



Studio D - akustika s.r.o.

U Sirkárny 467/2a, 370 04 České Budějovice
www.akustikad.com, akustikad@akustikad.com
fax: 387 202 590, mobil: 737 705 636

AKUSTICKÝ POSUDEK

Prostorová akustika vybraných místností v projektu „Mateřská škola Za Lávkami, Dačice“

Objednatel DELTA projekt s.r.o.
Antonínská 15
380 01 Dačice

Číslo zakázky 15010809-2

Datum vydání 2015-08-27

Vypracoval Jan Dolejší, mobil: 733 716 153
Pavel Stejskal, mobil: 739 055 213

Počet výtisků 2

Výtisk číslo 1 2 (E)

© Všechna práva vyhrazena

Obsah tohoto Akustického posudku je chráněn Autorským zákonem.

Bez písemného svolení zpracovatele Studio D – akustika s.r.o. se nesmí Akustický posudek reprodukovat jinak než celý.

Obsah

1	Všeobecná část	5
1.1	Předmět zkoušky.....	5
1.2	Metodické předpisy	5
1.1.1	Standards.....	5
1.1.2	Pomocné standardy	5
1.3	Použité softwary	5
1.4	Dokumentace	6
2	Výsledková část.....	9
2.1	Denní místnost - herna.....	9
2.1.1	Popis prostoru.....	9
2.1.2	Návrh akustických úprav	9
2.1.3	Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách.....	10
2.1.4	Akustická simulace a její hodnocení	11
2.2	Denní místnost - ložnice	12
2.2.1	Popis prostoru.....	12
2.2.2	Návrh akustických úprav	12
2.2.3	Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách.....	13
2.2.4	Akustická simulace a její hodnocení	14
2.3	1.22 – Víceúčelový sál.....	15
2.3.1	Popis prostoru.....	15
2.3.2	Akustické řešení místnosti	15
2.3.3	Návrh akustických úprav	16
2.3.4	Detailní popis použitých akustických materiálů	16
2.3.5	Akustická simulace a její hodnocení	17
2.3.6	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (80 % obsazenost)	21
3	Interpretace.....	24
3.1	Vysvětlivky hodnocených parametrů	24
3.2	Vyhodnocení.....	25
4	Přílohy	26
4.1	Použité podklady	26
4.2	Výkresová dokumentace.....	26

Seznam obrázků

Obr. 1: Půdorys 1NP řešeného prostoru	6
Obr. 2: Půdorys 2NP řešeného prostoru	7
Obr. 3: Řez A-A' daným prostorem	8
Obr. 4: Pohled do akustického modelu prostoru	15
Obr. 5: Pohled do akustického modelu prostoru	15
Obr. 6: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	17
Obr. 7: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	17
Obr. 8: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)	18
Obr. 9: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	21
Obr. 10: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	21
Obr. 11: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	21
Obr. 12: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	22
Obr. 13: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	22
Obr. 14: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	22
Obr. 15: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou	23
Obr. 16: Srozumitelnost řeči STI v úrovni 1,20 m nad podlahou	23
Obr. 17: Půdorys 1NP – akustické řešení v daném prostoru	26
Obr. 18: Půdorys 2NP – akustické řešení v daném prostoru	27
Obr. 19: Řez A-A' daným prostorem	28

Seznam tabulek

Tab. 1: Tabulka navrhovaných širokopásmových obkladů stropu v posuzovaném prostoru	9
Tab. 2: Minimální hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.....	10
Tab. 3: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.....	10
Tab. 4: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.....	10
Tab. 5: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2)	11
Tab. 6: Tabulka navrhovaných širokopásmových obkladů stropu v posuzovaném prostoru	12
Tab. 7: Minimální hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.....	13
Tab. 8: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.....	13
Tab. 9: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.....	13
Tab. 10: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2)	14
Tab. 11: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru.....	16
Tab. 12: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.....	16
Tab. 13: Požadavky na prostory pro kulturní účely (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 1) – výňatek	18
Tab. 14: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	19
Tab. 15: Porovnání simulované průměrné doby dozvuku T_{30} pro 80 % a 100 % obsazenost lidmi a meze jejich tolerančního pásma v místnosti	19
Tab. 16: Souhrnná tabulka navržených materiálů	25

Seznam grafů

Graf 1: Porovnání simulované průměrné doby dozvuku T_{30} pro 80 % a 100 % obsazenost lidmi a meze jejich tolerančního pásma v posuzované místnosti	20
Graf 2: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin doby dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v posuzovaném prostoru pro 80 % obsazenost	20

1 Všeobecná část

1.1 Předmět zkoušky

Tato studie byla vypracována na základě objednávky, s cílem vypracovat a posoudit návrh prostorové akustiky vybraných místností v projektu „Mateřská škola Za Lávkami, Dačice“ ulice Krajířova 27, 380 01 Dačice, par. č. 2713/2.

Byly vybrány prostory, které budou opatřeny zavěšenými akustickými podhledy a případnými dalšími opatřeními.

V simulovaném prostoru je dáván důraz na kvalitu prostorové akustiky (dle ČSN 73 0527:2005), zejména ale pak na kvalitu a funkčnost provedených akustických opatření vč. všech dalších nároků.

Místnosti se nachází v 1NP a 2NP.

Před provedením akustických úprav prostorů důrazně doporučujeme provést měření parametrů prostorové akustiky, aby bylo možné zkalibrovat řešení dle skutečného provedení.

1.2 Metodické předpisy

1.1.1 Standardy

- **ČSN EN ISO 3382-1:2009** Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 1 : Prostory pro přednes hudby a řeči
- **ČSN EN ISO 354:2003** Akustika – Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti
- **ČSN EN ISO 11654:1998** Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- **ČSN EN 12354-6:2004** Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech

1.1.2 Pomocné standardy

- **ČSN 73 0525:1998** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- **ČSN 73 0526:1998** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku
- **ČSN 73 0527:2005** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely

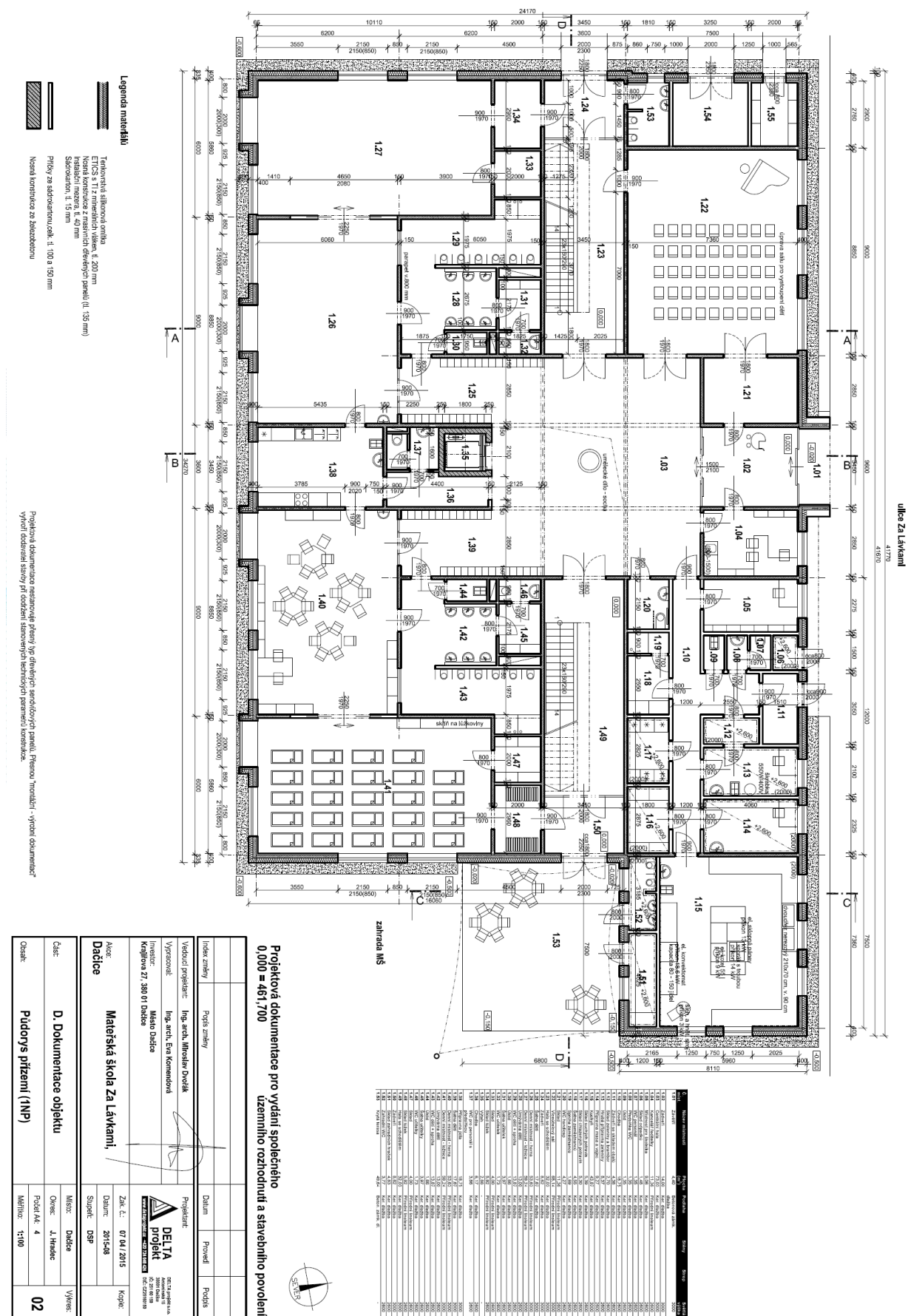
1.3 Použité softwary

Cinema 4D V11.027

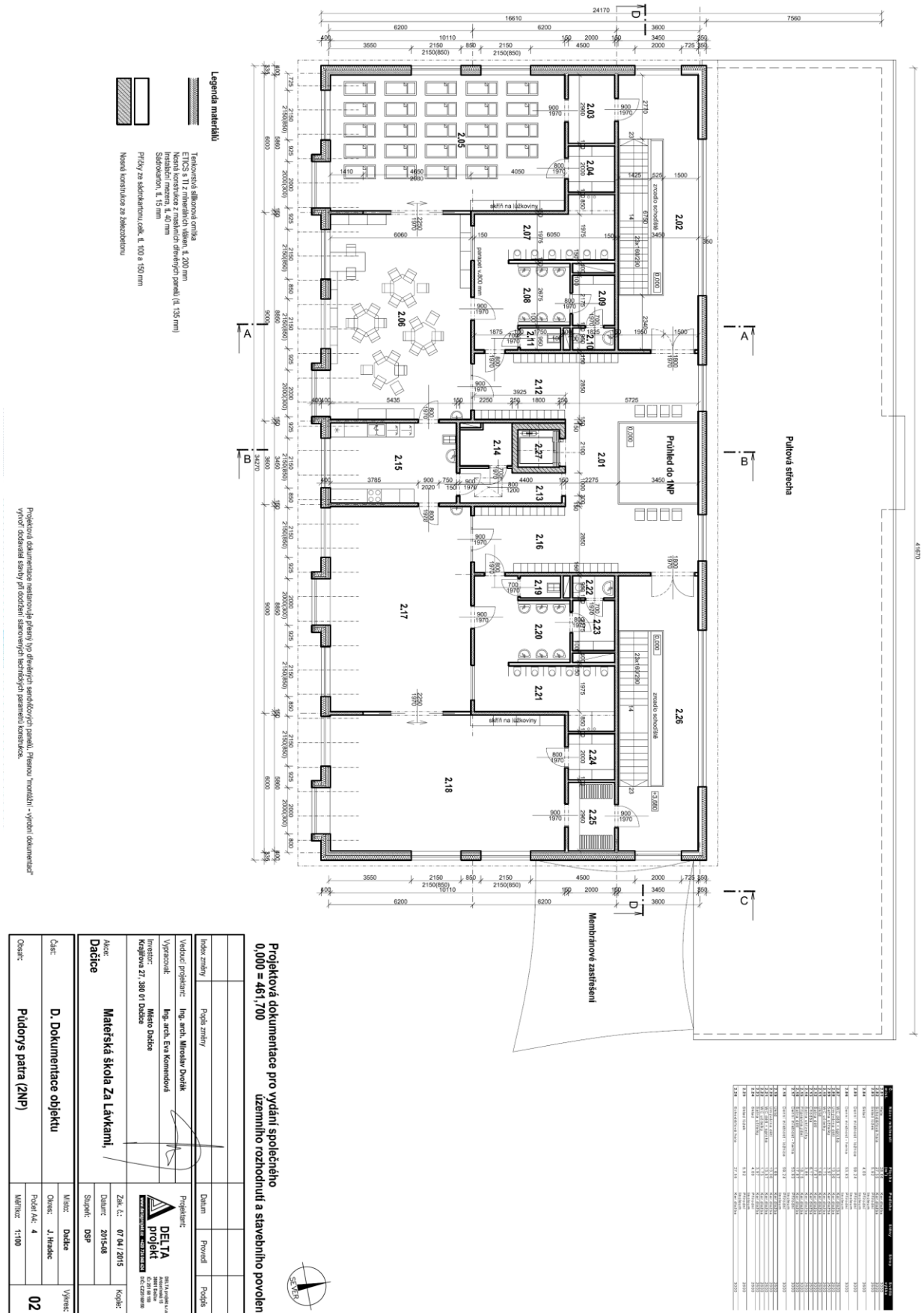
Odeon Auditorium v. 13.00

MS Excel

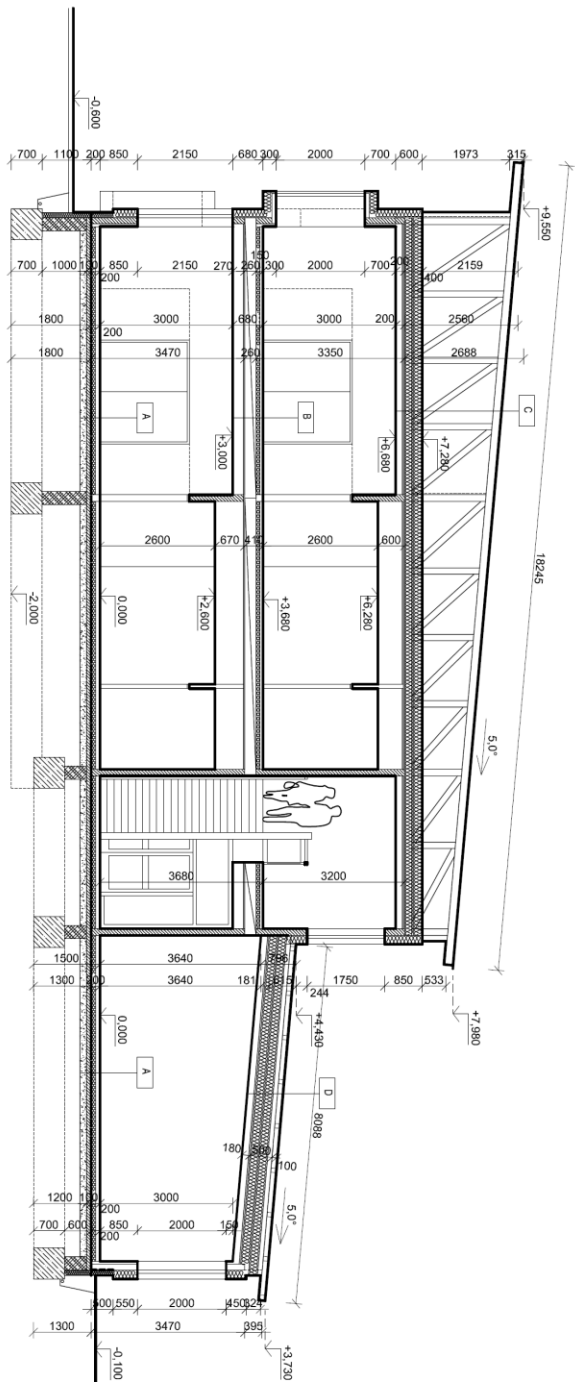
1.4 Dokumentace



Obr. 1: Půdorys INP řešeného prostoru



Obr. 2: Půdorys 2NP řešeného prostoru



Legenda skladeb

- A** PODLAHA NA TERENU
Přirodní linoletum, tl. 2,5 mm celoplošně lepené k podkladu disperzním lepidlem/variantně keramická dlažba do flexibilního tmele, tl. 10 mm
Anhydrit, tl. 40 mm
Systémová EPS deska pro nízkoenergetický teplovodní podlahový vytápění, tl. 50 mm
Tepelná izolace z EPS 100 S, tl. 100 mm
Ochranná geotextilie mň. 300 g/m²
Hydroizolace PVC-P, tl. 1,5 mm
Podkladní beton, C16/20 vč. sítě KARI 100/100/5 mm, tl. 100 mm
Separační PE fólie, tl. 0,2 mm
Finální štuková vrstva tl. 150 mm, štuk frakce 16/32 + 4/8
- B** STŘEŠNÍ NAD NP
Přirodní linoletum, tl. 2,5 mm celoplošně lepené k podkladu disperzním lepidlem/variantně keramická dlažba do flexibilního tmele, tl. 10 mm
Anhydrit, tl. 40 mm
Systémová EPS deska pro nízkoenergetický teplovodní podlahový vytápění, celk. tl. 50 mm
Tepelná izolace z EPS 100 S, tl. 100 mm
Ochranná geotextilie mň. 300 g/m²
Hydroizolace PVC-P, tl. 1,5 mm
Podkladní beton, C16/20 vč. sítě KARI 100/100/5 mm, tl. 100 mm
Separační PE fólie, tl. 0,2 mm
Finální štuková vrstva tl. 150 mm, štuk frakce 16/32 + 4/8
- C** PLITVOVÁ STŘECHA NAD 2NP
Plechová krytina FeZn s ochrannou barevnou vrstvou, barvy světlé šedé
Přípojový lepený mekání strukturovaní odlišit rohož pod tlakovou krytinu
Dřevěná příhradová vazníky se svýzkovými plechy s protiskluzovými úchyty
Krycí dílci podlaží podlaží kontakti
Tepelná izolace z mň. vláken, celk. tl. 400 mm
Parotěsná fólie s reflexní aluminičovou vrstvou s přilepenými spoji
Překážka, tl. 25 mm
Deskový obklad s přešpanou poštou odlišit
Závěšený akustický stropní podhled (širokopásmový obklad stropu), celk. v. světlání 150 mm
- D** PLITVOVÁ STŘECHA PŘÍZEMNÍ ČÁSTI
Plechová krytina FeZn s ochrannou barevnou vrstvou, barvy světlé šedé
Přípojový lepený mekání strukturovaní odlišit rohož pod tlakovou krytinu
Dřevěná příhradová vazníky se svýzkovými plechy s protiskluzovými úchyty
Krycí dílci podlaží podlaží kontakti
Tepelná izolace z mň. vláken, celk. tl. 400 mm
Parotěsná fólie s reflexní aluminičovou vrstvou s přilepenými spoji
Překážka, tl. 25 mm
Deskový obklad s přešpanou poštou odlišit
Závěšený akustický stropní podhled (širokopásmový obklad stropu), celk. v. světlání 150 mm

Poznámky:

Projektová dokumentace nestanovuje přesný typ dřevěných sendvičových panelů. Přesnou "množinu" výrobní dokumentací vytvoří dodavatel stavby při dodání stavebních technických parametrů konstrukce.

Projektová dokumentace pro vydání společného územního rozhodnutí a stavebního povolení
0,000 = 461,700

Index zrnění	Popis zrnění	Datum	Provedl	Podpis
Vedoucí projektant:	Ing. arch. Miroslav Dvořák	Projektant:	DELTA projekt	DELTA projekt s.r.o. 38801 Hradec IČ: 251 69 190 DIČ: CZ25169190
Vypracoval:	Ing. arch. Eva Komentová	Investor:	Město Dačice	Krajova 27, 380 01 Dačice
Alce:	Mateřská škola Za Lávkami, Dačice	Zak. č.:	07 04 / 2015	Kopie:
Datum:	2015-08	Okres:	J. Hradec	Číslo Ak.: 2
Stupeň:	DSP	Měřítko:	1:100	03
Část:	D. Dokumentace objektu	Místo:	Dačice	Výřez:
Ossat:	Řez A-A			

Obr. 3: Řez A-A daným prostorem

2 Výsledková část

2.1 Denní místnost - herna

2.1.1 Popis prostoru

Jednotlivé shodné místnosti ozn. 1.26; 1.40; 2.05; 2.17 – Denní místnost - herna má délku 8,85 m a šířku 6,06 m. Světla výška místnosti je 3,0 m.

Objem prostoru je cca $V = 160,89 \text{ m}^3$ a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 196,72 \text{ m}^2$.

Prostor bude sloužit, jako místnost pro hry dětí předškolního věku.

2.1.2 Návrh akustických úprav

Akustický model nebyl vytvořen z důvodu požadovaného širokopásmového obkladu stropu (dle ČSN 73 0527:2005). Veškeré akustické úpravy budou probíhat dle příloh (viz přílohy) a to ve třech možných variantách.

Širokopásmový obklad stropu je obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

Uvažované ostatní konstrukční materiály: Přírodní linoleum tl. 2,5 mm celoplošně lepené k anhydritovému podkladu tl. 40 mm tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Obvodové stěny jsou tvořeny z masivních dřevěných panelů tl. 135 mm, které jsou z interiérové strany doplněny SDK předstěnou. Stropní konstrukci tvoří velkoplošné žebrové elementy s deskovým obkladem, na které bude zavěšen navrhovaný širokopásmový obklad stropu. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

Varianta č.	Označení materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m^2	Poznámka
1	AP1	Cca 50 mm	Sádrokartonové perforované stropní kazety s viditelným rastrem 600 x 600 x 12,5 mm, doplněno o minerální izolaci tl. 50 mm	Cca 53,63 m^2	Klasifikováno jako širokopásmový obklad stropu . Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)
2	AP2	Cca 200 mm	Sádrokartonové perforované stropní desky s krytým rastrem 1200 x 2000 x 12,5 mm, doplněno o minerální izolaci tl. 50 mm	Cca 53,63 m^2	Klasifikováno jako širokopásmový obklad stropu . Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)
3	AP3	Cca 150 mm	Stropní desky s jádrem ze skleného vlákna 600 x 600 x 15 mm	Cca 53,63 m^2	Klasifikováno jako širokopásmový obklad stropu . Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)

Tab. 1: Tabulka navrhovaných širokopásmových obkladů stropu v posuzovaném prostoru

2.1.3 Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách

AP1: Sádrokartonové stropní kazety s děrováním. Pravidelné děrování ve tvaru šestihranu o průměru 11 mm. Podíl děrování 17 %. Rozměr kazety 600 x 600 x 12,5 mm. Kladeno do rastru. Systém doplněn o minerální izolaci tl. 50 mm ze sklených vláken s použitím, jako zvuková izolace.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP1	0,45	0,65	0,85	0,85	0,75	0,75	0,85	B

Tab. 2: Minimální hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

AP2: Sádrokartonové stropní velkoformátové desky s děrováním. Pravidelné čtvercové děrování s hranou 12 mm. Podíl děrování 23 %. Rozměr kazety 1 200 x 2 000 x 12,5 mm. Bezespáré, montováno na zavěšený rastr. Z rubové strany opatřeno akusticky účinnou netkanou textilií (tzv. vliesem). Systém doplněn o minerální izolaci tl. 50 mm ze sklených vláken s použitím, jako zvuková izolace.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP2	0,65	0,90	0,95	0,85	0,85	0,65	0,85(L)	A

Tab. 3: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.

AP3: Stropní desky s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný povrch je pokryt skelnou tkaninou v bílé barvě. Zadní plocha pokryta sklovláknitou tkaninou. Rohy jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 600 x 600 x 15 mm. Instalováno do pozinkovaného roštu.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP3	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	A

Tab. 4: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.

2.1.4 Akustická simulace a její hodnocení

Dle normy ČSN 73 0527:2005 *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely* je pro dané využití místnosti (učebna gymnastiky a tance) bez jakéhokoli dalšího posouzení požadován širokopásmový obklad stropu, což je obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

Akustický model nebyl tudíž na základě tohoto normového požadavku vytvořen.

Prostor	Objem (m ³) (orientačně)	Doba T ₀ (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím T/T ₀	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,70	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 - 180	0,45	A.4	
Audiovizuální učebna	200	0,60	A.4	
Učebna hudební výchovy	200	0,90	A.3	
Učebna hudební výchovy při reprodukováné hudbě	200	0,50	A.3	
Učebna hry na individuální nástroje a sólového zpěvu	80 až 120	0,70	A.3	
Učebna orchestrální hry hudebních škol	-	Závislost 2 – A.1	A.2	Objem V ≥ 6000 m ³
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	-	Závislost 5 – A.1	A.8	
Sborovna nebo konferenční místnost	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Učebna pracovní výuky	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Učebna gymnastiky a tance	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Místnost pro hry v mateřských školách a školních družinách	130 až 200	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Denní místnost jeslí	150	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Školní jídelna, menza	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	...

Tab. 5: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2)

2.2 Denní místnost - ložnice

2.2.1 Popis prostoru

Jednotlivé shodné místnosti ozn. 1.27; 1.41; 2.06; 2.18 – Denní místnost - ložnice má délku 10,11 m a šířku 5,86 m. Světla výška místnosti je 3,0 m.

Objem prostoru je cca $V = 177,73 \text{ m}^3$ a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 214,3 \text{ m}^2$.

Prostor bude sloužit, jako místnost pro odpočinek dětí předškolního věku.

2.2.2 Návrh akustických úprav

Akustický model nebyl vytvořen z důvodu požadovaného širokopásmového obkladu stropu (dle ČSN 73 0527:2005). Veškeré akustické úpravy budou probíhat dle příloh (viz přílohy) a to ve třech možných variantách.

Širokopásmový obklad stropu je obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

Uvažované ostatní konstrukční materiály: Přírodní linoleum tl. 2,5 mm celoplošně lepené k anhydritovému podkladu tl. 40 mm tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Obvodové stěny jsou tvořeny z masivních dřevěných panelů tl. 135 mm, které jsou z interiérové strany doplněny SDK předstěnou. Stropní konstrukci tvoří velkoplošné žebrové elementy s deskovým obkladem, na které bude zavěšen navrhovaný širokopásmový obklad stropu. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

Varianta č.	Označení materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m^2	Poznámka
1	AP1	Cca 50 mm	Sádrokartonové perforované stropní kazety s viditelným rastrem 600 x 600 x 12,5 mm, doplněno o minerální izolaci tl. 50 mm	Cca 59,24 m^2	Klasifikováno jako širokopásmový obklad stropu . Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)
2	AP2	Cca 200 mm	Sádrokartonové perforované stropní desky s krytým rastrem 1200 x 2000 x 12,5 mm, doplněno o minerální izolaci tl. 50 mm	Cca 59,24 m^2	Klasifikováno jako širokopásmový obklad stropu . Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)
3	AP3	Cca 150 mm	Stropní desky s jádrem ze skleného vlákna 600 x 600 x 15 mm	Cca 59,24 m^2	Klasifikováno jako širokopásmový obklad stropu . Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)

Tab. 6: Tabulka navrhovaných širokopásmových obkladů stropu v posuzovaném prostoru

2.2.3 Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách

AP1: Sádrokartonové stropní kazety s děrováním. Pravidelné děrování ve tvaru šestihranu o průměru 11 mm. Podíl děrování 17 %. Rozměr kazety 600 x 600 x 12,5 mm. Kladeno do rastru. Systém doplněn o minerální izolaci tl. 50 mm ze sklených vláken s použitím, jako zvuková izolace.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP1	0,45	0,65	0,85	0,85	0,75	0,75	0,85	B

Tab. 7: Minimální hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

AP2: Sádrokartonové stropní velkoformátové desky s děrováním. Pravidelné čtvercové děrování s hranou 12 mm. Podíl děrování 23 %. Rozměr kazety 1 200 x 2 000 x 12,5 mm. Bezespáré, montováno na zavěšený rastr. Z rubové strany opatřeno akusticky účinnou netkanou textilií (tzv. vliesem). Systém doplněn o minerální izolaci tl. 50 mm ze sklených vláken s použitím, jako zvuková izolace.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP2	0,65	0,90	0,95	0,85	0,85	0,65	0,85(L)	A

Tab. 8: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.

AP3: Stropní desky s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný povrch je pokryt skelnou tkaninou v bílé barvě. Zadní plocha pokryta sklovláknitou tkaninou. Rohy jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 600 x 600 x 15 mm. Instalováno do pozinkovaného roštu.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP3	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	A

Tab. 9: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.

2.2.4 Akustická simulace a její hodnocení

Dle normy ČSN 73 0527:2005 *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely* je pro dané využití místnosti (učebna gymnastiky a tance) bez jakéhokoli dalšího posouzení požadován širokopásmový obklad stropu, což je obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

Akustický model nebyl tudíž na základě tohoto normového požadavku vytvořen.

Prostor	Objem (m ³) (orientačně)	Doba T ₀ (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím T/T ₀	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,70	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 - 180	0,45	A.4	
Audiovizuální učebna	200	0,60	A.4	
Učebna hudební výchovy	200	0,90	A.3	
Učebna hudební výchovy při reprodukované hudbě	200	0,50	A.3	
Učebna hry na individuální nástroje a sólového zpěvu	80 až 120	0,70	A.3	
Učebna orchestrální hry hudebních škol	-	Závislost 2 – A.1	A.2	Objem V ≥ 6000 m ³
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	-	Závislost 5 – A.1	A.8	
Sborovna nebo konferenční místnost	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Učebna pracovní výuky	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Učebna gymnastiky a tance	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Místnost pro hry v mateřských školách a školních družinách	130 až 200	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Denní místnost jeslí	150	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Školní jídelna, menza	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	...

Tab. 10: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 2)

2.3 1.22 – Víceúčelový sál

2.3.1 Popis prostoru

Místnost ozn. 1.22 – Víceúčelový sál má délku 8,85 m a šířku 7,36 m. Světlá výška místnosti v nejnižším místě 2,95 m.

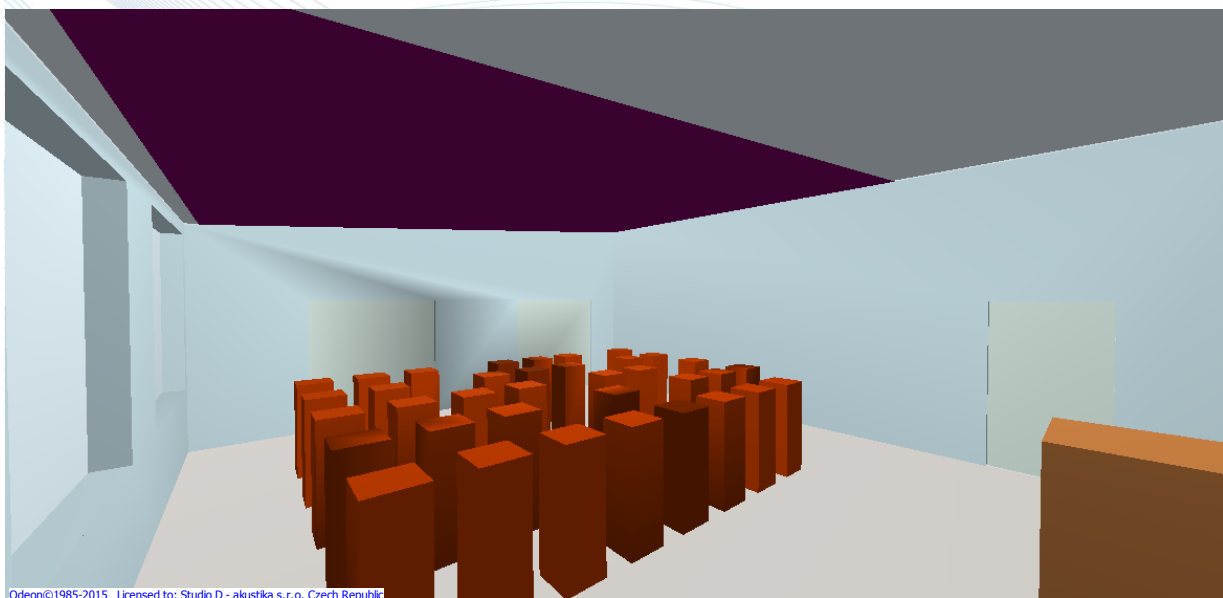
Objem prostoru je cca $V = 178,96 \text{ m}^3$ (Odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 283,30 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Celý prostor byl simulován za předpokladu osmdesátiprocentního obsazení osobami (tj. 37 osob ze 45), dle předpokládaného uspořádání. Pro názornost byla vypočítána doba dozvuku T_{30} i pro stoprocentní obsazenost lidmi (viz Graf 1).

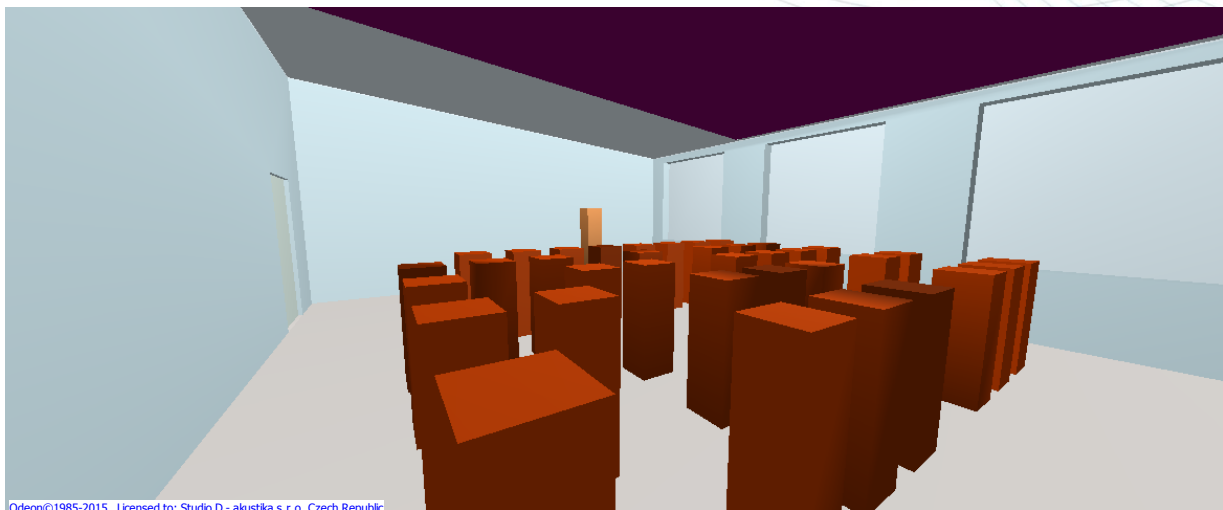
2.3.2 Akustické řešení místnosti

Na základě podkladů byl vytvořen akustický model. Před provedením akustického modelu nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalibrován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Před provedením akustických úprav prostoru doporučujeme tato měření provést, a zkalibrovat, a případně upravit akustické řešení celého prostoru.



Obr. 4: Pohled do akustického modelu prostoru



Obr. 5: Pohled do akustického modelu prostoru

2.3.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s učebnou s 80 % obsazením osobami. (ČSN 73 0527:2005).
Veškeré akustické úpravy budou probíhat dle příloh (viz přílohy).

Uvažované ostatní konstrukční materiály: Přírodní linoleum tl. 2,5 mm celoplošně lepené k anhydritovému podkladu tl. 40 mm tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Obvodové stěny jsou tvořeny z masivních dřevěných panelů tl. 135 mm, které jsou z interiérové strany doplněny SDK předstěnou. Stropní konstrukci tvoří dřevěné lepené lamelové vazníky s deskovým záklopem, na který bude zavěšen navrhovaný akustický zavěšený podhled. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

Označení materiálu	Celková hloubka systému	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
AP4	Cca 200 mm	Sádrokartonové perforované stropní desky se skrytým rastrem 1200 x 2000 x 12,5 mm	Cca 43,20 m ²	Umístit jako zavěšený stropní podhled (viz přílohy)
AP5	Cca 200 mm	Plné sádrokartonové stropní desky	Cca 22,20 m ²	Primárně slouží, jako odrazivá část – umístit nad mluvího (viz přílohy)

Tab. 11: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

2.3.4 Detailní popis použitých akustických materiálů

AP4: Sádrokartonové stropní velkoformátové desky s děrováním. Pravidelné čtvercové děrování s hranou 12 mm. Podíl děrování 23 %. Rozměr desky 1 200 x 2 000 x 12,5 mm. Bezespáré, montováno na zavěšený rastr. Z rubové strany opatřeno akusticky účinnou netkanou textilií (tzv. vliesem).

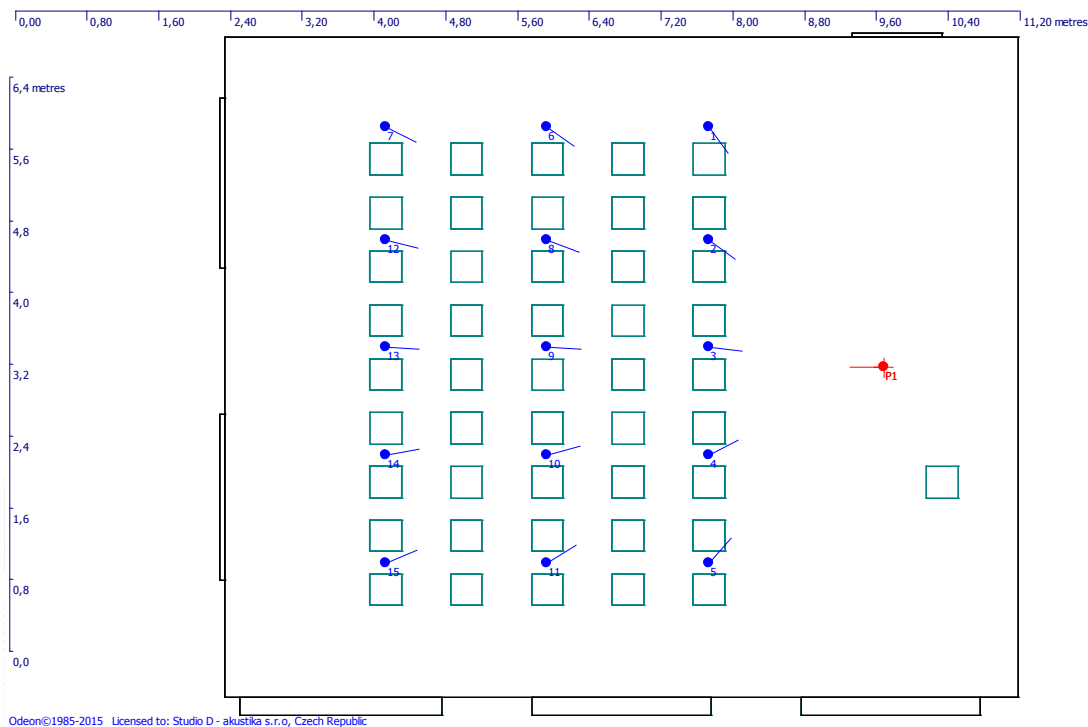
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP4	0,40	0,75	0,90	0,70	0,65	0,50	0,75	C

Tab. 12: Minimální hodnoty (hodnoty uvažované v modelu) činitele zvukové pohltivosti α [-] použitého akustického materiálu. Nutno dodržet.

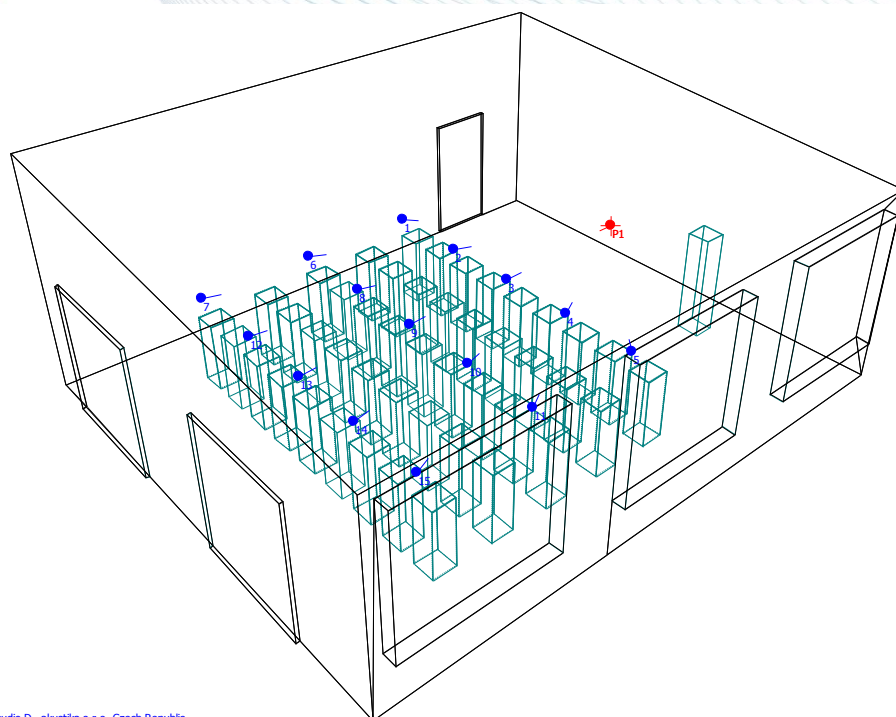
AP5: Klasické plné sádrokartonové stropní desky. Rozměr desky 1 250 x 2 000 x 12,5 mm (doporučujeme zmenšit na rozměr 1200 x 2000 mm z důvodu zachování stejného rastru s děrovaným SDK).

Bezespáré, montováno na zavěšený rastr. Primárně slouží, jako odrazivá část pro lepší distribuci zvukových paprsků do zadní části místnosti a tudíž zlepšení srozumitelnosti. Část u oken slouží, jako doplnění děrovaného SDK, tak aby odpadla nutnost jeho řezání.

2.3.5 Akustická simulace a její hodnocení



Obr. 6: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Obr. 7: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

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

Optimální doba dozvuku byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527:2005 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

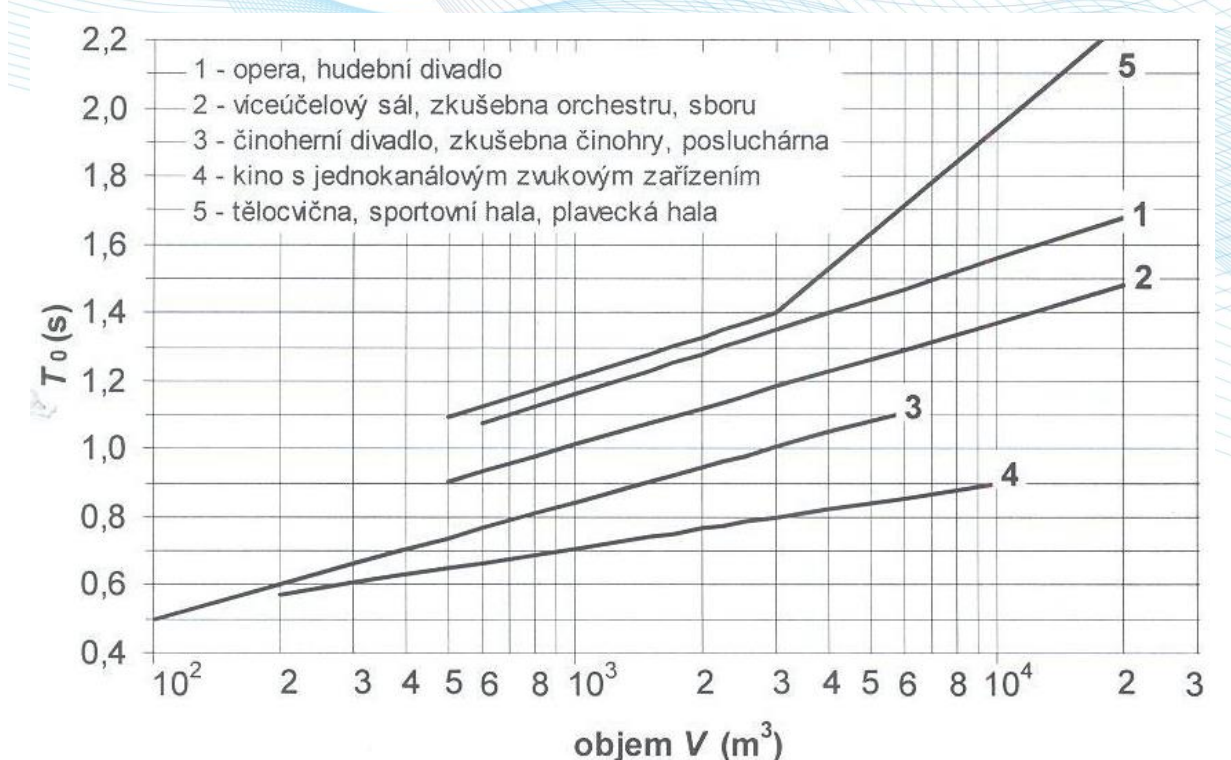
Pro dané využití a daný objem místnosti (Víceúčelový sál) byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 0,75$ s.

Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v grafu č. 1, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma jak při osmdesátiprocentním obsazení lidmi, tak při stoprocentním obsazení.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v Tab. 14.

Prostor	Počet osob	Objem na 1 osobu (m^3)	Číslo závislosti T_0 na objemu V- obrázek	Obrázek s rozmezím hodnot T/T_0	Poznámka
Víceúčelový sál	-	5 až 7	2 – A.1	A.3	
Činoherní divadlo	do 1 200	4 až 6	3 – A.1	A.4	$V \leq 6\,000\,m^3$
Zkušebna činohry	130 - 180	4 až 6	3 – A.1	A.4	
Přednáškový sál	-	4 až 5	3 – A.1	A.4	$V \leq 2\,000\,m^3$
...

Tab. 13: Požadavky na prostory pro kulturní účely (ČSN 73 0527:2005, Tabulka 1) – výňatek



Obr. 8: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527:2005)

Frekvence [Hz]	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Simulace T_{30} [s]	0,94	0,79	0,70	0,76	0,74	0,77	0,65	0,51
Simulace T_{20} [s]	0,93	0,78	0,69	0,71	0,69	0,71	0,63	0,50
Simulace EDT [s]	0,93	0,77	0,63	0,58	0,57	0,58	0,54	0,45
SPL [dB] ****	79,6	78,6	76,9	76,0	76,1	76,0	75,9	75,1
C_{80} [dB]	3,7	5,3	7,8	8,1	8,2	8,1	8,7	10,5
D_{50} [-]	0,53	0,61	0,72	0,75	0,75	0,74	0,76	0,81
T_s [ms]	66,0	54,0	40,0	38,0	38,0	38,0	36,0	30,0
LF_{80} [-]	0,282	0,282	0,282	0,285	0,279	0,279	0,274	0,265
ECHO_{MAX} [-]*	0,47	0,45	0,43	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41
STI [-]***				0,71	Alcons [%]**			4,18
STI (Žena) [-]***				0,72	RASTI [-]***			0,72
STI (Muž) [-]***				0,71				

Tab. 14: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

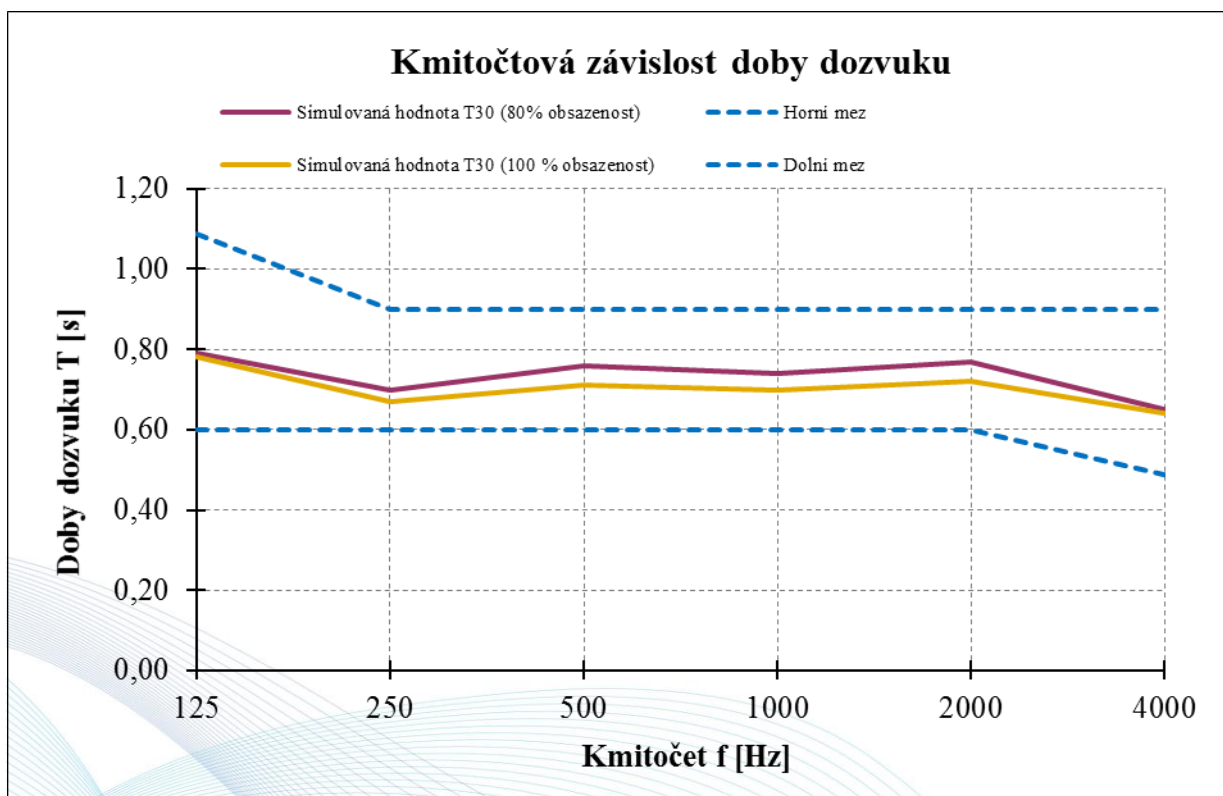
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

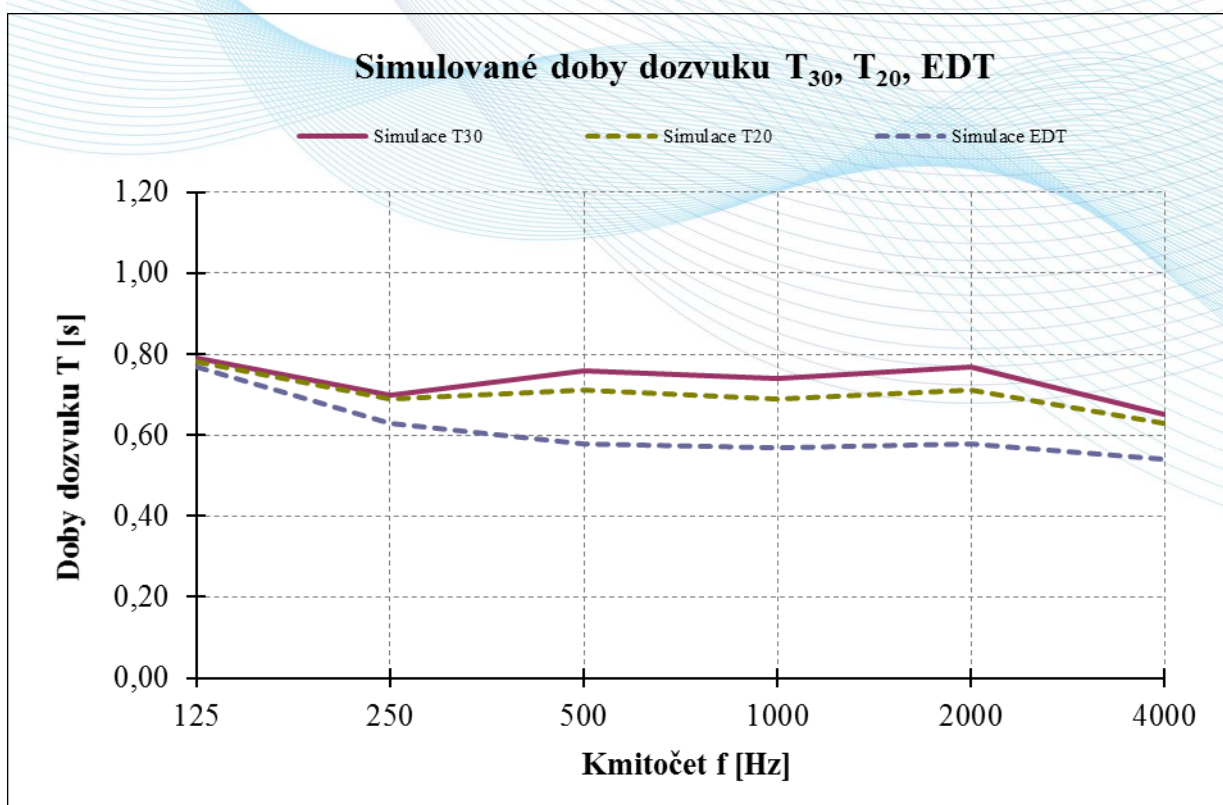
**** Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T_{30} [s] (80 % obsazenost)	0,79	0,70	0,76	0,74	0,77	0,65
Simulace T_{30} [s] (100 % obsazenost)	0,78	0,67	0,71	0,70	0,72	0,64
Horní mez [s]	1,09	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Dolní mez [s]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,49

Tab. 15: Porovnání simulované průměrné doby dozvuku T_{30} pro 80 % a 100 % obsazenost lidmi a meze jejich tolerančního pásma v místnosti

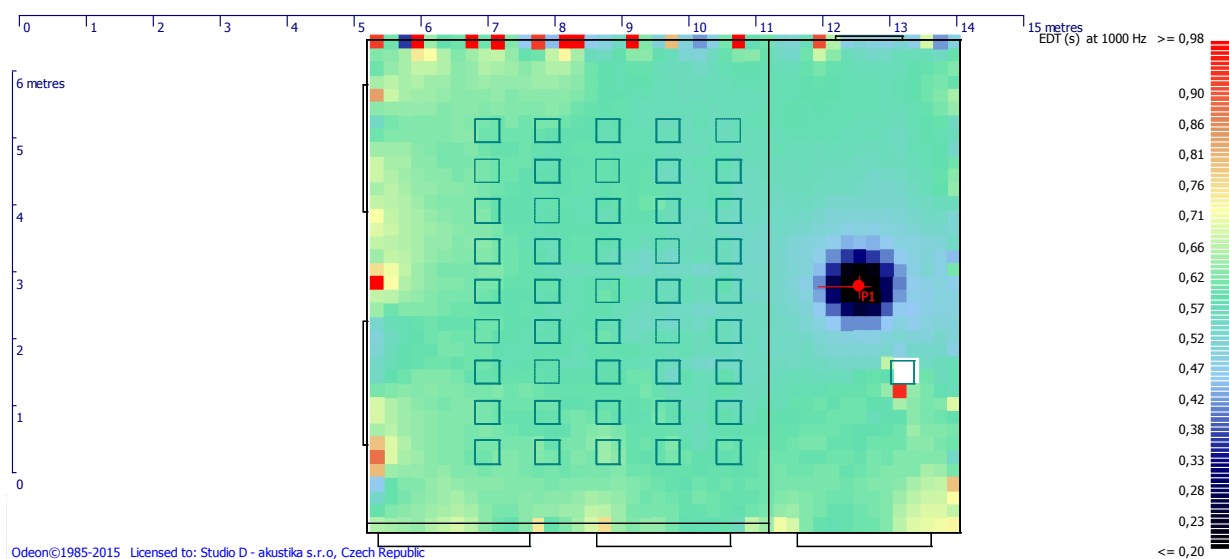


Graf 1: Porovnání simulované průměrné doby dozvuku T_{30} pro 80 % a 100 % obsazenost lidmi a meze jejich tolerančního pásma v posuzované místnosti

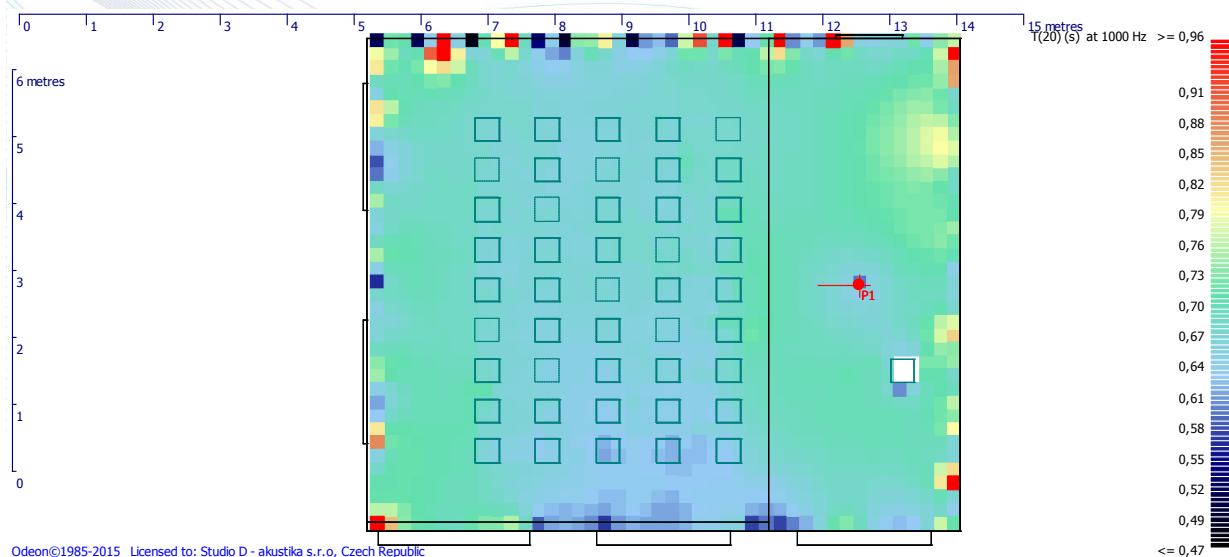


Graf 2: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin doby dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v posuzovaném prostoru pro 80 % obsazenost

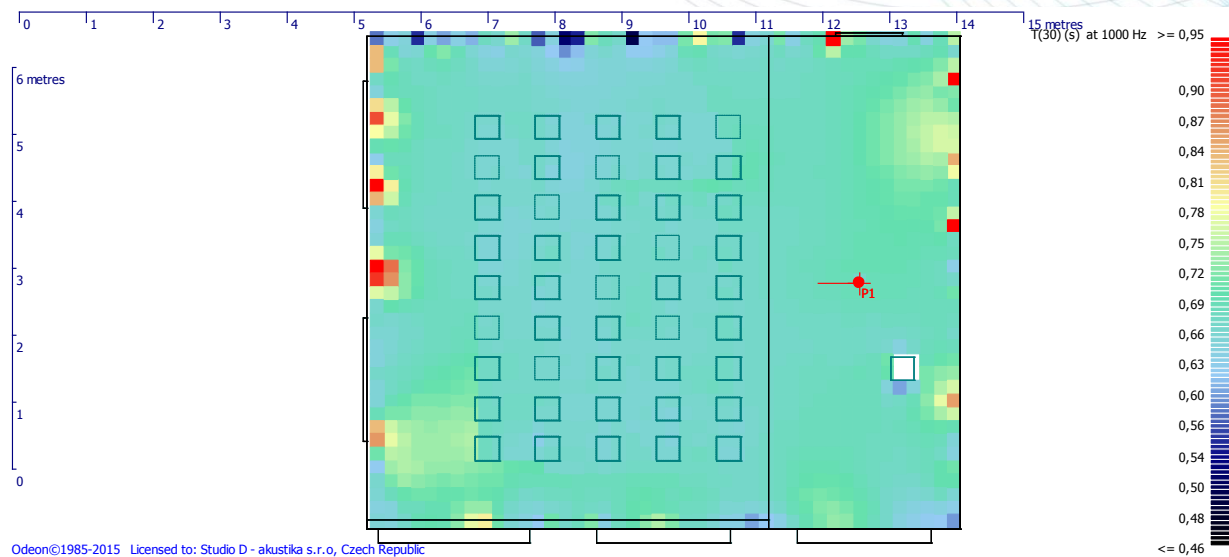
2.3.6 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (80 % obsazenost)



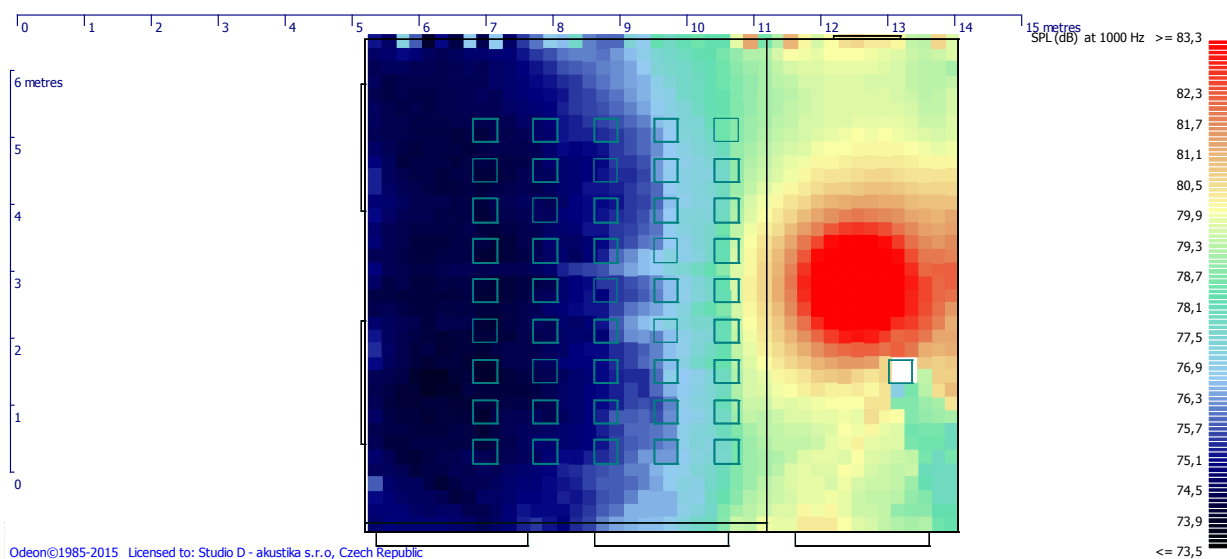
Obr. 9: Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



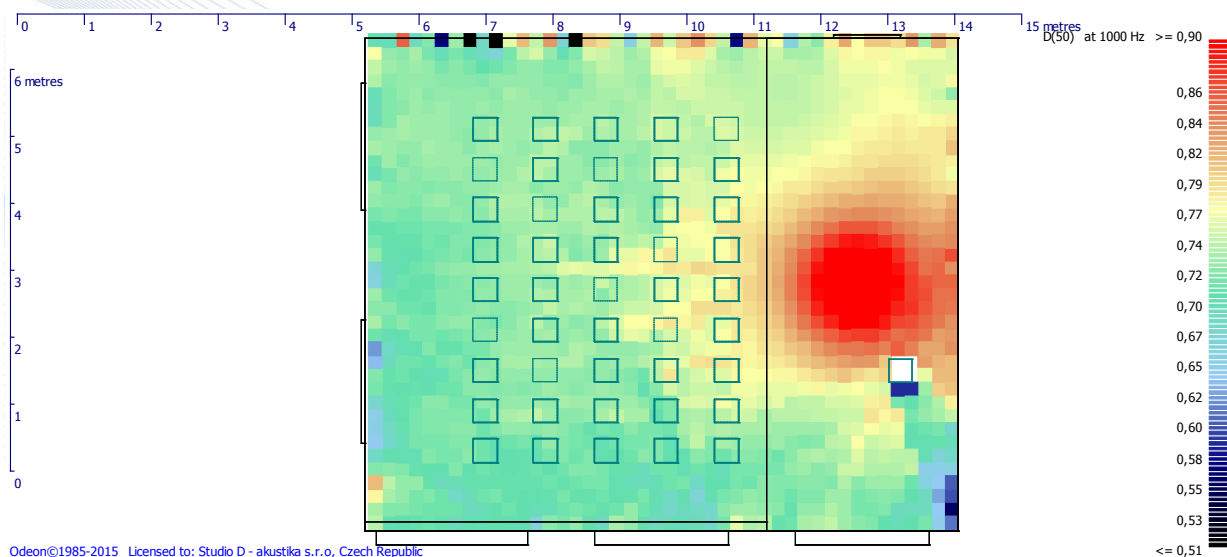
Obr. 10: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



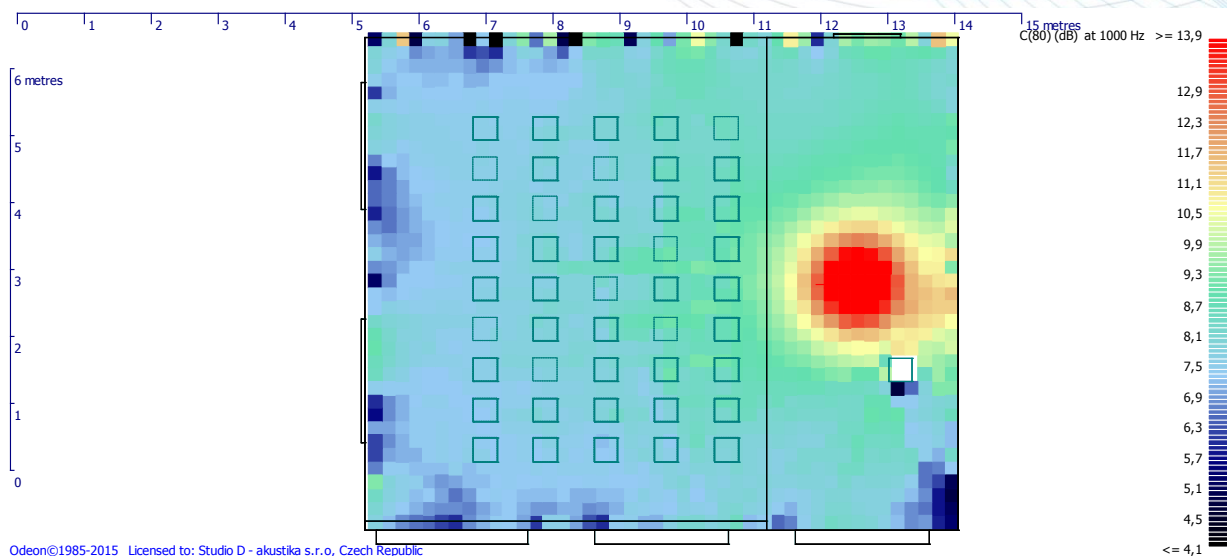
Obr. 11: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



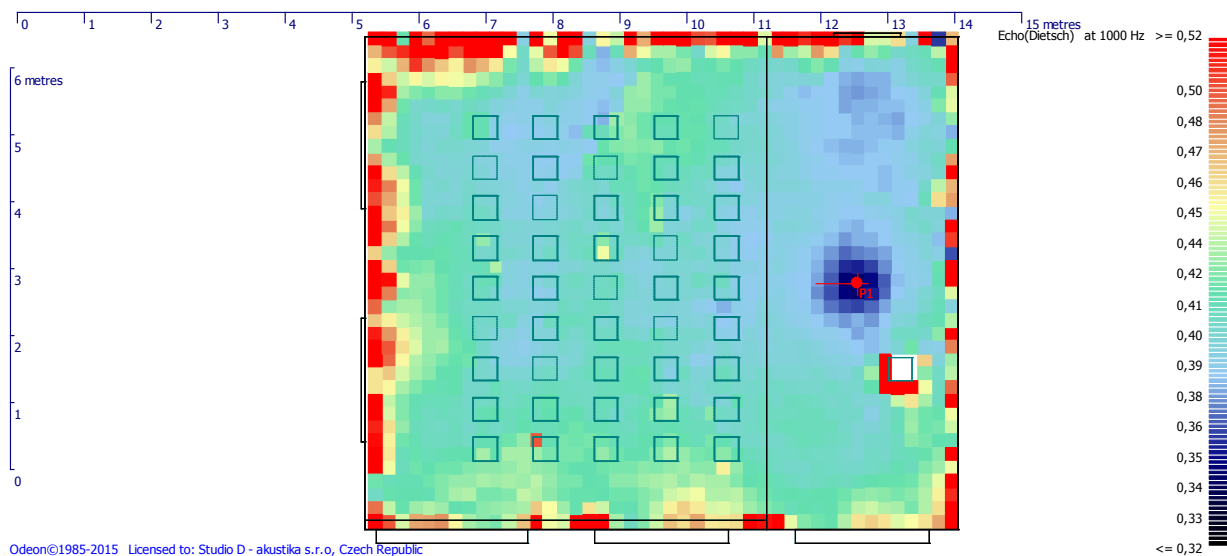
Obr. 12: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



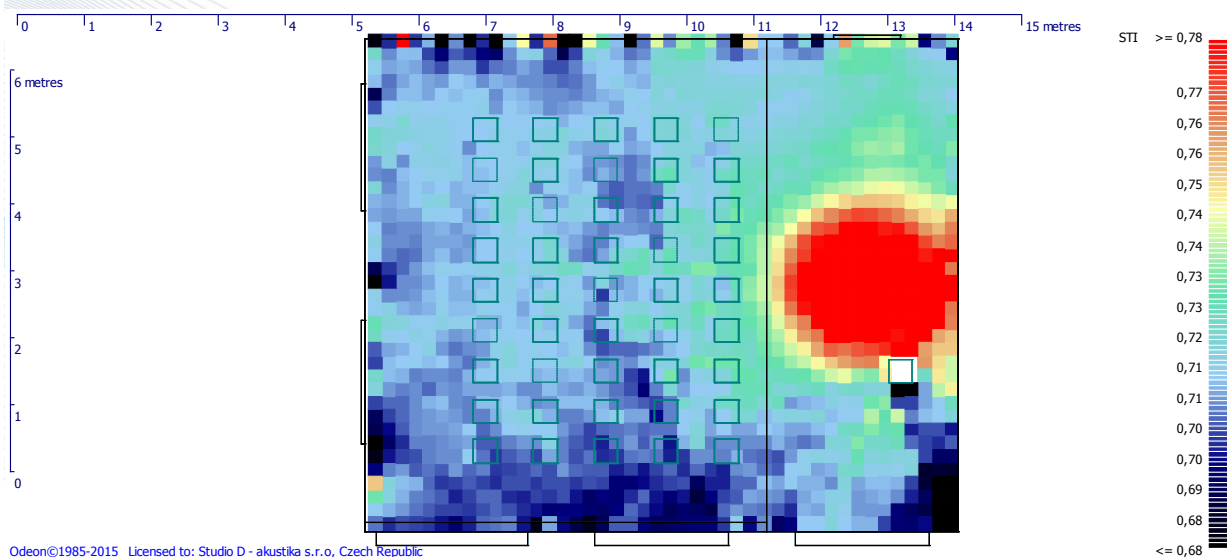
Obr. 13: Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



Obr. 14: Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



Obr. 15: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria pro 1 kHz v úrovni 1,20 m nad podlahou



Obr. 16: Srozumitelnost řeči STI v úrovni 1,20 m nad podlahou

3 Interpretace

3.1 Vysvětlivky hodnocených parametrů

Při posouzení byly použity tyto parametry:

Doby dozvuku T_{30} , T_{20} , EDT (ČSN 73 0525, 73 0526 a 73 0527). Hodnoty a jejich toleranční rozsah jsou dány normami. Křivka doby dozvuku v závislosti na frekvenci by měla být vyrovnaná.

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

Jasnost C_{80} : Ukazatel „kvality“ prostoru pro daný účel, zejména pak pro hudební představení. Různé styly hudby vyžadují různou hodnotu jasnosti. Např. pro komorní hudbu se ideální hodnoty pohybují mezi -4 a +4 dB, atp.

Zřetelnost D_{50} : Parametr spjatý se srozumitelností řeči. Určuje kvalitu poslechu řeči v závislosti na daném prostoru. Používá se spíše v zahraničí (zejména v německy mluvících zemích).

Lateral fraction LF_{80} : hodnota závislá především na tvaru sálu a odrazivosti ploch. Spolu s hodnotami LF_{50} , LFC_{50} a LFC_{80} spoluurčuje kvalitu distribuce zvuku v závislosti na tvaru a objemu prostoru.

Echo: Hodnota v českých zemích téměř neznámá, avšak velmi důležitá pro kvalitu celého prostoru. Díky ní lze přesně určit, zda někde v prostoru nevzniká nepříjemná ozvěna, popř. ono místo s ozvěnou určit. Tento případný jev se pomocí pouhého výpočtu průměrné doby dozvuku nedá odhalit.

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

Srozumitelnosti řeči STI/Muž/ a STI/Žena/ jsou spíše doplňující hodnoty. Jsou řešeny kvůli rozdílné průměrné hloubce/výšce hlasu muže/ženy.

Srozumitelnost řeči RASTI: STI, kde jsou započteny rušivé vlivy elektroniky a měřicích přístrojů bez možnosti kalibrace měřicího systému (např. šum, malý rozsah spektra, apod.).

Alcons: Obdoba srozumitelnosti řeči STI, používaná zejména v USA, a anglicky mluvících zemích. Na rozdíl od srozumitelnosti řeči Alcons posuzuje také hluk pozadí, a pokud je, i jeho tónovou složku. V simulaci není s výraznějším hluem pozadí počítáno.

3.2 Vyhodnocení

Na základě požadavků investora a objednatele byl posouzen návrh upravující prostorovou akustiku vybrané místnosti v projektu „Mateřská škola Za Lávkami, Dačice“ ulice Krajířova 27, 380 01 Dačice, par. č. 2713/2.

Výsledná průměrná doba dozvuku v místnosti 1.12 – Víceúčelový sál se nachází v mezích tolerančního pásma doporučených hodnot doby dozvuku pro dané využití a objem při 80 % a 100 % obsazení osobami. Doplněním plného sádrokartonu do systému zavěšeného akustického podhledu s děrovaným sádrokartonem bude docíleno lepší srozumitelnosti v zadní části místnosti.

Akustická simulace dále potvrdila, že aplikace akustických materiálů zabezpečí dobrou srozumitelnost a zřetelnost řeči a především zamezí negativních účinků vlivem echa.

V ostatních místnostech je nutné dodržet požadavky dané normou ČSN 73 0527:2005. To znamená, že v těchto místnostech je nutná instalace širokopásmového obkladu stropu.

Širokopásmový obklad stropu je obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

Širokopásmový obklad stropu (varianta AP1 a AP2) byl navržen včetně minerální izolace, kterou je z hygienických hledisek nutno oddělit od interiéru černým vliesem (vlies - netkaná rohož ze skelných vláken bez výztuže).

Před samotným výběrem konkrétního materiálu je **nutná vzájemná konzultace**, aby bylo zřejmé, s jakým materiálem byla uvažována akustická simulace a nedošlo tak k záměně navržených materiálů.

Číslo místnosti	Účel místnost	Odsazení (svěšení)	Navržený akustický systém	Výměra / m ²
1.26 1.40 2.05 2.17	Denní místnost - herna	AP1: 50 mm AP2: 200 mm AP3: 150 mm	širokopásmový obklad stropu (dle zvolené varianty AP1-3)	Cca 53,63 m ²
1.27 1.41 2.06 2.18	Denní místnost - ložnice	AP1: 50 mm AP2: 200 mm AP3: 150 mm	širokopásmový obklad stropu (dle zvolené varianty AP1-3)	Cca 59,24 m ²
1.22	Víceúčelový sál	AP4: 200 mm AP5: 200 mm	AP4 - Perforovaný sádrokarton + AP5 - Plný sádrokarton	Cca 43,20 m ² Cca 22,20 m ²

Tab. 16: Souhrnná tabulka navržených materiálů

Je vhodné, aby bylo provedeno měření prostorové akustiky, nejlépe před dokončením akustických úprav, aby mohly být všechny případné nedostatky včas odstraněny.

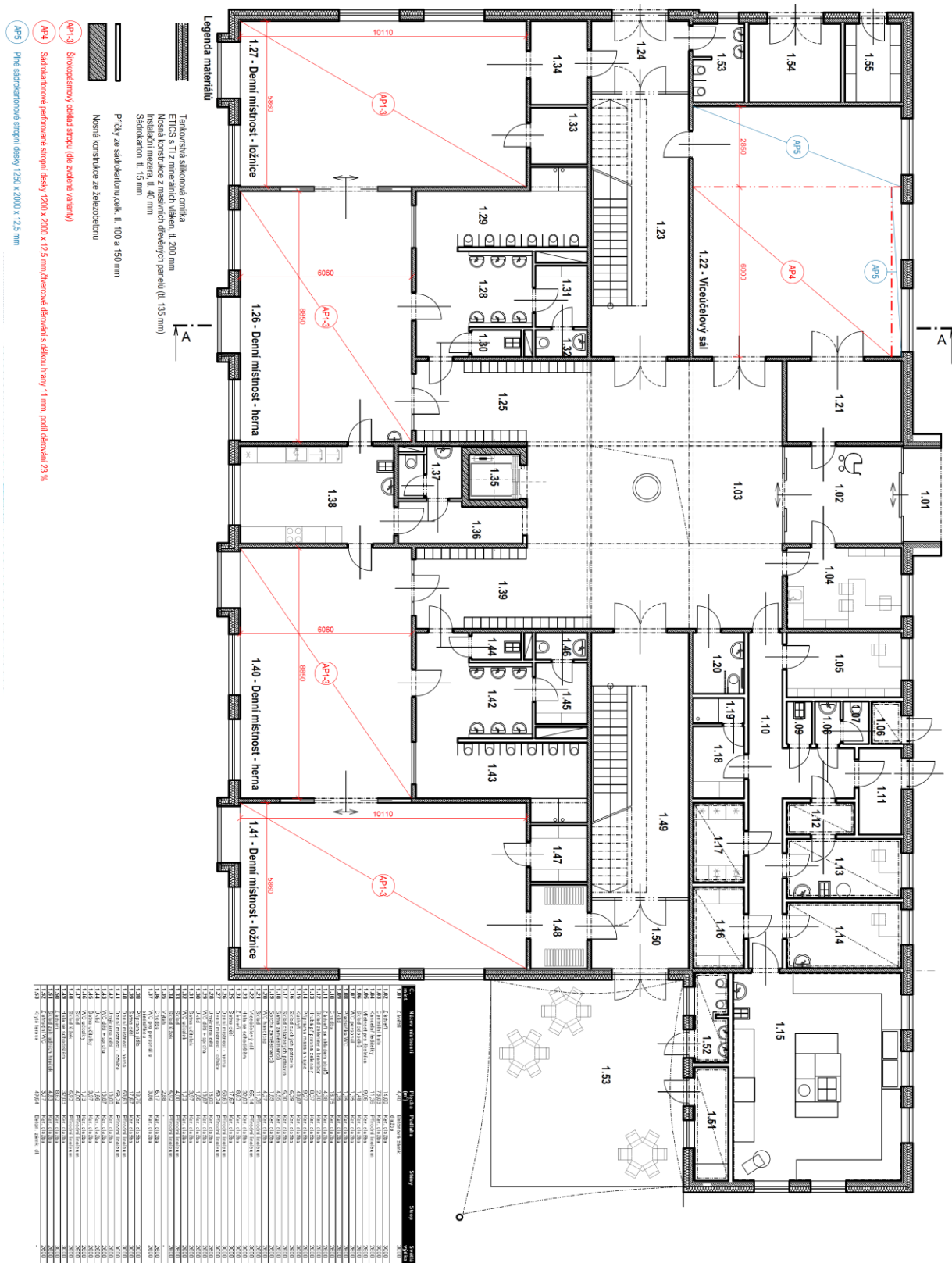
Všechny prvky a rošty musí být provedeny precizně a dotaženy, aby nedocházelo k rezonanci panelů. Výsledné provedení závisí na prováděcí firmě.

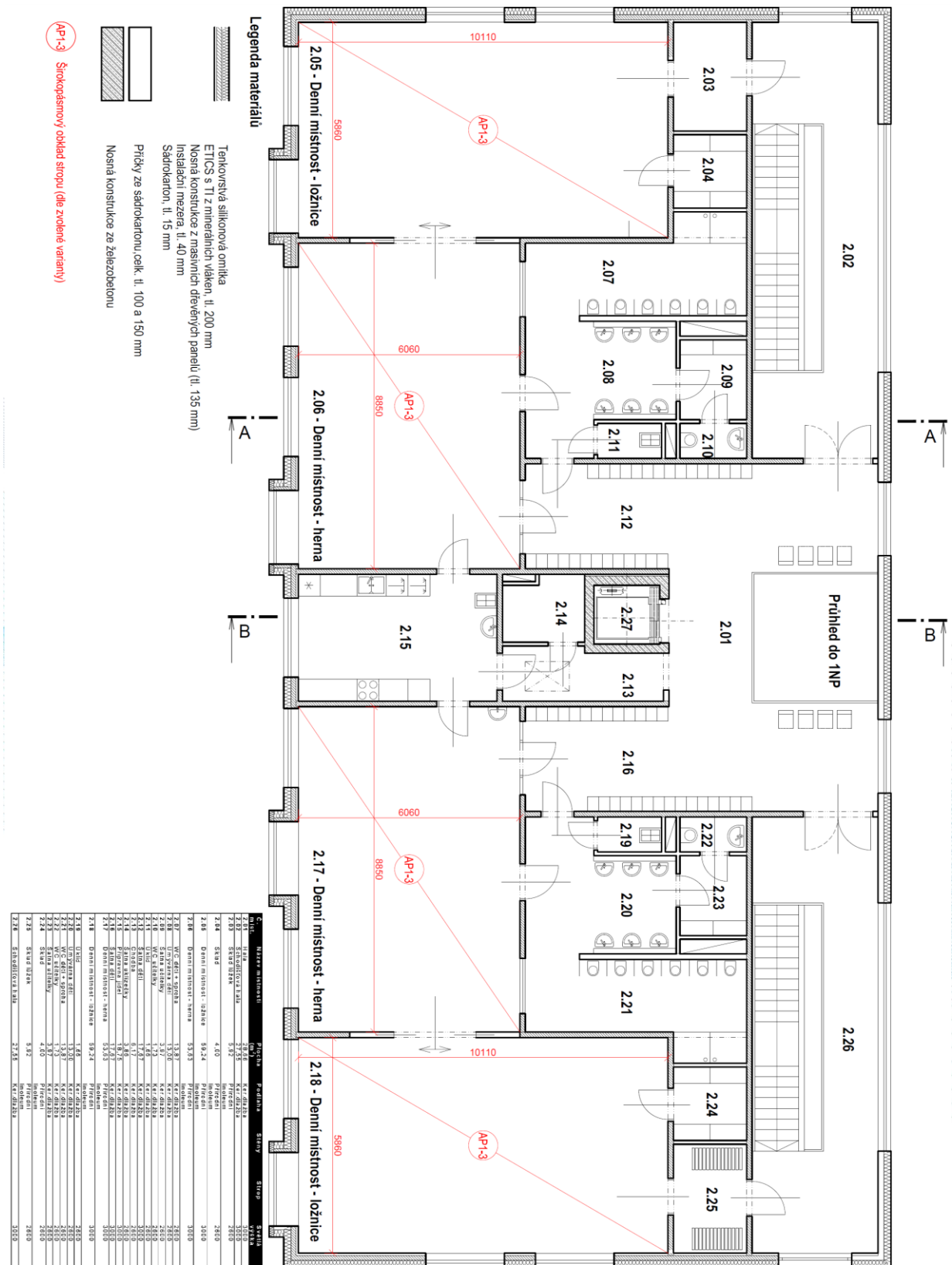
4 Přílohy

4.1 Použité podklady

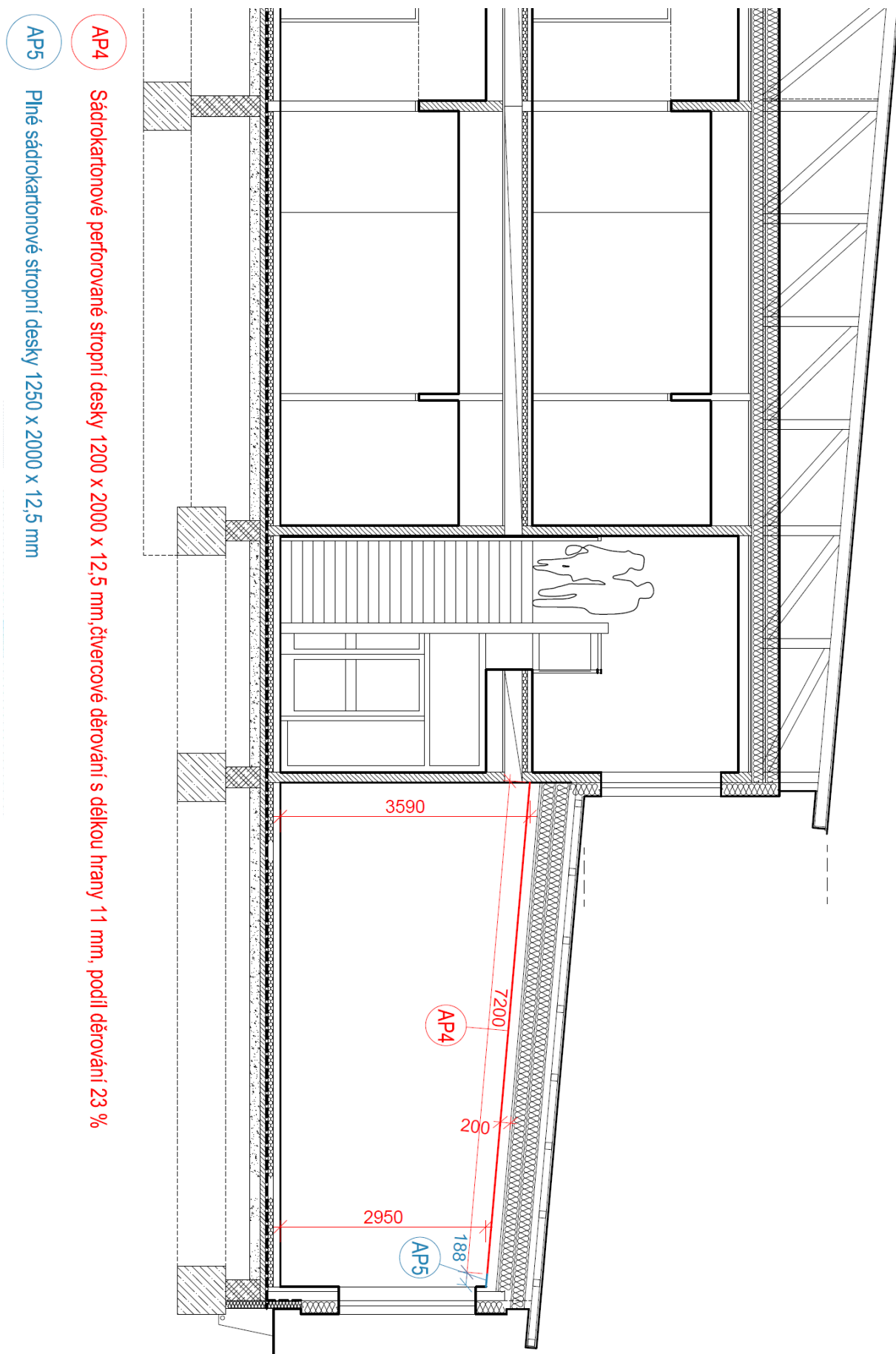
- ČSN, podklady – výkresy půdorysů, řezů ve formátu dwg.
- Výkresové podklady - Poskytnuté soubory *.dwg a *.pdf.

4.2 Výkresová dokumentace





Obr. 18: Půdorys 2NP – akustické řešení v daném prostoru



Obr. 19: Řez A-A' daným prostorem