

## Akustická studie

# REKONSTRUKCE BUDOVY KOUNICOVA 684/16, BRNO

## Hluk ve venkovním prostoru a vnitřním prostoru

Objednatel: **LAPLAN s.r.o.; Cejl 504/38; 602 00 Brno**

Číslo zakázky: **20 006**

Počet stran: **19**

Zhotovitel:



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

Vypracovala: **Ing. Hana Vojířová**

Kontrolovala: **Petra Bílá**

Datum: **7. února 2020**

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.

AKUSTING, spol. s r. o. je držitelem certifikátů systému managementu kvality ČSN EN ISO 9001:2016 pro činnosti "zpracování akustických studií, projektů a realizace protihlukových opatření".

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

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

## OBSAH

1	ÚVOD .....	3
2	SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A POUŽITÉ PODKLADY .....	3
3	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	3
4	POPIS SITUACE .....	4
5	URČENÍ HLUKOVÝCH LIMITŮ, DALŠÍ POŽADAVKY .....	5
6	AKUSTICKÁ MODELACE A VÝPOČTY .....	12
6.1	Zdroje hluku ve venkovním prostoru .....	12
6.2	Rozmístění výpočtových bodů .....	13
6.3	Nejistota výpočtu .....	14
7	VÝPOČET A HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ HLUKU VE VENKOVNÍM PROSTORU .....	15
8	VÝPOČET A HODNOCENÍ CHVNPS .....	16
8.1	Neprůzvučnost obvodového pláště .....	16
8.2	Neprůzvučnost vnitřních konstrukcí .....	17
9	PROSTOROVÁ AKUSTIKA .....	18
10	ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ .....	19

## 1 Úvod

Tato zpráva obsahující modelaci hluku včetně vyhodnocení s ohledem na platnou legislativu byla vypracována na základě objednávky Ing. Jana Krejsy ze dne 12. prosince 2019. Zakázka je vedena pod číslem 20 006.

Úkolem práce bylo posouzení nově umisťovaných učeben z hlediska vlivu okolních prostorů na nové učebny a zdrojů v nových učebnách na stávající prostory. Zpráva obsahuje výsledky modelace nových zdrojů hluku a jejich posouzení, posouzení neprůzvučnosti a posouzení poslechových podmínek v nových učebnách.

Pro posouzení je použito nařízení vlády č. 272/2011 Sb. v platném znění (po novelizaci dle nařízení vlády č. 217/2016 Sb., ze dne 15. června 2016 a nařízení vlády č. 241/2018 Sb., ze dne 3. října 2018) a příslušné normy ČSN.

## 2 Související předpisy a použité podklady

- 1 Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ze dne 24. srpna 2011 ve znění pozdějších předpisů.
- 2 Zákon 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů ze dne 14. července 2000 ve znění pozdějších předpisů.
- 3 ČSN 73 0532: Akustika. Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; únor 2016.
- 4 ČSN 73 0525: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. Český normalizační institut; únor 1998.
- 5 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. Český normalizační institut; březen 2005.
- 6 Část projektové dokumentace stavby včetně projektu VZT; LAPLAN s.r.o.; listopad 2019.
- 7 [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz); [maps.google.cz](http://maps.google.cz); [nahlizenidokn.cuzk.cz](http://nahlizenidokn.cuzk.cz); [www.rsd.cz](http://www.rsd.cz).

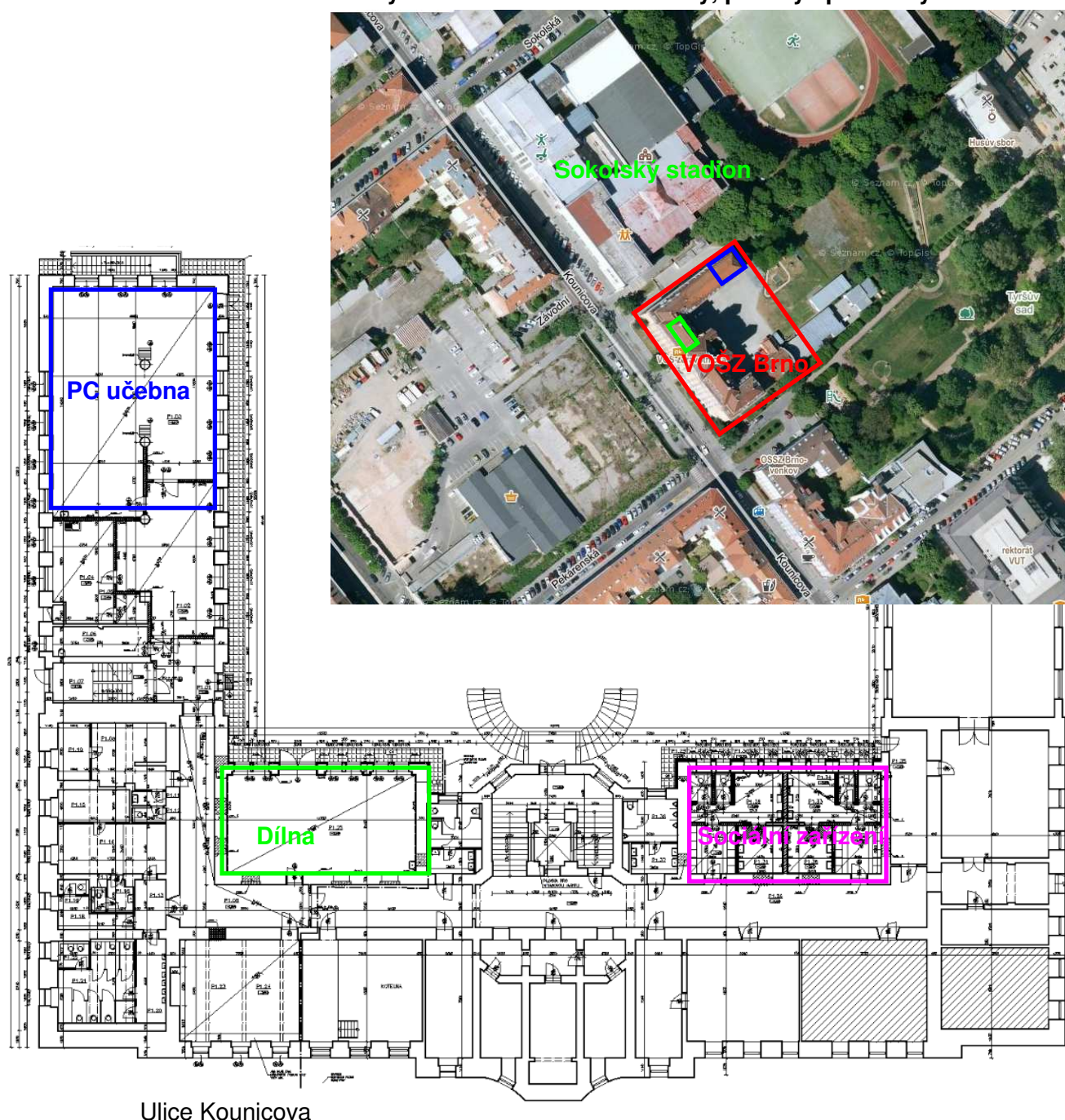
## 3 Seznam použitých zkratk a symbolů

$L_{Aeq,T}$	/dB/	-	ekvivalentní hladina akustického tlaku A
$L_{pAmax}$	/dB/	-	maximální hladina akustického tlaku A
$L_{pAmin}$	/dB/	-	minimální hladina akustického tlaku A
$L_p$	/dB/	-	hladina akustického tlaku (nekorigovaná – lineární)
$L_{WA}$		-	hladina akustického výkonu
CHVePS		-	chráněný venkovní prostor staveb
CHVnPS		-	chráněný vnitřní prostor staveb
			(v souladu se zákonem č. 258/2000 Sb., ve znění novely tohoto zákona)
OA, NA, LNA		-	osobní automobil, nákladní automobil, lehký nákladní automobil
VZT		-	vzduchotechnika

## 4 Popis situace

Objekt Vyšší odborné školy zdravotnické Brno Kounicova 684/16 v Brně projde rekonstrukcí. Budou provedeny sanace objektu, bude rekonstruována střecha a podkroví, dojde k dispozičním změnám, dále k výměně výplně otvorů, nově bude doplněn výtah. Využití objektu zůstane zachováno. V rámci úprav dispozice v 1.PP budou vybudovány dvě učebny – počítačová učebna a dílna se skladem. Dále bude v 1. PP vybudováno nové sociální zařízení a kancelář. Prostory v 1.PP budou větrány nuceně pomocí rekuperačních jednotek umístěných v podhledech. Nejbližší chráněné prostory se nachází v 1.NP nad budovanými učebnami, kde je umístěna mateřská škola. V nejbližším okolí objektu se nachází - severně Sokolský stadion, jižně budova OSSZ Brno-Venkov, na druhé straně ulice Kounicova je nezastavěná proluka. Lokalita je zatížena hlukem z ulice Kounicova, kde se pohybuje cca 15tis. vozidel a zhruba 400 trolejbusů za 24 hodin.

**Obr. 4.1: Situace s umístěním nových budov a okolní zástavby, půdorys přístavby**



## 5 Určení hlukových limitů, další požadavky

Poznámka: Kurzívou jsou vypsány příslušné pasáže ze zákona č. 258/2000 Sb., a z nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

Akustika vnitřní prostor budov škol je řešena v normách ČSN 73 0532 a ČSN 73 0527. Dodržení požadavků normy ČSN 73 0527 je vyžadováno vyhláškou č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých ve znění pozdějších předpisů.

### 5.1 Limitní hlukové hodnoty z dopravy po pozemních komunikacích v CHVnPS

*Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a drahách a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A_{L_{Aeq,T}}$  stanoví pro celou denní ( $L_{Aeq,16h}$ ) a celou noční dobu ( $L_{Aeq,8h}$ ).*

Limity v chráněném vnitřním prostoru je třeba dodržet v místech, které jsou stanoveny § 30 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění novely tohoto zákona:

*Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí pobytové místnosti ve stavbách zařízení pro výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných, obytné místnosti ve všech stavbách.*

*Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A$  se stanoví (podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., část třetí: Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb, v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru, § 11: Hygienické limity hluku v chráněných vnitřních prostorech staveb) pro hluk pronikající vzduchem zvenčí a pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu součtem základní hladiny akustického tlaku  $A_{L_{Aeq,T}}$  se rovná 40 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 2 k tomuto nařízení. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích a drahách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB. Hlukem s tónovými složkami se rozumí hluk, v jehož kmitočtovém spektru je hladina akustického tlaku v třetinooktávovém pásmu, případně i ve dvou bezprostředně sousedících třetinooktávových pásmech, o více než 5 dB vyšší než hladiny akustického tlaku v obou sousedních třetinooktávových pásmech a v pásmu kmitočtu 10 Hz až 160 Hz je ekvivalentní hladina akustického tlaku v tomto třetinooktávovém pásmu  $L_{Aeq,T}$  vyšší než hladina prahu slyšení stanovená pro toto kmitočtové pásmo podle tabulky v příloze č. 1 k tomuto nařízení; hlukem s tónovými složkami je vždy hudba nebo zpěv.*

*Pro hluk z dopravy v okolí dálnic, silnic I. a II. třídy a místních komunikací I. a II. třídy, kde je hluk z dopravy na těchto komunikacích převažující, a v ochranném pásmu drah se přičítá další korekce + 5 dB. Tato korekce se nepoužije ve vztahu k chráněnému vnitřnímu prostoru staveb povolených k určenému účelu po 31. prosinci 2005 (viz hodnoty v závorkách).*

Pro učebny platí:

Po dobu používání:  $L_{Aeq,T} = 45 \text{ dB}$

*V případě, že jsou ve zdroji hluku obsaženy tónové složky nebo má-li výrazně informační charakter, je třeba počítat s přídatnou korekcí 5 dB, takže limity jsou následující:*

Po dobu používání:  $L_{Aeq,T} = 40 \text{ dB}$

## 5.2 Limitní hlukové hodnoty ze stacionárních zdrojů

### 5.2.1 Chráněný vnitřní prostor staveb

Určujícími ukazateli hluku jsou (podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., část třetí: Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb, v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru, § 11: Hygienické limity hluku v chráněných vnitřních prostorech staveb) *ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$  a maximální hladina akustického tlaku  $A L_{Amax}$ . Ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$  se v denní době stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ( $L_{Aeq,8h}$ ), v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu ( $L_{Aeq,1h}$ ).*

Limity v chráněném vnitřním prostoru je třeba dodržet v místech, které jsou stanoveny § 30 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění novely tohoto zákona:

*Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí pobytové místnosti ve stavbách zařízení pro výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných, obytné místnosti ve všech stavbách.*

*Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A$  se stanoví pro hluk pronikající vzduchem zvenčí a pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu součtem základní hladiny akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$  se rovná 40 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 2 k tomuto nařízení. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích a drahách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB. Hlukem s tónovými složkami se rozumí hluk, v jehož kmitočtovém spektru je hladina akustického tlaku v třetinooktávovém pásmu, případně i ve dvou bezprostředně sousedících třetinooktávových pásmech, o více než 5 dB vyšší než hladiny akustického tlaku v obou sousedních třetinooktávových pásmech a v pásmu kmitočtu 10 Hz až 160 Hz je ekvivalentní hladina akustického tlaku v tomto třetinooktávovém pásmu  $L_{Aeq,T}$  vyšší než hladina prahu slyšení stanovená pro toto kmitočtové pásmo podle tabulky v příloze č. 1 k tomuto nařízení; hlukem s tónovými složkami je vždy hudba nebo zpěv.*

Pro učebny platí:

Po dobu používání:

$$L_{Aeq,T} = 45 \text{ dB}$$

V případě, že jsou ve zdroji hluku obsaženy tónové složky nebo má-li výrazně informační charakter, je třeba počítat s přídatnou korekcí 5 dB, takže limity jsou následující:

Po dobu používání:

$$L_{Aeq,T} = 40 \text{ dB}$$

*Hygienický limit maximální hladiny akustického tlaku  $A$  se stanoví pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu součtem základní maximální hladiny akustického tlaku  $A L_{Amax}$  se rovná 40 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného vnitřního prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 2 k tomuto nařízení. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, drahách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB. Za hluk ze zdrojů uvnitř objektu, s výjimkou hluku ze stavební činnosti, se pokládá i hluk ze zdrojů umístěných mimo tento objekt, který do tohoto objektu proniká jiným způsobem než vzduchem, zejména konstrukcemi nebo podlahami.*

Po dobu používání:

$$L_{Amax} = 45 \text{ dB}$$

V případě zjištění výrazné tónové složky ve spektru hluku:

Po dobu používání:

$$L_{Amax} = 35 \text{ dB}$$

### 5.2.2 Chráněný venkovní prostor a chráněný venkovní prostor staveb

Určujícím ukazatelem hluku je (podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., část čtvrtá: Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb, v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru, § 12: Hygienické limity hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru), *ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$ . V denní době se stanoví pro*

8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin ( $L_{Aeq,8h}$ ), v noční době pro nejhluchnější 1 hodinu ( $L_{Aeq,1h}$ ).

Limity ve venkovním prostoru je třeba dodržet v místech, které jsou stanoveny § 30 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění novely tohoto zákona:

*Chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, lázeňské léčebně rehabilitační péči a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do vzdálenosti 2 m před částí jejich obvodového pláště, významným z hlediska pronikání hluku zvenčí do chráněného vnitřního prostoru bytových domů, rodinných domů, staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, staveb pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb.*

Denní doba (6 - 22 h)/ Noční doba (22 - 6 h):  $L_{Aeq,T} = 50 \text{ dB} / 40 \text{ dB}$

*V případě, že jsou ve zdroji hluku obsaženy tónové složky nebo má-li výrazně informační charakter, je třeba počítat s přídatnou korekcí 5 dB, takže limity jsou následující:*

Denní doba (6 - 22 h)/ Noční doba (22 - 6 h):  $L_{Aeq,T} = 45 \text{ dB} / 35 \text{ dB}$

Pozn: Hygienické limity zde uvedené, jsou vyjádřeny obecně a slouží pro základní informaci – ze strany zpracovatele se jedná pouze o návrh. Určení příslušných hygienických limitů, které se vztahují k danému chráněnému venkovnímu prostoru nebo chráněnému venkovnímu prostoru staveb, je v kompetenci orgánu ochrany veřejného zdraví.

## 5.3 ČSN 730532: Akustika. Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků. Požadavky.

### 3. Všeobecně

Základním předpokladem splnění požadavků na ochranu před hlukem v budovách podle zvláštních předpisů je uplatnění normových požadavků na neprůzvučnost stavebních konstrukcí mezi místnostmi v budovách a normových požadavků na neprůzvučnost obvodového pláště a jeho částí. Pokud není technickou normou stanoveno jinak, prokazuje se dodržení normových požadavků na neprůzvučnost zkouškou a porovnáním jejího výsledku s požadavkem.

### 5. Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi

#### 5.1 Posuzování vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi

Vážené hodnoty vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi v budovách, .... nesmí být nižší než požadavky stanovené v tabulce 1. Požadavky platí ve směru přenosu zvuku. Posouzení se provádí pomocí veličin:

- vážená stavební neprůzvučnost  $R'_w$ , pro místnosti se společnou celou plochou stěny, příčky nebo stropu;
- vážená stavební neprůzvučnost  $R'_w$ , pro místnosti, které mají společnou jen část dělicí konstrukce, menší než je plocha příslušné stěny, příčky nebo stropu při pohledu z vysílací nebo přijímací místnosti. Je-li společná plocha  $S$  menší než  $10 \text{ m}^2$  stanoví se plocha jako maximum z hodnot ( $S; V/7,5$ ) kde  $V$  je objem přijímací místnosti;
- vážená neprůzvučnost  $R_w$  (laboratorní), pro vnitřní dveře a jiné výplně otvorů;
- vážený normovaný rozdíl hladin  $D_{nT,w}$ , pro místnosti, které nemají společnou dělicí konstrukci, (tj. bezprostředně spolu nesousedí), nebo ve speciálních odůvodněných případech, např. když dělicí plochu  $S$  nelze jednoznačně stanovit.

Ve fázi návrhu a v projektové přípravě lze při posuzování též použít změřené nebo vypočtené laboratorní hodnoty neprůzvučnosti stavebních konstrukcí  $R_w$  a provést přibližný přepočít na stavební váženou neprůzvučnost  $R'_w$  podle vztahu

$$R'_w = R_w - k_1$$

kde

$k^1$  je korekce, závislá na vedlejších cestách šíření zvuku:

$k^1 = 2$  dB základní hodnota platná pro všechny dělicí konstrukce v masivních zděných nebo montovaných panelových stavbách z klasických materiálů (cihly, beton).

$k^1 = 2$  až 5 dB doporučené hodnoty pro těžké dělicí konstrukce ve skeletových stavbách (např. vyzdívané konstrukce ve skeletu apod.).

$k^1 = 4$  až 8 dB doporučené hodnoty pro lehké dělicí konstrukce ve skeletových, ocelových nebo dřevěných stavbách (deskové dílce, sádkartonové konstrukce, dřevěné stropy apod.).

Pro složitější konstrukce nebo dispozice místností se doporučuje korekci stanovit individuálně. Přesnější odhad vlivu vedlejších cest lze získat výpočtem např. podle ČSN EN 12354-1 nebo jiným způsobem.

**Tabulka 1 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách**

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje hluku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,W}}$ dB	$L'_{n,W}, L'_{nT,W}$ dB	$R'_{w, D_{nT,W}}$ dB	$R_w$ dB
F. Školy a vzdělávací instituce - učebny, výukové prostory					
15	Učebny, výukové prostory	52	58	47	-
16	Společné prostory, chodby, schodiště	52	58	47	32 27 <sup>7)</sup>
17	Hlučné prostory (dílny, jídelny) $L_{A,max} \leq 85$ dB	55	48	52	-
18	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{A,max} \leq 90$ dB	60 <sup>9)</sup>	48 <sup>9)</sup>	57 <sup>9)</sup>	-

## 6. Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov a jejich částí

Splnění normových požadavků podle této normy se prokazuje zkouškou na stavbě na konkrétní stavební konstrukci, dle příslušných zkušebních postupů uvedených v ČSN EN ISO 140-5. Ve fázi návrhu nebo v projektové přípravě lze předpoklad ke splnění požadavků prokazovat výpočtem, např. podle normy ČSN EN 12354-3 nebo jiným způsobem.

### 6.1 Posuzování neprůzvučnosti obvodových plášťů

Vážené hodnoty stavební vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů budov, určené podle ČSN EN ISO 717-1 z třetinooktávních hodnot veličin změřených podle ČSN EN ISO 140-5, nesmí být nižší než požadavky stanovené v tabulce 2. Při kontrole v budovách se měření posuzují prvky obvodového pláště podle veličin  $R'_{45^\circ, w}$ ,  $R'_{tr, s, w}$ ,  $R'_{rt, s, w}$  nebo obvodový plášť jako celek podle veličin  $D_{ls, 2m, nT, w}$ ,  $D_{tr, 2m, nT, w}$ ,  $D_{rt, 2m, nT, w}$  a to v závislosti na venkovním hluku, vyjádřeném ekvivalentní hladinou akustického tlaku A ve vzdálenosti 2 m před fasádou,  $L_{Aeq, 2m}$ .

Hodnoty požadované zvukové izolace obvodového pláště v tabulce 2 se vždy vztahují k horní hranici příslušného rozmezí hladin akustického tlaku 2 m před fasádou. Přípustná je lineární interpolace požadavků podle skutečné hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A.

**Tabulka 2 - Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov**

Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku po dobu užívání ve vzdálenosti 2 m před fasádou $L_{Aeq,2m}$ , dB **)						
	$\leq 50$	$> 50$ $\leq 55$	$> 55$ $\leq 60$	$> 60$ $\leq 65$	$> 65$ $\leq 70$	$> 70$ $\leq 75$	$> 75$ $\leq 80$
Přednáškové síně, učebny, pobytové místnosti škol, jeslí, MŠ	30	30	30	30	33	38	(43)

\*) Jednočíselné vážené veličiny podle ČSN EN ISO 717-1, stanovené z veličin v třetinooktávových pásmech definovaných v ČSN EN 140-5.

\*\*) Ekvivalentní hladina akustického tlaku A určená 2 m před fasádou s přihlédnutím k 6.6.3 ČSN ISO 140-5, zaokrouhlená na celé číslo <sup>1)</sup>

## 6.2 Stanovení požadavků na neprůzvučnost oken

Neprůzvučnost oken, dílců a částí obvodového pláště se vyjadřuje váženou neprůzvučností  $R_w$  podle ČSN EN ISO 717-1, stanovenou z laboratorních hodnot neprůzvučnosti  $R$  v třetinooktávových kmitočtových pásmech podle ČSN EN ISO 140-3.

Požadavek na váženou neprůzvučnost oken  $R_w$  umístěných v obvodovém plášti, se stanoví podle tabulky 3. Určí se z požadavku  $R'_w (D_{nT,w})$  pro celý obvodový plášť dle tabulky 2 a z poměru ploch oken k celkové ploše obvodového pláště v místnosti. Snížení požadavků na neprůzvučnost oken vyplývá z níže uvedených podílů plochy oken na celé ploše obvodové konstrukce v místnosti a uplatní se jen tehdy, jestliže hodnota vážené neprůzvučnosti plné části obvodového pláště je nejméně o 10 dB vyšší než hodnota vážené neprůzvučnosti okna. Za plochu okna se považuje plocha okenního otvoru včetně rámu. Celková plocha obvodové konstrukce v místnosti je plocha obvodového pláště včetně oken při pohledu z místnosti.

Výše uvedená pravidla pro stanovení požadavků na neprůzvučnost oken platí i pro všechny ostatní jednotlivé průhledné i neprůhledné dílce a části obvodového pláště.

**Tabulka 3 - Stanovení požadavků na neprůzvučnost oken a dalších prvků obvodového pláště**

Podíl plochy oken $S_O$ k celkové ploše obvodového pláště místnosti $S_F$ %	Požadavek $R_w$ <sup>*)</sup> na okna, určený z hodnot $R'_w (D_{nT,w})$ podle tabulky 2 dB
$S_O/S_F < 35$ $35 \leq S_O/S_F \leq 50$ $S_O/S_F > 50$	$R'_w - 5$ $R'_w - 3$ $R'_w$

\*) Snížené požadavky na okna platí za předpokladu, že hodnota vážené neprůzvučnosti plné části obvodového pláště při pohledu z místnosti, je nejméně o 10 dB vyšší než vážená neprůzvučnost okna. Požadavky platí i pro jiné prvky obvodového pláště (vnější dveře, světlíky, větrací prvky apod.)

## 7. Doporučení pro zvýšenou ochranu místností bytu před hlukem

V případech, kdy základní normové požadavky uvedené v kapitolách 5 a 6 nepostačují požadovaným potřebám, uvádí tato norma doporučené zvýšené požadavky a další opatření protihlukové ochrany bytů. Tyto požadavky mají charakter nadstandardního doporučení a mohou být uplatňovány u nových nebo rekonstruovaných budovách na základě smluvních dohod.

## 5.4 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely.

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. Rozhodujícím krokem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je dosažení optimální doby dozvuku, odpovídající danému účelu prostoru.

### 4. Požadavky

#### 4.1 Prostory pro kulturní účely a prostory ve školách

Požadavky na akustiku projektovaného či rekonstruovaného uzavřeného prostoru vyplývají z jednoho nebo více účelů, k nimž má tento prostor sloužit.

##### 4.1.1 Ochrana proti hluku

Výběr místa pro výstavbu ... viz ČSN 73 0525.

Opatření proti vnitřnímu hluku ... viz ČSN 73 0532.

##### 4.1.2 Přípustný hluku pozadí

Hluk pozadí nepříznivě ovlivňuje poslechové podmínky pro hudbu a srozumitelnost řeči, což se týká jak hluku pronikajícího do daného sálu nebo místnosti od zdrojů uvnitř budovy (např. od vzduchotechnického zařízení), tak hluku z venkovního prostoru (např. z dopravy).

V prostorech pro kulturní pořady a v prostorech ve školách se nejvyšší přípustné hodnoty hluku pozadí vztahují k míře jeho rušivosti pro daný účel využívání prostoru. Rušivost hluku při produkci hudby nebo přednesu řeči vždy závisí na druhu a délce produkce, nárocích na kvalitu a dalších okolnostech, proto lze nejvyšší přípustné hodnoty doporučit pouze orientačně.

Nejvyšší přípustná hladina ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  pozadí  $L_{pAeq}/dB/$ :

Učebny, posluchárny: 40 dB

##### 4.1.5 Optimální doba dozvuku

Pro uzavřené prostory 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. Důležité je, aby byla doba dozvuku ve frekvenčním spektru vyrovnaná. Pro tělocvičny se doporučují širokopásmové obklady celého stropu. Tím se dosáhne příznivých akustických poměrů.

V normě jsou uvedeny hodnoty optimální doby dozvuku pro místnosti o objemu nad  $100 m^3$ . Pro místnosti menší je možné hodnoty  $T_0$  odečíst z grafu dle příslušné křivky.

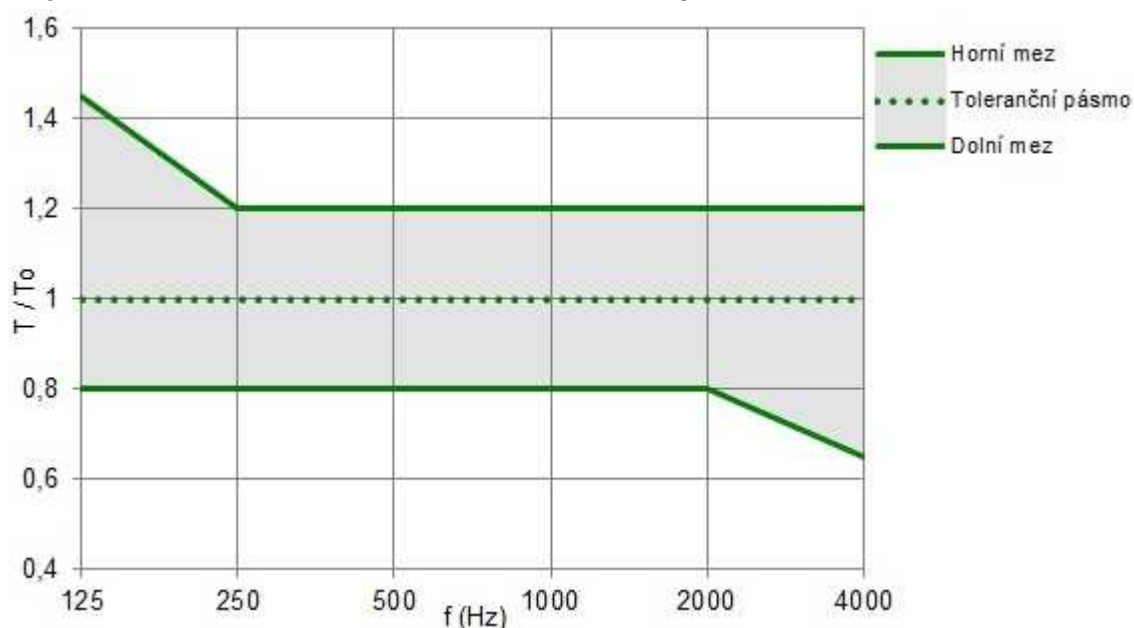
**Tabulka 2 – Požadavky na prostory ve školách**

Prostor	Objem ( $m^3$ ) (orientačně)	Doba $T_0$ (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím hodnot $T/T_0$
Učebna a posluchárna	do 250	0,7	A.4
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 - A.1	A.4
Jazyková učebna (laboratoř)	130 až 180	0,45	A.4
Audiovizuální učebna	200	0,6	A.4
Učebna hudební výchovy	200	0,9	A.3
Učebna hudební výchovy při reprodukované hudbě	200	0,5	A.3
Sborovna nebo konferenční místnost	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-
Učebna pracovní výuky	-	"	-
Školní jídelna, menza	-	"	-

Širokopásmovým obkladem rozumíme obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti  $\alpha_w \geq 0,8$ . Tento vážený činitel zvukové pohltivosti je jednočíselná kmitočtově nezávislá hodnota rovná hodnotě směrné křivky na 500 Hz po jejím posuvu, dle normy ČSN EN ISO 11654.

Přípustná toleranční pásma pro odchylky doby dozvuku od optimální hodnoty ( $T/T_0$ ) jsou uvedena v grafu 1. Odpovídající toleranční pásmo je určeno převažujícím typem signálu v posuzované místnosti. Doba dozvuku se pro učebny vypočte pro oktávová pásma od 125 Hz do 4000 Hz. Učebny se hodnotí v obsazeném stavu. U jídelen se optimální doba dozvuku a následné porovnání s tolerančním pásmem nevyžaduje. Posuzuje se pouze to, zda je navržený obklad stropu širokopásmový.

**Obrázek A.3 - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku  $T/T_0$  obsazeného prostoru určeného k přednesu hudby i řeči v závislosti na středním kmitočtu okt. pásma**



## 6 Akustická modelace a výpočty

Hlukové poměry ve venkovním prostoru jsou spočteny pomocí programu HLUK+, verze 12.52 profi12. Podle získaných podkladů, katastrálních map, údajích o výškách objektů byl v prostředí programu HLUK+ vytvořen akustický model zahrnující všechny objekty, které mohou mít vliv na šíření hluku v dané lokalitě a řešené zdroje hluku. Terén je v lokalitě prakticky rovinný. Do výpočtů je zahrnut vliv pohltivosti jednotlivých objektů. Terén je modelován jako odrazivý. Zeleň nebyla modelována, protože mezi zdroji hluku a chráněnými prostory se žádná výrazná zeleň nevyskytuje.

Dle normy CSN ISO 1996-2 lze u výpočtových bodů uplatnit korekci pro odrazivou plochu. Výše korekce se stanovuje dle kritérií B.1 až B.6 a je uvedena v příloze B.3. Pokud podmínky nejsou splněny, použije se korekce +2 dB, pokud jsou podmínky splněny, použije se maximální korekce +3 dB. Korekce se odečte od výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku A změřené nebo vypočtené v daném hodnoceném místě. Program HLUK+ již umožňuje „vypnout“ u výpočtových bodů odraz od fasády. Vypočtené hodnoty hladin akustického tlaku A v jednotlivých výpočtových bodech pak jsou bez vlivu odrazu od fasády a hodnoty jsou přesnější než paušálním odpočtem korekce +3 dB nebo +2 dB dle normy. Při modelaci byly vypnuty odrazy od hodnocených fasád.

Výsledky jsou uspořádány jak v tabulkové formě, kde jsou přesně znázorněny hladiny akustického tlaku A v jednotlivých výpočtových bodech, tak formou grafického výstupu, jako mapa hladin akustického tlaku A. Mapy jsou vykresleny bez korekce na odražený zvuk a slouží pouze pro dokreslení situace a doplnění tabulkových výstupů. Hlavní výstupy uvádíme v této zprávě, podrobné jsou uloženy v databázi naší firmy.

### 6.1 Zdroje hluku ve venkovním prostoru

V současné době nejsou s provozem školy spojeny žádné významné zdroje hluku. Hlukovou situaci v okolí ovlivňuje především hluk z dopravy na ulici Kounicova.

Všechna VZT zařízení doplňovaná do objektu budou umístěna uvnitř. Na fasády a střechu budou vyvedeny pouze jejich výdechy a sání. Do venkovního prostoru bude umístěna kondenzační jednotka chlazení. Všechny zdroje byly modelovány jako bodové. Zdroje budou v provozu pouze v denní době, během provozu školy. V noční době se chod zařízení nepředpokládá; posouzení je proto provedeno pouze pro denní dobu.

**Tab. 6.1: Modelované stacionární zdroje hluku související s provozem školy**

PRŮMYSLOVÉ ZDROJE – ROZŠÍŘENÍ				
Zdroj	Název zdroje	Typ	výška	Lw
			[m]	[dB]
P1	VZT1 sání	bodový	2.0	57.0
P2	VZT1 výfuk	bodový	2.0	60.0
P3	klíma	bodový	1.0	60.0
P4	digestoř	bodový	2.0	55.0
P5	digestoř	bodový	2.0	55.0
P6	digestoř	bodový	2.0	55.0
P7	digestoř	bodový	2.0	55.0
P8	VZT2 sání	bodový	22.0	58.0
P9	VZT2 výfuk	bodový	22.0	60.0

Obr. 6.1: Schéma umístění stacionárních zdrojů hluku

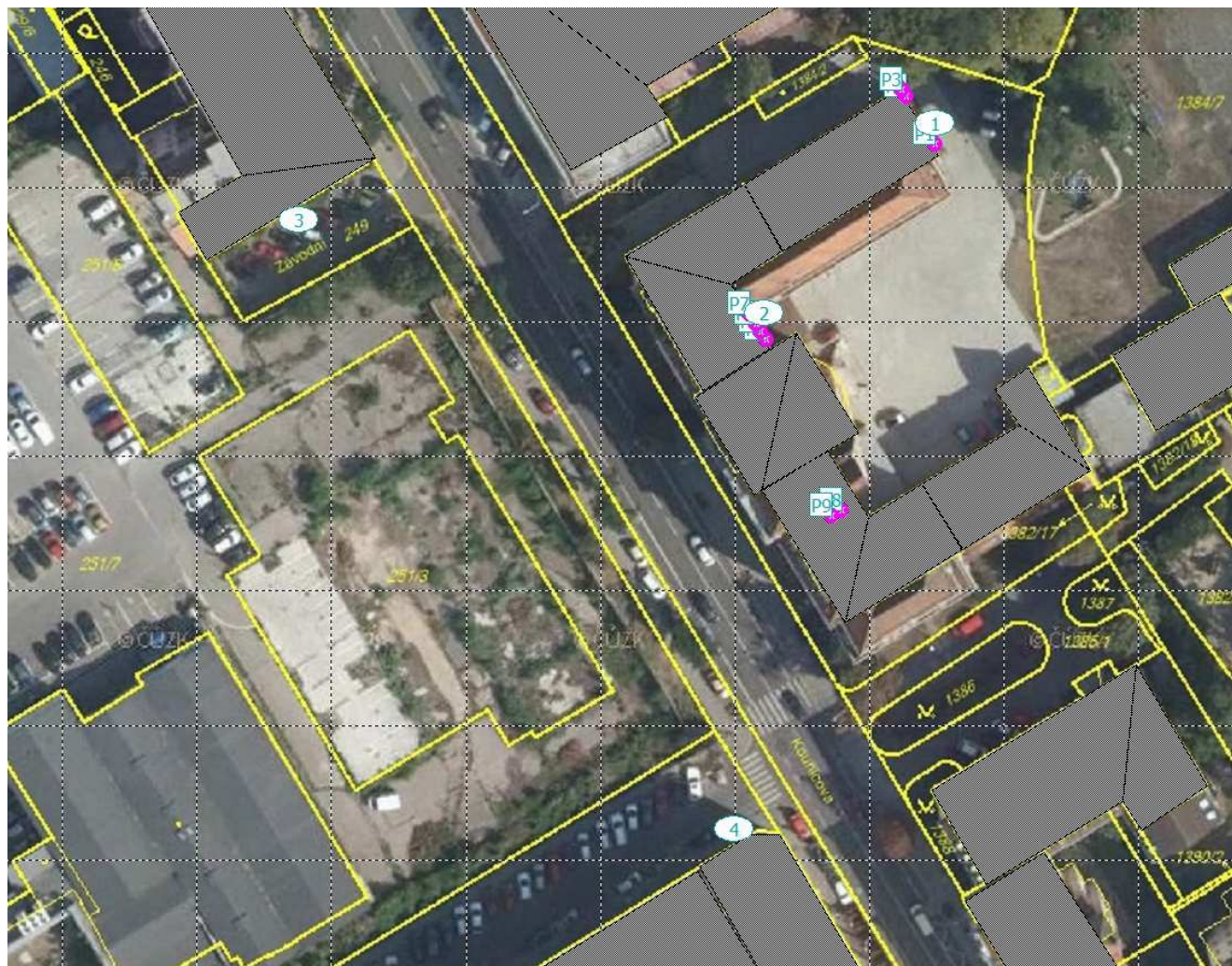


## 6.2 Rozmístění výpočtových bodů

Výpočtové body byly umístěny 2 m od fasád budov školy – stávajících a nových. Výpočtové body byly dále umístěny před fasády nejbližších obytných domů. Před fasádami nového pavilonu byl kromě hluku stacionárních zdrojů vyhodnocen hluk z dopravy po pozemních komunikacích. Před fasádami ostatních chráněných staveb byl hodnocen pouze hluk od stacionárních zdrojů hluku.

- VB 1 2 m před okny MŠ v 1.NP v severovýchodní fasádě; výška 6 m nad terénem
- VB 2 2 m před okny MŠ v 1.NP v severovýchodní dvorní fasádě; výška 6 m nad terénem
- VB 3 2 m před jižní fasádou BD Závodní 288/2; výška 6 m a 18 m nad terénem
- VB 4 2 m před severní fasádou BD Pekárenská 286/14; výška 6 m a 18 m nad terénem

**Obr. 6.2: Situace s umístěním výpočtových bodů**



### 6.3 Nejistota výpočtu

Výpočtový program na základě zadaných vstupních dat o zdrojích hluku vytvoří matematické výpočtové modely a ve zvolených kontrolních bodech vypočte ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq,T}$ . Výstupem ze softwaru jsou - kromě vypočtených hodnot v jednotlivých referenčních bodech - také graficky znázorněné hlukové mapy. Z hlediska přesnosti výpočtů hodnot  $L_{Aeq,T}$  uvádějí tvůrci softwaru na základě jimi provedených experimentálních měření, že při ověřování shody naměřených dat s vypočtenými hodnotami bylo zjištěno, že vypočtené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  byly vždy vyšší než hodnoty  $L_{Aeq,T}$  reálně naměřené, tj. hodnoty  $L_{Aeq,T}$  získávané na základě výpočtů postupem dle metodiky výpočtu hluku jsou na straně bezpečnosti výpočtu.

Nejistotu výpočtu vzhledem k výše uvedenému stanovujeme v intervalu  $\pm 2$  dB.

## 7 Výpočet a hodnocení výsledků hluku ve venkovním prostoru

V tabulce jsou předloženy výsledky výpočtů hluku z provozu zdrojů souvisejících s hodnocenou stavbou – VZT, chlazení. Výpočet je předložen pro kompletní provoz.

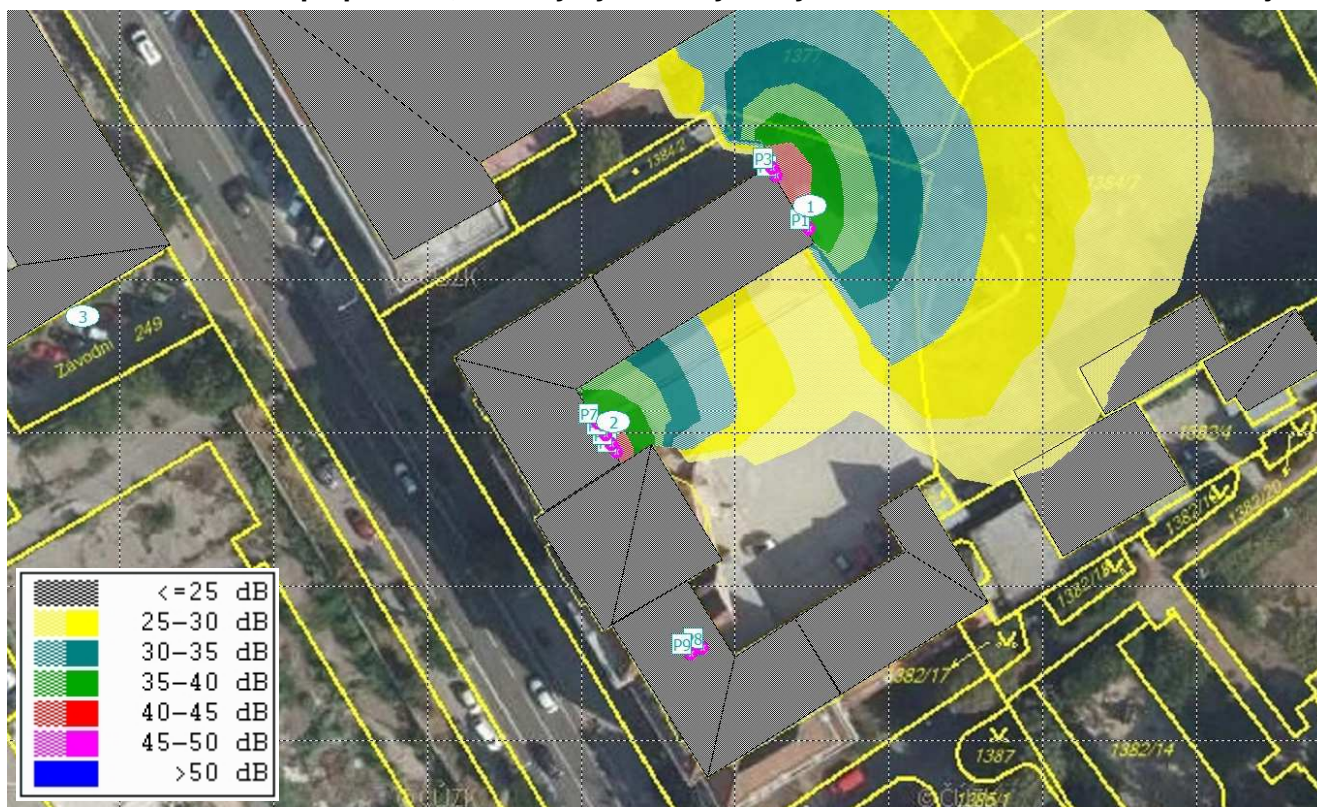
**Tab. 7.1: Hladiny akustického tlaku A ve výpočtových bodech z provozu záměru**

TABULKA BODŮ VÝPOČTU (kompletní provoz)					
VB	výška	Umístění	$L_{Aeq}$ (dB)	Limit	Hodnocení
1-	6.0	SV fasáda VOŠ	38.1	50 dB	dodržen
2-	6.0	SV dvorní fasáda VOŠ	38.6		dodržen
3-	6.0	J fasáda BD Závodní 288/2	7.3		dodržen
3-	18.0		14.6		dodržen
4-	6.0	S fasáda BD Pekárenská 286/14	10.3		dodržen
4-	18.0		19.3		dodržen

### Hodnocení a komentář:

Hygienické limity pro hluk ze stacionárních zdrojů jsou ve všech výpočtových bodech při plném provozu všech hodnocených zdrojů dodrženy.

**Obr. 7.1: Hluková mapa pro den, izofony vykresleny ve výšce 6 m nad terénem - stac. zdroje**

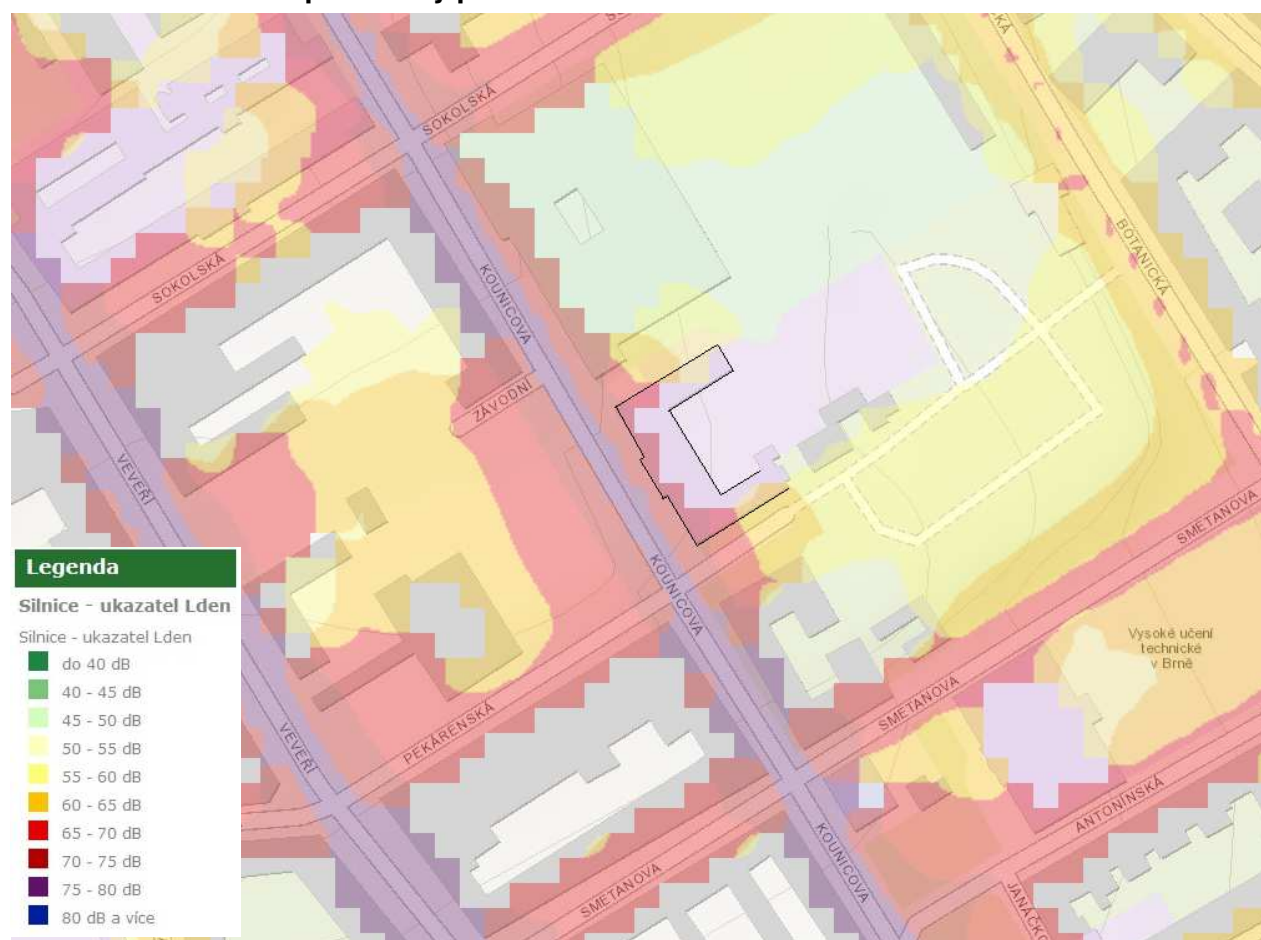


## 8 Výpočet a hodnocení CHVnPS

### 8.1 Neprůzvučnost obvodového pláště

Dominantním zdrojem hluku v lokalitě je automobilová a trolejbusová doprava na ulici Kounicova. Hluková situace byla vyhodnocena z hlukových map z roku 2017 z podkladů Ministerstva zdravotnictví ČR.

Obr. 8.1: Hluková mapa lokality pro denní dobu



Dle hlukové mapy jsou před severní fasádou (okna PC učebny) hladiny akustického tlaku A do 60 dB, před dvorními fasádami pod hranicí 40 dB.

Dle tabulky 2 z normy ČSN 73 0532 je na základě vypočtených hodnot požadována neprůzvučnost obvodového pláště a výplní otvorů  $R'_w = 30 \text{ dB}$ . Při dodržení požadované neprůzvučnosti konstrukcí bude zajištěno splnění hygienických limitů v CHVnPS.

Obvodový plášť je stávající z plných cihel a požadavek 30 dB tak bezpečně splňuje. Okna vždy představují nejslabší prvek obvodového pláště. Požadavek na neprůzvučnost oken ve výši 30 dB splňují v podstatě všechna běžně osazovaná plastová, dřevěná nebo hliníková okna zasklená izolačním dvojsklem. Doporučujeme použít okna s vyšší neprůzvučností alespoň 33 dB (třída zvukové izolace 3, dle DIN 52 210). Konkrétní parametry okna pak prověřit u výrobce. Pozornost doporučujeme věnovat zabudování okna do konstrukce a důslednému vyplnění spár – pozor, vyplnění velkých netěsností pouze stavební pěnou není svým charakterem považováno za vhodnou ochranu proti průniku.

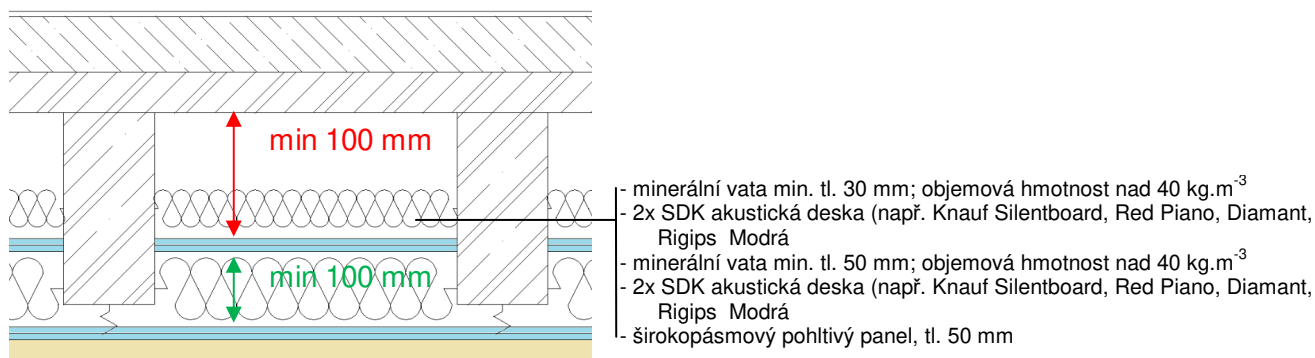
## 8.2 Neprůzvučnost vnitřních konstrukcí

Hlučným prostorem je v 1.PP dílna (m.č. 1.24). Stěny oddělující tento prostor od zbytku patra jsou původní, zděné tloušťky 700 mm. Stavební neprůzvučnost takové stěny se pohybuje nad 60 dB. Normou požadovanou neprůzvučnost 57 dB tak stávající stěny splňují. Dveře z prostoru dílny do chodby by měly mít stavební neprůzvučnost nad 35 dB. Celkovou neprůzvučnost dveří snižuje průnik hluku po obvodu mezi křídlem a zárubní, samozřejmostí je tak vhodné těsnění po celém obvodu, které důkladně vyplní spáru. Každé zalomení zvyšuje neprůzvučnost, proto jsou vhodnější dveře dvoufalcové. Dveře je dále vhodné opatřit prahem. Stěna má dostatečnou tloušťku, v případě požadavku na vyšší neprůzvučnost je třeba doplnit druhé dveře.

Stávající strop nad 1.PP je ŽB žebrový. Neprůzvučnost stávající skladby stropu se pohybuje mezi 50 dB a 54 dB. Normou je požadována neprůzvučnost 60 dB a tu stávající skladba nesplňuje. Zvýšení neprůzvučnosti lze řešit pouze ze spodní strany z dílny.

Navrhujeme stropní konstrukci doplnit o dvojitý SDK podhled s dvojitým opláštěním a minerální izolací v dutině. Pod žebra je třeba doplnit pružně zavěšený podhled 2x opláštěný z akustických desek s kontaktně nalepeným pohltivým panelem ze spodní strany a minerální vatou tl. 50 mm v dutině za podhledem. Druhý podhled by byl doplněn mezi žebra, opět ve skladbě 2x SDK a minerální vata minimální tl. 30 mm v dutině. Dutiny mezi betonem a SDK mezi žebry a mezi SDK mezi žebry a SDK pod žebry by měla být ideálně alespoň 100 mm. Pružné zavěšení spodního podhledu je důležité pro omezení přenosu hluku konstrukcí budovy.

**Obr. 8.2: Skladba stropu nad 1.PP**



Pozornost je dále vhodné věnovat uložení VZT jednotek a vedení rozvodů. Zařízení je třeba kotvit pomocí antivibračních kotvicích prvků, rozvody obalit izolací a vložit účinné tlumiče hluku.

## 9 Prostorová akustika

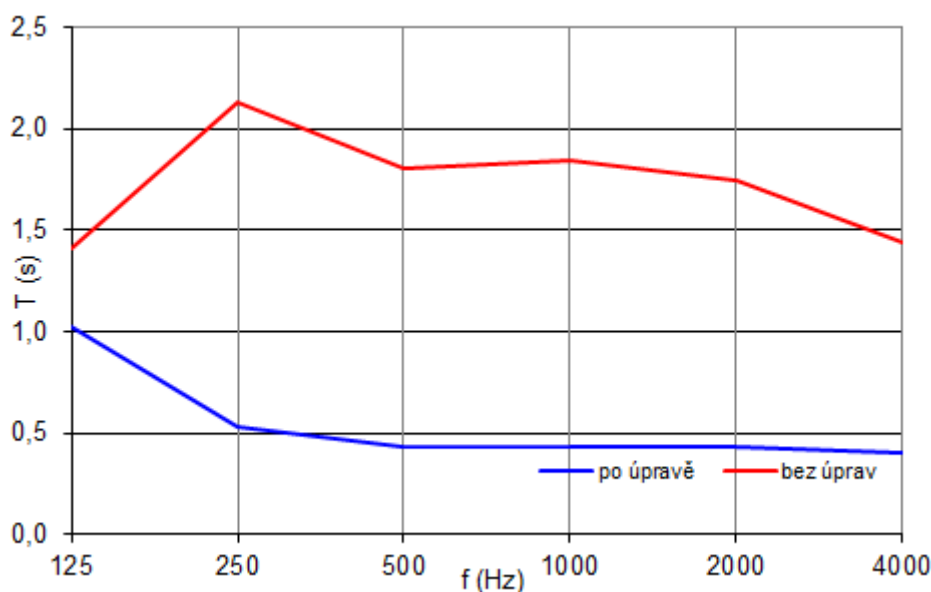
Požadavky jsou uvedeny v normy ČSN 73 0527 dle využití prostoru a jeho objemu. Jak PC učebna, tak dílna patří do skupiny prostorů, kde hluk vzniká vlastní činností. U tohoto typu doporučuje norma aplikaci širokopásmového obkladu stropu.

Širokopásmový obklad je definován jako obklad, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti  $\alpha_w \geq 0,8$ . Vážený činitel zvukové pohltivosti je jednočíselná kmitočtově nezávislá hodnota rovná hodnotě směrné křivky na 500 Hz po jejím posuvu, jak stanoví norma ČSN EN ISO 11 654. V předchozích předpisech byl širokopásmový obklad definován jako obklad z materiálů, jejichž činitel zvukové pohltivosti  $\alpha > 0,6$  v pásmu kmitočtů 250 Hz až 2 000 Hz. Rozdíl mezi materiály popsány podle nové a staré definice je téměř nulový. Výrobci zatím ne vždy uvádí vážený činitel zvukové pohltivosti, proto budeme materiály popisovat na základě činitele zvukové pohltivosti.

Dle domluvy s projektantem byl pro úpravu stropu zvolen bezesparý širokopásmový pohltivý obklad aplikovaný kontaktně k SDK podhledu (např. Rockfon Mono Acoustic, StoSilent Direct).

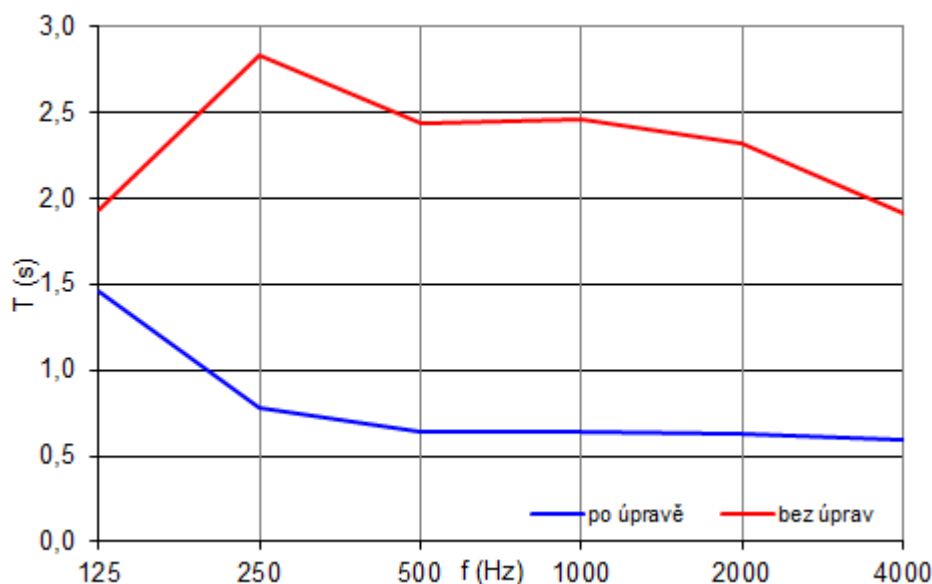
**Tab. 9.1: Doba dozvuku v upravené a neupravené učebně P1.03 - PC učebna**

m.č. P1.03	V= 286 m <sup>3</sup>	f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	$T_b$	1,41	2,13	1,81	1,84	1,74	1,44
Po ak. úpravách	$T_{up}$	1,03	0,53	0,43	0,44	0,43	0,41



**Tab. 9.2: Doba dozvuku v upravené a neupravené učebně P1.25 - Dílna**

m.č. P1.25	V= 227 m <sup>3</sup>	f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T <sub>b</sub>	1,55	2,26	1,95	1,97	1,86	1,53
Po ak. úpravách	T <sub>up</sub>	1,16	0,62	0,51	0,51	0,50	0,48



### Hodnocení a komentář:

Po aplikaci širokopásmového obkladu na strop dojde k poklesu doby dozvuku v celém spektru. Doba dozvuku by se v obou učebnách měla pohybovat pod 0,6 s. Vlivem obkladu stropu dojde k plošnému snížení hladin akustického tlaku A v místnostech o cca 5 dB. V prostoru dílny je žádoucí co nejnižší doba dozvuku, úpravu stropu tak lze rozšířit i na stěny a tím docílit nižší doby dozvuku a snížení hladin akustického tlaku A v místnosti.

Pohltivé podhledy je vhodné instalovat i od ostatních prostor v 1.PP. Zde postačí podhledy s  $\alpha_w \geq 0,5$ .

## 10 Závěrečné hodnocení

Akustická studie řeší umístění dvou učeben do 1.PP objektu VOŠZ Brno na ulici Kounicova v Brně. Lokalita je zatížena hlukem z dopravy po ulici Kounicova, kde se pohybují jak automobily, tak trolejbusy. Nové prostory budou větrány nuceně pomocí VZT jednotek umístěných v podhledech. Na fasády a střechu budou vyvedeny sání a výfuky jednotek. Pomocí počítačového modelu lokality byly vypočteny hladiny akustického tlaku A po úpravách objektu. Nejbližším chráněným prostorem je mateřská škola v 1.NP řešeného objektu. Výsledky výpočtů prokázaly splnění příslušných hygienických limitů jak před fasádou školy, tak u nejbližších obytných staveb v lokalitě.

Dle výsledků výpočtů ve venkovním prostoru byla posouzena neprůzvučnost obvodového pláště a výplní otvorů. Byly zhodnoceny neprůzvučnosti vnitřních konstrukcí a doporučena opatření ochrany před hlukem. Při dodržení požadavků normy a doporučení o uložení zdrojů a vedení rozvodů je předpoklad bezproblémového dodržení hygienického limitu 45 dB v chráněném vnitřním prostoru stavby. Dále byly doporučeny obecné zásady při výběru pohltivých materiálů pro úpravu prostorové akustiky uvnitř objektu.