerše technických norem, odborných doporučení a zkušeností z obdobných realizací. Snížením doby dozvuku obecně dochází ke zlepšení srozumitelnosti konverzace a k omezení nežádoucích přeslechů a odrazů zvuku, což má za důsledek zlepšení celkově vnímaného akustického komfortu a kvality vnitřního prostředí obecně.

2. Všeobecný popis

Jedná se o místnost tvaru obdélníku o půdorysných rozměrech cca 7,75 x 6,29 m. Strop je ve výšce cca 3 m. Objem místnosti je $V = \text{cca } 147 \text{ m}^3$, plocha všech obklopujících stěn vč. podlahy a stropu je $S = \text{cca } 182 \text{ m}^2$. Na dvou fasádních stěnách se nachází okna o celkové ploše cca 8,8 m². Stěny jsou zděné, omítnuté. Na podlaze je ve stávající situaci položeno linoleum. V jedné z delších bočních stěn se nachází dveře o rozměrech cca 2,3 x 1,2 m.

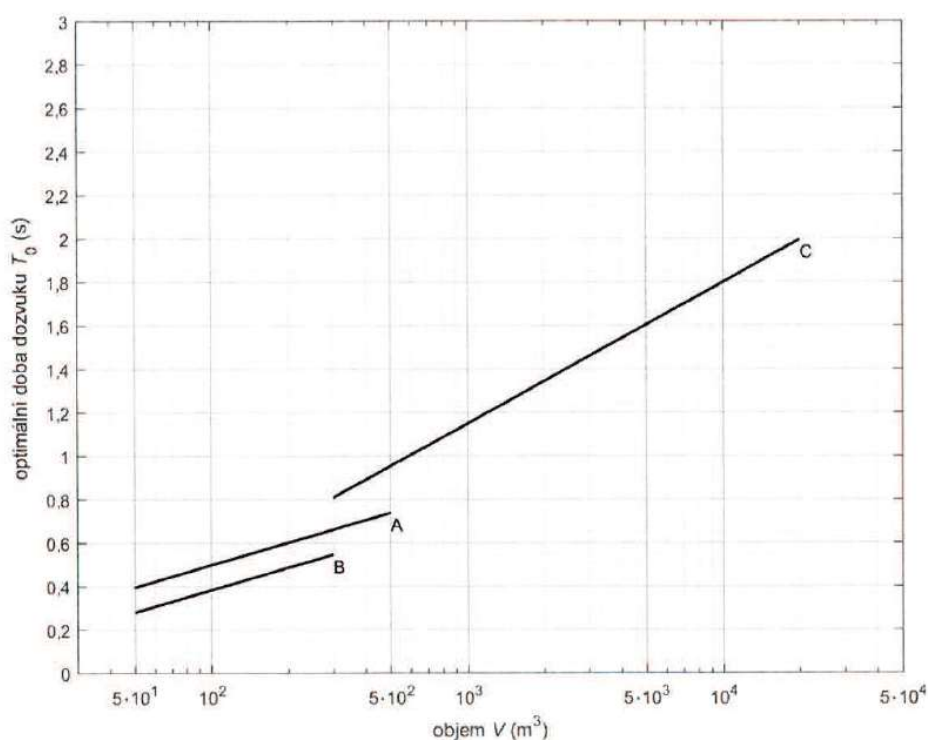
Prostor slouží jako jednací místnost určená mj. i pro videokonference pro cca 20 lidí s obvyklým zařízením.

3. Požadavky na dobu dozvuku resp. akustickou úpravu

Optimální doba dozvuku T_0 resp. akustická úprava v akusticky náročných prostorách je dána jejich objemem a způsobem využití.

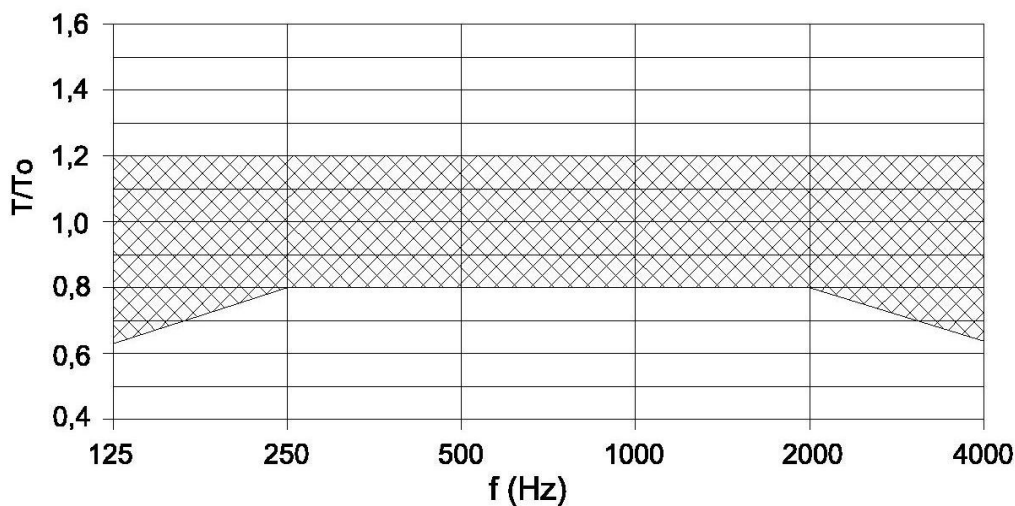
Pro stanovení doporučených hodnot doby dozvuku vyjdeme z ČSN 73 0527. Požadavky normy na dobu dozvuku v posuzovaných prostorách nejsou v tomto případě závazné. Doporučení normy poslouží pouze jako vhodná reference a cílem následného návrhu prostorové akustiky bude se těmito doporučenými hodnotám přiblížit.

Pro jednací místnosti ČSN 73 0527 stanovuje optimální dobu dozvuku T_0 . Optimální doba dozvuku T_0 se stanoví podle objemu místnosti a způsobu využití z následujícího normou udávaného obrázku. Pro videokonferenční a jednací místnosti se zvýšeným nárokem na srozumitelnost platí křivka B.



Závislost optimální doby dozvuku T_0 (s) pro kmitočet 1000 Hz
 na objemu V (m^3) uzavřeného prostoru.

Frekvenční průběh doby dozvuku by měl v případě jednací místnosti se zvýšeným nárokem na srozumitelnost (prostor určených k přednesu řeči) probíhat v rozsahu 125-4000 Hz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz následující obrázek.



Konkrétní požadavky na řešení prostor dle ČSN 73 0527 jsou v našem případě tyto:

Videokonferenční a jednací místnost se zvýšeným nárokem srozumitelnosti

Objem: $V = \text{cca } 147 \text{ m}^3$

Optimální doba dozvuku: $T_0 = 0,44 \text{ s}$

Uvedené hodnoty doby dozvuku by měly zaručit dostatečnou srozumitelnost řeči a snížit vnímanou hlučnost prostoru, vzhledem k předpokládané funkci.

Pro zajištění akustického komfortu je nutné sledovat nejen výměru zvukově pohltivých prvků snižujících dobu dozvuku, ale také jejich rozmístění, vzhledem k předpokládaným lokacím významných zdrojů rušení atd.

Dalším jevem, který je v rámci této zprávy řešen, je vliv třepotavých ozvěn, které vznikají vždy mezi dvojicí rovnoběžných a zvukově odrazivých ploch. Tyto třepotavé ozvěny způsobují nežádoucí nárůst doby dozvuku a tím zhoršení srozumitelnosti.

4. Materiály pro akustickou úpravu

Při návrhu akustické úpravy byly za základ vzaty požadavky uvedené v kapitole 3.

Z výsledků měření doby dozvuku v současném stavu je zřejmé, že doba dozvuku řešeného prostoru překročuje doporučené optimální hodnoty. Proto by měl být prostor akusticky upraven, aby bylo zajištěno snížení doby dozvuku, a tím i zlepšení srozumitelnosti na optimální úroveň. Návrh těchto úprav je předmětem této zprávy.

AODV – akustický obklad dřevovláknitý

Technický popis:

- Akusticky pohltivé desky vyráběné z dřevěné vlny (šířka vlákna 2 mm) pojené akustickým magnezitem.
- Vysoký činitel zvukové pohltivosti zejména v oblasti středních a vyšších frekvencí.
- Tloušťka desek (25 mm)
- Přímo za deskami je vložena minerální izolace o tloušťce 25 mm (hmotnost akustické izolace 90 kg/m³).
- Hodnoty zvukové pohltivosti této konfigurace deklarované výrobcem jsou uvedeny níže.

Činitel zvukové pohltivosti α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,65	0,95	0,95	0,90	0,80	0,95

Příklad možného řešení: Knauf Ceiling Solutions HERADESIGN Fine

AOL – akustický obklad laťový

Technický popis:

- Akustický obklad na bázi dřeva s laťovanou čelní plochou.
- Panel kombinuje nízko-tónovou a širokopásmovou zvukovou pohltivost tak, aby ve frekvenčním pásmu byla naladěna na míru požadavkům dané místnosti.
- Standardní rozměry jednoho modulu 1000 x 1000 mm nebo 1000 x 2000 mm (možná optimalizace rozměrů vzhledem k potřebám a možnostem řešeného prostoru).
- Celková tloušťka panelu cca 120 mm. Jádrem panelu tvoří speciální akustický absorbent.
- Uvažované hodnoty zvukové pohltivosti jsou uvedeny níže.

Zvuková pohltivost alfa					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3

Příklad možného řešení: Fonica FRAMEX T/C

5. Stručný popis akustických úprav

Níže jsou obecně popsány uvažované akustické úpravy řešeného prostoru.

Úprava stropu

- **Cca 20 m² AODV – akustický obklad dřevovláknitý** (bližší popis viz kapitola 4), který vytvoří na středu stropu přes celou délku místnosti podhledový pruh šířky cca 3,24 m. Uvažované svěšení tohoto podhledu min. 300 mm od stropu.
- **Cca 28 m² AOL – akustický obklad laťový** (bližší popis viz kapitola 4), který vytvoří kolem obkladu AODV po stranách stropu přes celou délku místnosti dva podhledové pruhy. Uvažované svěšení tohoto podhledu cca 190 mm od stropu. Tímto by mělo být dodržena vzduchová mezera nad obkladem 70 mm k potřebám vedení kabeláže nad obkladem.

Uvažované rozmístění a odsazení akustických obkladů viz výkresová příloha.

Úprava krátké prezentační stěny

- **Cca 8 m² AODV – akustický obklad dřevovláknitý s vloženou minerální izolací** (bližší popis viz kapitola 4), umístěn na středu kratší prezentační stěny, na které bude umístěna obrazovka společně se soundbarem. Obklad vytvoří na středu stěny přes celou výšku místnosti pruh šířky cca 3,24 m. Uvažované odsazení čelní plochy obkladu od zdi min. 230 mm. Přímo za dřevovláknitými panely uchycena minerální izolace, tak aby nespadla do vzduchové mezery mezi aku. deskou a stěnou.
- **Cca 11 m² AOL – akustický obklad laťový** (bližší popis viz kapitola 4), vytvoří kolem obkladu AODV po stranách stěny přes celou výšku místnosti dva pruhy. Uvažované odsazení od zdi cca 120 mm.

Uvažované rozmístění a odsazení akustických obkladů viz výkresová příloha.

Podlaha

Na podlaze je uvažováno s položením sametového vinylu FLOTEX (výrobce Forbo).

6. Popis použitých prvků k ozvučení místnosti a jejich umístění

Vzhledem k potřebám ozvučení místnosti mj. na videokonferenční hovory je v této kapitole navrženo použití reproduktorů a jejich umístění v místnosti.

Na prezentační stěně je nad uvažovaným umístěním obrazovky navržena instalace soundbaru (přesný typ poskytnutý objednatelem). Soundbar v sobě zároveň obsahuje webkamery pro uskutečňování videokonferencí.

Ze simulací v akustickém modelu vyplývá, že umístěním pouhého soundbaru by pro dostatečnou úroveň hlasitosti (a tím i srozumitelnosti přednesu) znamenalo, že by v prostoru byla úroveň hlasitosti nevyrovnaná (pro zajištění odpovídající hlasitosti ve vzdálenějších místech by bližší místa byla více exponovaná, což by mělo negativní vliv na poslechový komfort).

Vzhledem k tomuto faktu byly provedeny výpočty nejen s použitím soundbaru, ale zároveň doplněním místnosti o stropní reproduktory. Z porovnání výsledků obou výpočtů, které je součástí přílohy 2, je zjevné, že ozvučením prostoru soundbarem v kombinaci se stropními reproduktory, jejichž rozmístění na stropní ploše by mělo být rovnoměrné, bude docílena vyrovnaná úroveň hlasitosti, a tím i lepší srozumitelnost reprodukované řeči. Umístění stropních reproduktorů je s tímto ohledem navrženo v místech stropního podhledu AODV – akustický obklad dřevovláknitý, a to u jeho hrany tak, aby směřování zvuku probíhalo nad sedícími.

V rámci simulací bylo uvažováno s následujícími obecnými **parametry stropních reproduktorů**:

- Frekvenční rozsah: min. 90 Hz – 16 kHz
- Rozptylový úhel: 120–150°
- Max SPL: min. 100 dB @ 1 m / peak

Referenční výrobky:

Bose Professional FreeSpace FS2C

RCF MX 50C

RCF PL 8X

Dle konkrétního použitého typu reproduktorů je pak nezbytné doplnit odpovídající výkonovou a signálově-distribuční část ozvučovacího řetězce (koncový zesilovač, audio matice, propojení se soundbarem apod.).

Podrobný návrh řešení ozvučovacího řetězce nebyl předmětem této studie.

7. Výpočty doby dozvuku

Výpočty doby dozvuku byly provedeny dle ČSN 73 0525 podle Eyringova vztahu:

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4mV} \text{ (s)} \quad /1/$$

kde V ... objem místnosti

S ... celková plocha ohraničujících stěn místnosti

α_s ... střední činitel zvukové pohltivosti (-)

m ... činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední činitel zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} \text{ (-)} \quad /2/$$

kde S_i ... je dílčí pohltivá plocha (m^2)

α_i ... činitel zvukové pohltivosti dílčí plochy (-)

Výpočty doby dozvuku byly provedeny podle ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527 v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 kHz. Cílové doby dozvuku T_0 resp. způsob a rozsah akustické úpravy byly voleny v souladu s požadavky v kapitole 3.

Vypočítané doby dozvuku řešených prostor jsou uvedeny ve výpočetních přílohách, kde je graficky znázorněn frekvenční průběh vypočítané doby dozvuku v porovnání s průběhem doby dozvuku bez akustických úprav. Činitele zvukové pohltivosti α vstupující do výpočtů byly stanoveny na základě odborné literatury, firemních údajů a provedených měření stejných nebo podobných akustických materiálů a prvků.

8. Závěr

Navrženými akustickými úpravami dle kapitoly 5 dojde k dosažení vhodných hodnot doby dozvuku a tím i dobré srozumitelnosti řeči. Vypočtené doby dozvuku po navržených aku. úpravách znázorňuje zelená křivka v grafu v příloze 1 v porovnání s tolerančním pásmem dle ČSN 73 0527 a pásmem srozumitelnosti řeči (500-2000 Hz).

Nižší doba dozvuku, než stanovená není na závadu, naopak přispívá k lepší srozumitelnosti, např. v případě komunikace v cizích jazycích.

Ozvučením prostoru soundbarem v kombinaci se stropními reproduktory, jejichž rozmístění na stropní ploše by mělo být rovnoměrné, bude docílena vyrovnaná úroveň hlasitosti, a tím i lepší srozumitelnost reprodukované řeči, než v případě použití samostatného soundbaru, viz *příloha 2*.

Akustické parametry (doba dozvuku) závisí nejen na rozsahu akustické úpravy, ale také jejich rozmístění. Dojde-li k výraznějším změnám oproti tomto návrhu, je nutné je konzultovat s akustikem.

Projekt a zprávu vypracovali:

BcA. Adam POBOŘIL
Jan BRETŠNAJDR, BSc.
Ing. Ondřej SIMON
Ing. Petr NOVÁK

V Praze 26. 5. 2025

Použité podklady:

- /1/ Podklady poskytnuté objednatelem
- /2/ ČSN 73 0525 – Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady. 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/ ČSN EN 12354-6 - Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech. Příloha C.
- /5/ Prospekty, katalogy a www stránky

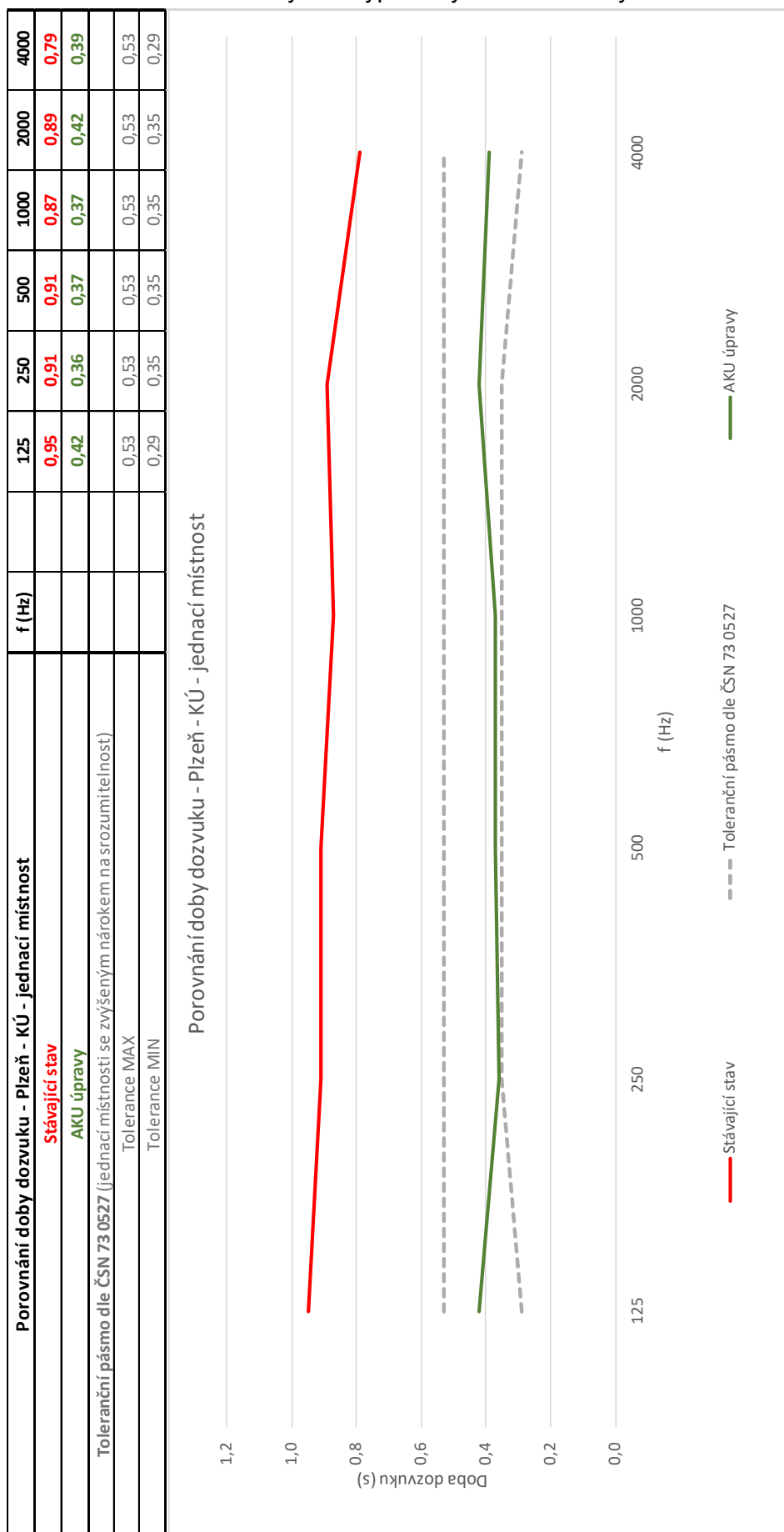
Přílohy součástí zprávy:

Příloha 1 – Graf naměřených a vypočtených hodnot doby dozvuku po akustických úpravách
Příloha 2 – Porovnání hodnot SPL(A) (*Ozvučení pouze soundbarem / Ozvučení soundbarem a čtyřmi stropními reproduktory*)

Přílohy mimo zprávu:

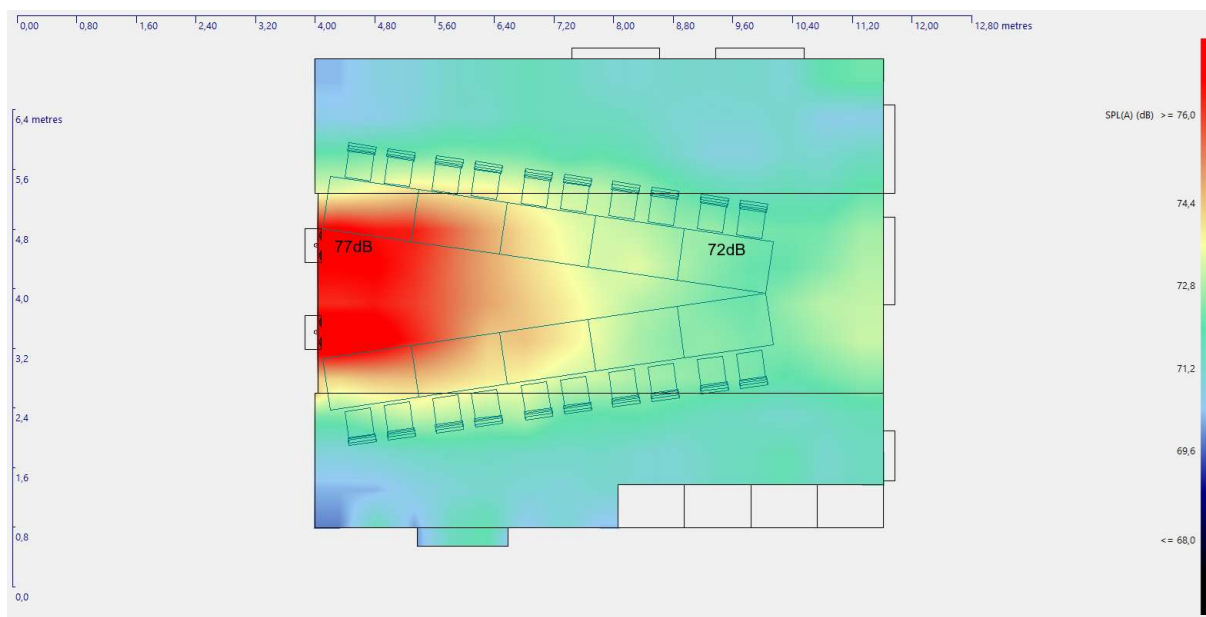
Příloha 3 – Náčrt místnosti s vyznačenými plochami pokrytí akustickými materiály.
(*Příloha 3_250526_Plzeň_KÚ_jednací místnost.pdf*)

Příloha 1 – Graf naměřených a vypočtených hodnot doby dozvuku



Příloha 2 – Porovnání hodnot SPL(A)

Ozvučení pouze soundbarem:



Ozvučení soundbarem a čtyřmi stropními reproduktory:

