

Název:

ZUŠ Cheb

Zakázkové číslo:	23-12-21
Profese:	prostorová akustika
Dokument:	příspěvek do souborné technické zprávy
Stupeň projektové dokumentace:	studie
Datum:	únor 2024
Revize:	00

Zpracoval: Ing. arch. Jan Antoš, Ing. Tomáš Hrádek

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9

tel.: +420 774 495 524

e-mail.: info@aveton.cz

web.: www.aveton.cz

IČ: 02436647

DIČ: CZ02436647

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNIKA
DESIGN

Obsah:

1.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	3
1.1.	VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY	3
1.2.	POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	3
2.	PROSTOROVÁ AKUSTIKA.....	4
2.1.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	4
3.	POŽADAVKY NA PROFESI PROSTOROVÁ AKUSTIKA	11
4.	POŽADAVKY NA TECHNOLOGICKÉ PRVKY Z HLEDISKA PROSTOROVÉ AKUSTIKY	11

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- výkresová dokumentace
- ústní informace předané při jednáních se zástupcem objednatele a generálního projektanta

1.2. POUŽITÉ NORMY A LITERATURA

- [1] ČSN 73 0525 – Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady – únor 1998
- [2] ČSN 73 0527 – Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely – srpen 2023
- [3] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6
- [4] ČSN EN ISO 3382-1 - Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči – prosinec 2009.
- [5] Vaverka, J., kol.: Stavební fyzika 1 - urbanistická, stavební a prostorová akustika, nakladatelství VUTIUM, Brno 1998.
- [6] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6

1.3. Úvod

Ve studii je zpracován návrh akustických opatření pro prostory ZUŠ Cheb. Jedná se o vysoce citlivý památkově chráněný prostor, kde navržené akustické úpravy mají při dosažení co nejlepší účinnosti co nejméně zasáhnout historický interiér.

2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA

2.1. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Akusticky náročné prostory s definovaným požadavkem na frekvenční průběh doby dozvuku:

Pro akusticky náročné prostory vyžadují jak normy ČSN 73 0525 a 73 0527, tak i praktické zkušenosti speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Splnění požadavků normy ČSN 73 0527 je závazné dle vyhlášky č. 343/2009 sbírky zákonů ČR. V případě výukových prostor hudebního oboru, dramatického a koncertního sálu je hlavním cílem splnit toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku předepsané výše uvedenými normami a dosáhnout odpovídajících akustických podmínek pro interpretaci hudby a zpěvu.

Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku a podpořit odrazy žádoucí. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité i jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny silné násobné odrazy zvuku mezi dvěma rovnoběžnými odrazivými stěnami (tzv. třepotavá ozvěna), která by výrazně snižovala akustickou kvalitu řešeného prostoru. V případě zaklenutých prostor jsou pak dalším výrazným problémem fokusované odrazy zvukové energie.

Z výše uvedeného vyplývá, že není možné provést plnohodnotnou akustickou úpravu pouze umístěním akustického podhledu. V případě takového řešení není pohltivá plocha rozmístěna rovnoměrně a mezi stěnami dochází často ke vzniku zmíněné třepotavé ozvěny.

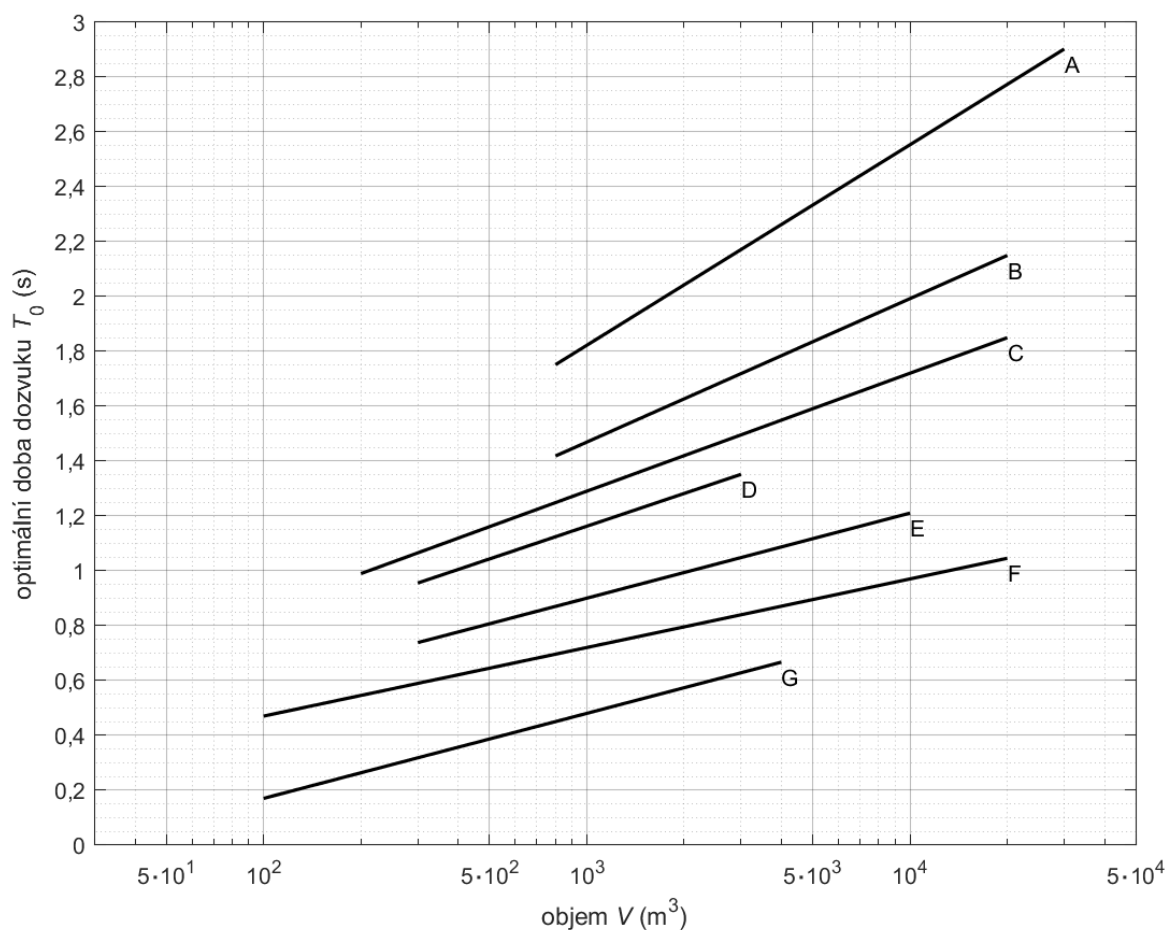
Prostory ZUŠ Cheb spadají do kategorie akusticky náročných prostor (individuální a sborové učebny, taneční sál, dramatický sál a koncertní sál), kde je nutné dosáhnout optimální doby dozvuku T_0 (s) a tolerančního pásma pro frekvenční průběh doby dozvuku dle výše uvedených norem, zadání a zkušeností. Stanovené cílové akustické parametry jsou definovány níže. Vzhledem k historickému charakteru a památkové ochraně stavby budou v některých prostorech navržené normové hodnoty pravděpodobně obtížně dosažitelné a bude k nim nutno přistupovat individuálně. Přesné řešení bude součástí navazujících projekčních stupňů.

Optimální doba dozvuku T_0 pro akusticky náročné prostory byla stanovena na základě normy ČSN 73 0527 (viz Obr. 1 a Obr. 2), osobních zkušeností s projektováním podobných prostor a dle uvažovaného způsobu využití. Frekvenční průběh doby dozvuku v tanečním sále by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 3. Jedná se o frekvenční průběh určený pro hudbu a řeč.

Doba dozvuku je u všech výpočetně řešených prostor uvažována v obsazeném stavu. Uvažovaná obsazenost v prostorech je 80% dle typu využití prostoru a předpokládaného počtu osob.

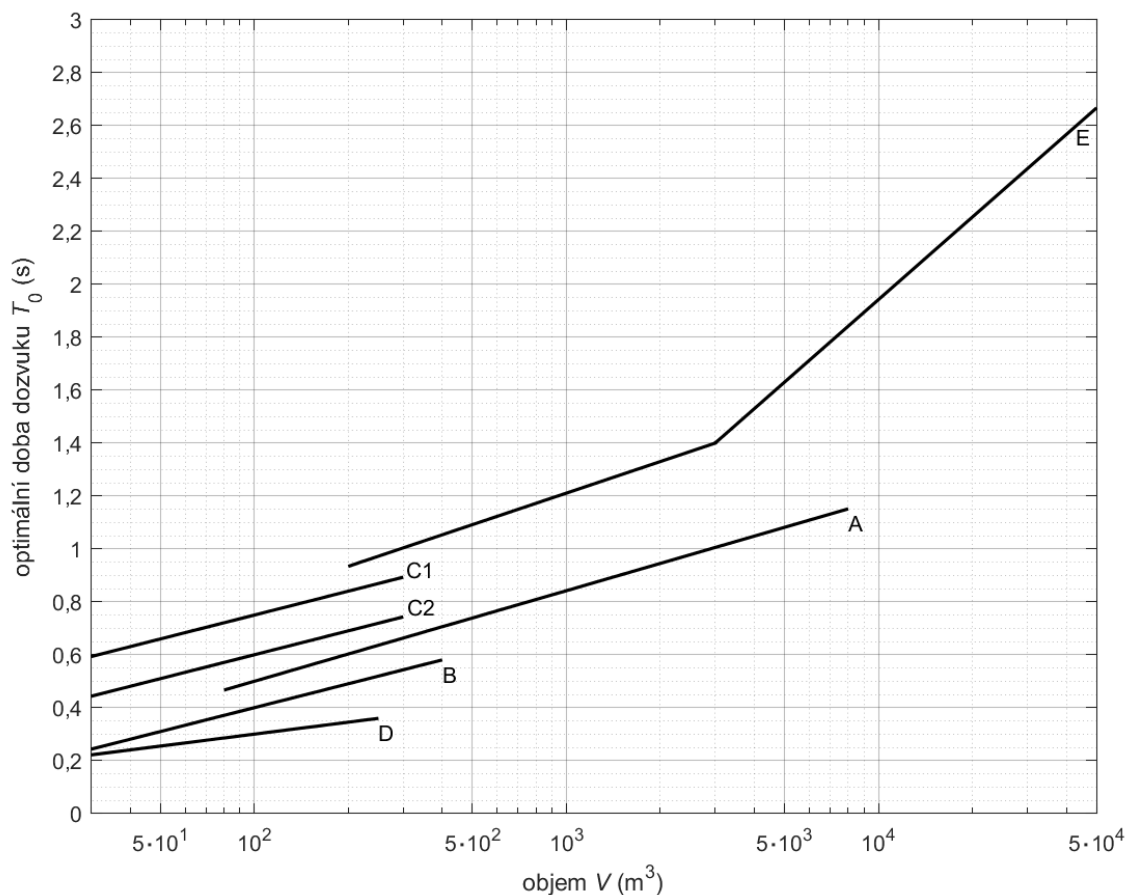
Optimální doba dozvuku pro akusticky náročné prostory:

č. m.	název	Přibližný objem [m ³]	optimální doba dozvuku [s]	toleranční pásmo ČSN 73 0527
0.29 -0.30	Koncertní sál – komorní hudba	1712	1,35 - 1,40	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.04	TO – zrcadlový sál	459	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.15	HO - klavír	65	0,60 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.16	HO - klavír	72	0,60 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.17	HO - klavír	65	0,60 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.18	HO - klavír	77	0,60 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.19	HO – individuální výuka	54	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.20	HO – souborová hra	115	0,75 - 0,80	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.28	Nahrávací studio	176	0,35 - 0,40	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.29	Velín – osvětlení, zvukař (režie)	76	cca 0,20	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.32	HO – individuální výuka - bicí	53	0,25 - 0,30	hudba a řeč – viz Obr. 4
1.35	HO – individuální výuka	39	cca 0,55	hudba a řeč – viz Obr. 3
1.38	HO – hudební nauka	99	cca 0,50	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.05	HO – klášterní knihovna (komorní sál)	405	1,10 - 1,15	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.06	HO – sbor	139	0,80 - 0,85	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.07	HO – individuální výuka	58	0,60 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.08	HO – souborová hra	92	cca 0,75	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.11	VO – třída na animaci	89	0,35 - 0,40	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.12	HO - klavír	44	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.13	HO - klavír	42	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.15	HO - klavír	51	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.16	HO - klavír	56	cca 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.17	HO - klavír	49	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.18	HO - klavír	60	0,61 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.19	HO - klavír	55	cca 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.25	LDO – divadelní zkušebna	213	0,65 - 0,70	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.38	HO – individuální výuka - bicí	62	0,25 - 0,30	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.39	HO – individuální výuka	42	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.43	HO – individuální výuka	26	cca 0,50	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.44	HO – individuální výuka	50	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
2.45	HO – individuální výuka	33	0,50 - 0,55	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.02	HO – individuální výuka	40	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.03	HO – individuální výuka	42	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.04	HO – individuální výuka	51	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.05	HO – individuální výuka	42	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.06	HO – individuální výuka	51	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.07	HO – individuální výuka	40	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.08	HO – individuální výuka	46	0,55 - 0,60	hudba a řeč – viz Obr. 3
3.09	HO – individuální výuka	75	0,60 - 0,65	hudba a řeč – viz Obr. 3



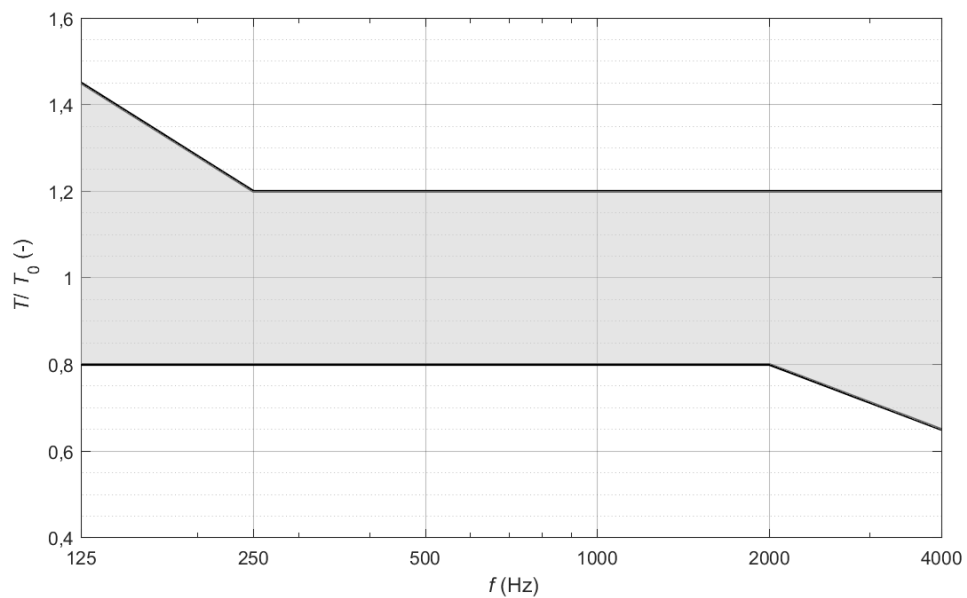
Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s)	Toleranční pásmo
Sály s převážující varhanní hudbou	A	hudba
Sály s převážující orchestrální hudbou	B	hudba
Sály s převážující komorní hudbou Operní sály	C	hudba
Hudební zkušebny pro akustickou produkci (orchestr, sbor)	D	hudba a řeč
Činoherní divadla, Víceúčelové sály s převážujícím mluveným slovem bez ozvučení, Činoherní zkušebny	E	řeč
Hudební zkušebny pro ozvučenou produkci Víceúčelové sály s převážující ozvučenou produkcí Elektroakusticky ozvučené prostory	F	hudba a řeč
Kina a další prostory s vícekanálovým zvukovým systémem	G	hudba a řeč

Obr. 1 – Graf pro stanovení hodnoty optimální doby dozvuku v závislosti na objemu – kulturní prostory



Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s)	Toleranční pásmo
Kmenové učebny, Odborné učebny, Učebny pracovní výuky, Seminární místnosti, Posluchárny, Denní místnosti mateřských škol	A	řeč
Hudební učebny	A	hudba a řeč
Jazykové učebny, Speciální učebny se zvýšeným nárokem na srozumitelnost	B	řeč
Multimediální učebny Hudební učebny s reprodukovanou hudbou	B	řeč
Učebny pro elektronické a elektrofonické hudební nástroje	B	hudba a řeč
Učebny hry na individuální akustické nástroje a učebny zpěvu – horní mez	C1	hudba a řeč
Učebny hry na individuální akustické nástroje a učebny zpěvu – dolní mez	C2	hudba a řeč
Učebny hry na bicí nástroje	D	hudba a řeč
Tělocvičny a sportovní haly, Plavecké haly, Učebny gymnastiky a tance, Posilovny, Prostory pro fitness	E	zúžené toleranční pásmo

Obr. 2 – Graf pro stanovení hodnoty optimální doby dozvuku v závislosti na objemu – školské prostory a prostory pro vzdělávání



Obr. 3 – Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu hudby a řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

Prostory s požadavkem na snížení hluchnosti a zajištění akustického pobytového komfortu:

Další akusticky méně náročné prostory ZUŠ Cheb jsou řešeny dle normy ČSN 73 0527 jako prostory s provozním požadavkem na snížení hluchnosti a zajištění akustického pobytového komfortu. Toho se dosáhne aplikací odpovídajícího množství pohltivých akustických materiálů, čímž se dosáhne snížení střední hladiny akustického tlaku v místnosti, a tudíž celkového snížení hluchnosti řešeného prostoru a lepší srozumitelnosti mluveného slova. V těchto prostorech je definován doporučený poměr celkové ekvivalentní pohltivé plochy A v prostoru k jeho objemu V, a to v oktávových pásmech od 250 Hz do 2 000 Hz (viz Obr. č. 4).

Prostory s požadavkem na snížení hladiny hluku jsou zařazeny podle provozních nároků do tří kategorií. Jejich rozdělení je uvedeno na obr. č. 5. Provozně srovnatelné prostory, které zde nejsou explicitně uvedeny, mají být klasifikovány analogicky. V tabulce jsou uvedeny doporučené hodnoty poměru A/V pro jednotlivé kategorie. Tyto hodnoty lze považovat za minimální, protože dosažení vyšších hodnot poměru A/V vede ve většině případů k dosažení tiššího prostředí, což je v této kategorii prostor výhodou. Do výpočtu celkové ekvivalentní pohltivé plochy A není započtena pohltivost zvuku osobami. Prostory jsou tedy posuzovány v neobsazeném stavu. Hodnota poměru A/V je stanovena v závislosti na světlé výšce řešeného prostoru h v metrech.

Jedná se především o celkové snížení úrovně hluku a jeho dalšího přenosu z chodeb do prostoru učeben a sálů. Jedná se o řešení sborovny, kanceláří, výtvarných a ateliérů a chodeb apod, kde by měla být akustická úprava provedena primárně pomocí celoplošných širokopásmově pohltivých podhledů. Pokud nepůjde použít akustický podhled celoplošně, tak je možno jeho chybějící rozsah doplnit aplikací vertikálních akust. prvků. Vzhledem k historickému charakteru a památkové ochraně stavby budou navržené normové hodnoty pravděpodobně obtížně dosažitelné či nerealizovatelné. Přesné řešení bude součástí navazujících projekčních stupňů.

č. m.	název	Přibližný objem [m ³]	Výška h [m]	Kategorie	A/V (minimum)
0.33	Hala	68	2,25 – 3,55	1	0,143
0.34	Předsálí	256	2,45 – 3,80	1	0,140
1.02	Křižová chodba	454	2,95 – 4,46	1	0,134
1.03	Chodba	417	3,04 – 4,50	1	0,133
1.09	TO - kabinet	57	2,25 – 4,15	2	0,206
1.10	VO - kabinet	57	2,25 – 4,15	2	0,206
1.11	VO - kabinet	56	2,25 – 4,15	2	0,206
1.12	VO – keramická dílna 1	317	2,95 – 4,46	2	0,194
1.13	VO – keramická dílna 2	276	2,95 – 4,46	2	0,194
2.01	Chodba	894	6,84	1	0,115
2.02	Ambit	428	2,10 – 3,60	1	0,144
2.10	VO – ateliér kreslení	193	2,10 – 3,60	2	0,216
2.14	LDO - kabinet	54	2,17 – 3,65	2	0,214
2.27	Kuchyňka	51	2,17 – 3,65	3	0,274
2.28	Sborovna	89	2,17 – 3,65	2	0,214
2.37	HO - chodba	42	2,90	1	0,143
2.48	Sekretariát	65	3,09	2	0,209
2.49	Ředitelna	82	3,09	2	0,209
3.01	Chodba	172	2,97	1	0,143

Kategorie	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Typy prostorů:	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 menzy hlučné dílny a strojovny kuchyňky a kopírky call centra denní místnosti jeslí družiny
Výška prostoru ≤ 2,5 m	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq 0,23$	$A/V \geq 0,3$
Výška prostoru > 2,5 m	$A/V \geq \frac{1}{4,8 + 4,69 \log h}$	$A/V \geq \frac{1}{2,49 + 4,69 \log h}$	$A/V \geq \frac{1}{1,47 + 4,69 \log h}$
<p>A celková ekvivalentní pohltivá plocha v prostoru v m²</p> <p>V vnitřní objem prostoru v m³</p> <p>h světlá výška prostoru v m</p>			

Obr. 4 – Požadavky na prostory s provozní potřebou snížení hlukosti a zajištění akustického pobytového komfortu

3. POŽADAVKY NA PROFESI PROSTOROVÁ AKUSTIKA

- Etapová měření doby dozvuku všech akusticky náročných prostor dle ČSN EN ISO 3382-1.
- Závěrečné měření doby dozvuku všech akusticky náročných prostor dle ČSN EN ISO 3382-1.
- Měření činitele zvukové pohltivosti projektem definovaných vzorků v dozvukové místnosti dle ČSN EN ISO 354 (bude upřesněno v dalším stupni projektové dokumentace).
- Prvky prostorové akustiky podléhají vzorkování a odsouhlasení ze strany investora (z hlediska kvality provedení), architekta (z hlediska designu) a akustika (z hlediska funkčnosti).
- Součástí dodávky prostorové akustiky je podrobná dílenská dokumentace, která podléhá odsouhlasení ze strany investora, architekta a akustika.

Rozsah a specifikace měření jsou uvedeny v příloze Tab1 – specifikace akustických prvků a měření.

4. POŽADAVKY NA TECHNOLOGICKÉ PRVKY Z HLEDISKA PROSTOROVÉ AKUSTIKY

Koncové prvky ani další komponenty přímo exponované zvukovou energií (tj. nechráněné kompaktním izolačním či akustickým podhledem) technologických profesí (VZT, silnoproud, slaboproud, audio-technologie atd) nesmí při vybuzení zvukovou energií vykazovat vlastní rezonance a v tom důsledku vyzařovat do prostoru zvukovou energii. Obecně je nutné tyto prvky volit v masivním, tuhém provedení (např. je nutné eliminovat veškeré tenké plechové konstrukce), nebo je opatřit antivibrační úpravou (např. aplikace antivibrační fólie). V případě nutnosti se může jednat o atypicky konstruované prvky (např. mřížky VZT vyrobené ze dřeva atd). Styk jednotlivých kovových komponentů by měl být ve všech případech proveden přes pryžové vložky zabraňující vzniku parazitních zvuků. Prvky je nutné v rámci realizace odsouhlasit formou vzorování. Tyto požadavky platí pro všechny koncové prvky umístěné ve všech akusticky náročných prostorech.

Dále je nutné, aby koncové prvky VZT byly připojeny pomocí prvků s vlastním zvukovým útlumem. Tento požadavek platí obecně, zejména však v případě, že by přes vyústky mohlo dojít k přenosu zvuku po plechovém VZT potrubí jako vlnovodem a k vybuzení jeho rušivé rezonance nebo doznívání. Tomu je nutné výše definovaným předpisem zabránit.