Dodavatel:

Ing. Rostislav Daněk
audio - video - akustika – prodej
Nušlova 65/V
377 01 Jindřichův Hradec
IČ: 466 73 156

tel/fax: 384 36 11 76
mobil: 603 242 319

Odběratel:

ZUŠ Pelhřimov

Pod Kalvárií 850
393 01 Pelhřimov
IČ: 712 35 132

Subjekt je autorizován Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví k výkonu úředního měření v oborech „ Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí v budovách (vzduchová a kročejová neprůzvučnost)“ a „ Měření hluku v pracovním a mimopracovním prostředí“.

AKUSTICKÁ STUDIE

- ZUŠ PELHŘIMOV,
KONCERTNÍ SÁL ZUŠ – NOVÁ VZT A CHLAZENÍ

Objednatel: ZUŠ Pelhřimov
Investor: ZUŠ Pelhřimov

č. jednací: 16/04/2024
objednávka č. : email
počet listů/ z toho příloh: 10/0
výtisk: 1

Zpracoval: Ing. Rostislav Daněk

Nušlova 65/V
377 01 Jindřichův Hradec

Dne: 22. 10. 2024

Ing. Rostislav Daněk
Nušlova 65/V
377 01 Jindřichův Hradec
IČO 466 73 156
DIČ CZ7211271430
www.ava-jh.cz info@ava-jh.cz

1. Úvod

Tato studie byla zpracována na žádost objednatele a dokumentuje hlukovou situaci po modernizaci koncertního sálu ZUŠ Pelhřimov, jejíž součástí bude instalace nové VZT jednotky vč. funkce chlazení/topení tak, aby byly dodrženy hygienické limity hluku dle NV 272/2011 Sb. ve znění NV 217/2016 Sb.

2. Podklady, přípustné hodnoty, metodika měření a vyhodnocení výsledků

2.1. Podklady

Studie byla vypracována dle platných ČSN a předpisů:
- ČSN 73 0532 + Z1 – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Požadavky.
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. ve znění NV 217/2016 Sb. a NV 433/2022 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací,
- zákon č. 258/2000 Sb. ve znění zákona č.267/2015 Sb. o ochraně zdraví,
- projektová dokumentace – poskytnuto z archivu ZUŠ Pelhřimov,
- výpočtový SW Cadna A,
- výpočtový SW EDIP eS, verze 4.02.

2.2. Přípustné hodnoty

2.2.1. Venkovní chráněný prostor

Dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. jsou nejvyšší přípustné hladiny hluku ve venkovním chráněném prostoru a venkovním chráněném prostoru budov:

- pro denní dobu od 6.00 – 22.00 hod.: $\mathbf{L_{Aeq,T}}$ **= 50 dB**,

- pro noční hodiny od 22.00 – 6.00 hod: $\mathbf{L_{Aeq,T}}$ **= 40 dB ,**

kde $\mathbf{L_{Aeq,T}}$ je ekvivalentní hladina akustického tlaku, vážena filtrem A.
K těmto hodnotám se přičítají další korekce v závislosti na povaze hluku a využití území. Zejména v případě, že hluk obsahuje výrazné tónové složky nebo má informační charakter (řeč, hudba) poté se přičítá korekce **-5 dB**.

2.2.2. Vnitřní chráněný prostor

Dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. jsou nejvyšší přípustné hladiny hluku ve vnitřním chráněném prostoru škol pro hluk pronikající zvenčí:

- pro denní dobu, doba užívání: $\mathbf{L_{Aeq,T}}$ **= 45 dB**,

a dále pro hluk ze zdrojů uvnitř objektu (např. VZT):

- pro denní dobu, doba užívání: $\mathbf{L_{Amax}}$ **= 45 dB,** $\mathbf{L_{Amax}}$ **= 40 dB (tónový hluk, hudba) .**

kde $\boldsymbol{L_{Aeq,T}}$ je ekvivalentní hladina akustického tlaku, vážena filtrem A, $\boldsymbol{L_{Amax}}$ je maximální hladina akustického tlaku, vážena filtrem A.

2.2.3. Zvuková izolace konstrukcí

Dle ČSN 73 0532 jsou minimální hodnoty stavební neprůzvučnosti konstrukce R'_w a váženého normalizovaného rozdílu hladin $D_{nT,w}$, **pro školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory a kabinety učitelů:**

- učebny, výukové prostory a kabinety učitelů:

stěny: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 47$ dB,**
stropy: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 53$ dB, $L'_{n,w} \leq 55$ dB,**
dveře: **$R_w \geq 37$ dB,**

- společné prostory, chodby, schodiště:

stěny: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 47$ dB,**
stropy: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 53$ dB, $L'_{n,w} \leq 58$ dB,**
dveře: **$R_w \geq 32$ dB,**

- hlučné prostory (dílny, jídelny, herny, technické centra) $L_{Amax} \leq$ 85 dB:

stěny: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 52$ dB,**
stropy: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 55$ dB, $L'_{n,w} \leq 48$ dB,**

- velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{Amax} \leq$ 90 dB:

stěny: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 57$ dB,**
stropy: **R'_w, $D_{nT,w} \geq 60$ dB, $L'_{n,w} \leq 48$ dB,**

!!! Dále je nutné dodržet podmínku dle odst. 6, tabulka 9, normy ČSN 73 0532 na zvukovou izolaci obvodových plášťů budovy.

3. Popis situace, vstupní předpoklady, hlukové parametry

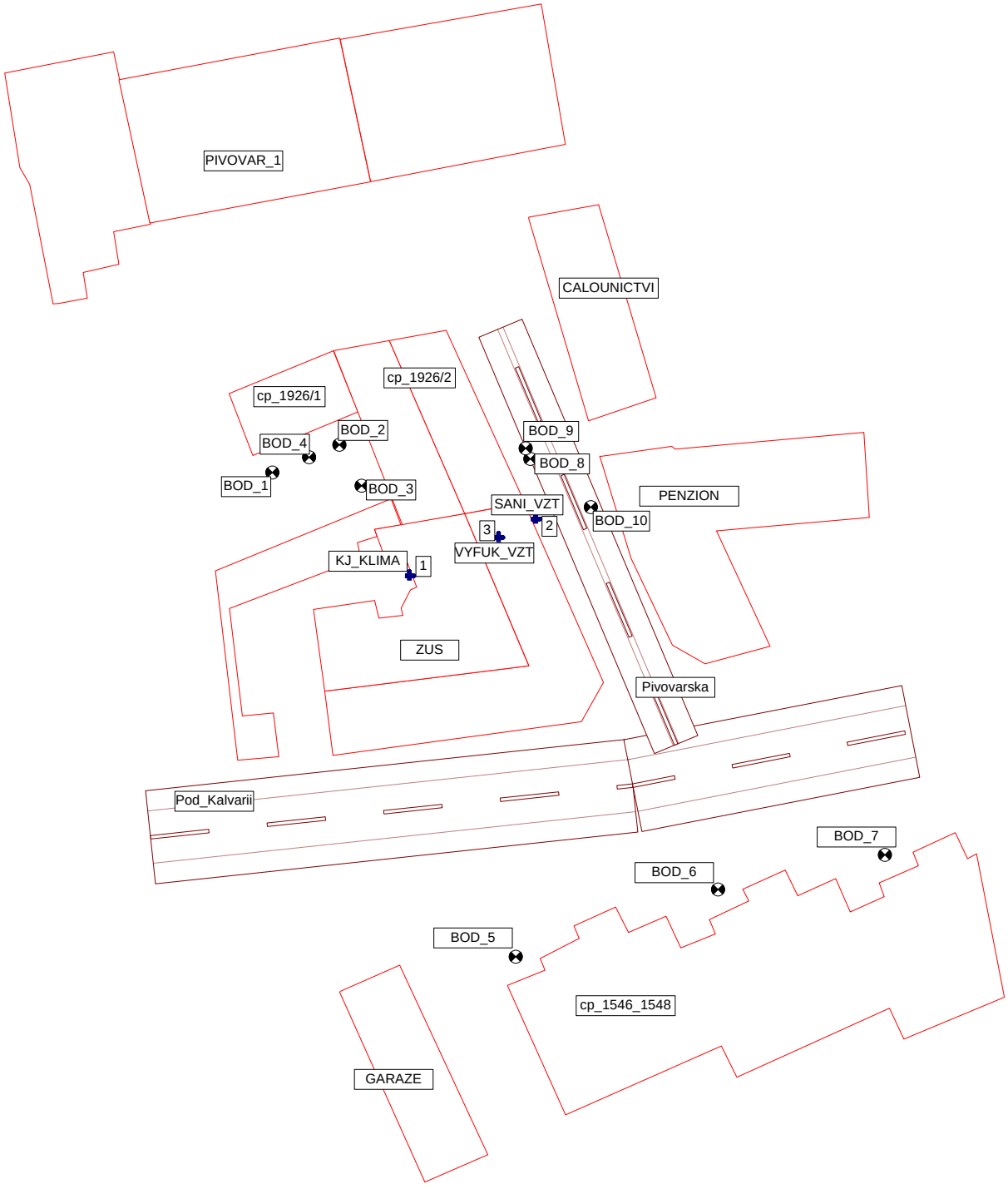
Jedná se o stávající budovu ZUŠ. Koncertní sál se nachází v upraveném podkroví budovy. V současné době je sál bez větrání, jsou instalovány klimatizační split jednotky s venkovními kondenzačními jednotkami.

Nově se předpokládá výměna AV technologie, scénického osvětlení, doplnění sálu o jevištní techniku a kompletní realizace akustických úprav stěn a stropu vč. výměny podlahové krytiny a úprava podia. Sál bude větrán a chlazen novou VZT jednotkou, která bude umístěna v prostoru stávající kotelny v podkroví. Z kotelny bude přes světlík na fasádu budovy vyvedeno sání čerstvého vzduchu. Výfuk odpadního vzduchu bude veden na střechu budovy nad kotelnou. Kondenzační venkovní chladící jednotka bude umístěna na pozici stávajících jednotek ve výklenku budovy směrem do dvora objektu.

!!! Objekt bude provozován pouze v denní dobu (odpoledne) – školní výuka. Vlivem rekonstrukce sálu nedojde ke změně výuky a provozu ZUŠ a koncertního sálu oproti stávajícímu stavu (tj. předpokládá se stejný hluk z výuky i koncertní produkce). Též nedojde ke změně dopravní obslužnosti. Co se týče provozu koncertního sálu, předpokládají se večerní školní koncerty žáků, pedagogů a drobných hudebních formací, s dobou trvání do 22.00 hod.

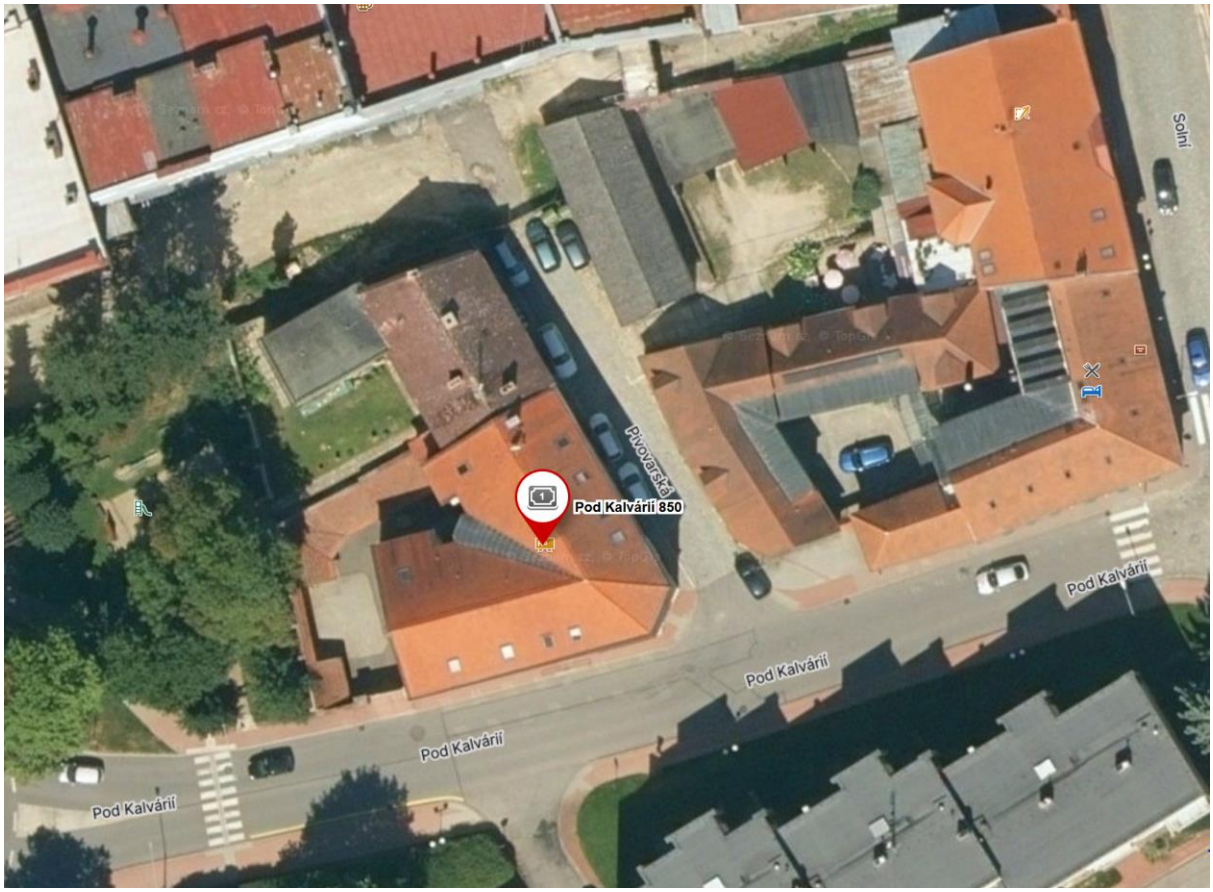
Stavební práce budou probíhat uvnitř budovy (kromě průrazů pro instalaci VZT potrubí a kondenzačních jednotek (krátce bez významného hlukového dopadu). Uvnitř budovy budou probíhat hlučné práce (zejména sekání, řezání apod.) v dopoledních hodinách (7.00 – 13.00 hod.), odpoledne je třeba, v součinnosti s výukou, plánovat drobnější montážní práce s využitím ručního nářadí.

SITUACE – MODEL CADNA A:



<u>Legenda:</u>
BOD_1 až 9 ……. venkovní chráněný prostor budov
cp_1926 ….. objekty k bydlení

SITUACE:



3.1 Hlukové parametry

Z hlediska hluku z objektu ZUŠ bude dominantní hluk z provozu koncertního sálu – při hudebních produkcích a zkouškách, hluk z učeben a dále z provozu VZT a klimatizace v sále (stacionární zdroj - viz. odst 3.3). V sále byly navrženy masivní protihlukové obvodové konstrukce (viz. dále). Předpokládá se maximální průměrná hladina akustického tlaku koncertním sále LAeq,T = 90 dB (zkoušky sboru, orchestru individuální hra na nástroj, komorní hra, výuka záznamu hudby, besídky žáků apod.), krátkodobě např. při besídkách oboru bicích LAeq,T = 95 - 98 dB, tj. výpočtově uvažována hladina LAeq,T = 92 dB.

3.2 Dopravní obslužnost školy

Dopravní obslužnost areálu ZUŠ se nemění.

3.3 Stacionární zdroje hluku

Hlukové parametry VZT a chlazení byly stanoveny z parametrů od výrobce. Předpokládá se provoz v denní dobu. Pro větrání sálu je navržena jednotka SYSTEMAIR CL NRVU _BVU s průtokem vzduchu 1000 m3/hod. Chlazení sálu zajišťuje venkovní jednotka LG MU5R40.U42 s s maximálním výkonem chlazení 14,7 kW/jednotka. Na výstupech potrubí VZT jednotky jsou osazeny tlumiče hluku, předpokládá se kruhový tvar, průměr 315 mm, D(tp, vložený útlum) = min. 16 dB (splňuje běžná řada pevných i ohebných tlumičů na trhu, délka tlumičů 1000 – 1200 mm).

Označení ID zařízení odpovídá pozici jednotek v situaci. Typy zařízení s hodnoty akustického výkonu jsou uvedeny v následující tabulce stacionárních zdrojů hluku:

Jméno	M.	ID	Akustický výkon LwA			Doba působení			Kmitočet	Výška	
			Den	Večer	Noc	Den	Klid	Noc			
			(dB)	(dB)	(dB)	(min)	(min)	(min)	(Hz)	(m)	
KJ_KLIMA		1	64.0	64.0	64.0	480.00	0.00	0.00	500	7.00	r
VYFUK_VZT		3	56,6	56,6	56,6	480.00	0.00	0.00	500	1.00	g
SANI_VZT		2	40.8	40.8	40.8	480.00	0.00	0.00	500	7.00	r

Pozn: symbol g u výšky zdroje značí výšku nad střechou objektu, symbol r – relativní výšku nad terénem.

3.4 Topografické údaje

Byly vybrány nejbližší venkovní chráněné prostory tak, aby dokumentovaly možné šíření hluku do všech stran jak z jednotek VZT, tak hluku ze sálu a učeben. Volbu sledovaných bodů dokumentuje situace:

- **Bod 1, 2, 3** – BD, čp. 1926, ul. Pivovarská, J a Z strana do dvora, 2 m od fasády, v = 5,5 m,
- **Bod 4** – BD, čp. 1926, ul. Pivovarská, J strana do dvora, 2 m od fasády, v = 2,5 m,
- **Bod 4, 5, 6** – BD, čp. 1546 – 1548, ul. Pod Kalvárií, S strana, 2 m od fasády, v = 8 m,
- **Bod 8, 9** – BD, čp. 1926, ul. Pivovarská, V strana do ulice, 2 m od fasády, v = 7 a 4 m,
- nová budova č.p. 14, před okny třídy Hudebního gymnázia ve 2. NP, S strana, 2 m od fasády, v = 6 m,
- **Bod 10 (orientačně, budova penzionu)** – čp. 2175, ul. Pod Kalvárií, , v = 5 m,

Pozn. ostatní chráněný venkovní prostor je ve větší vzdálenosti.

4. Hlukové posouzení – VENKOVNÍ HLUK

Pro výslednou hladinu hluku z provozu ZUŠ Pelhřimov s uvažováním stávajícího hluku pozadí v bodě 1 - 9 musí platit pro celkový hluk– **LAeq,T (den) výsledná ≤ 50 dB** (v denní dobu), pro tonální hluk **LAeq,T (den) výsledná ≤ 45 dB** . **V noční dobu není škola v provozu.**

4.1. Stacionární zdroje hluku – VZT, chlazení, denní doba

Výpočet dokumentuje hladinu hluku z jednotek VZT a chlazení v jednotlivých sledovaných bodech při odhadovaném maximálním zatížení provozu – **předpokládá se tónový charakter hluku**.

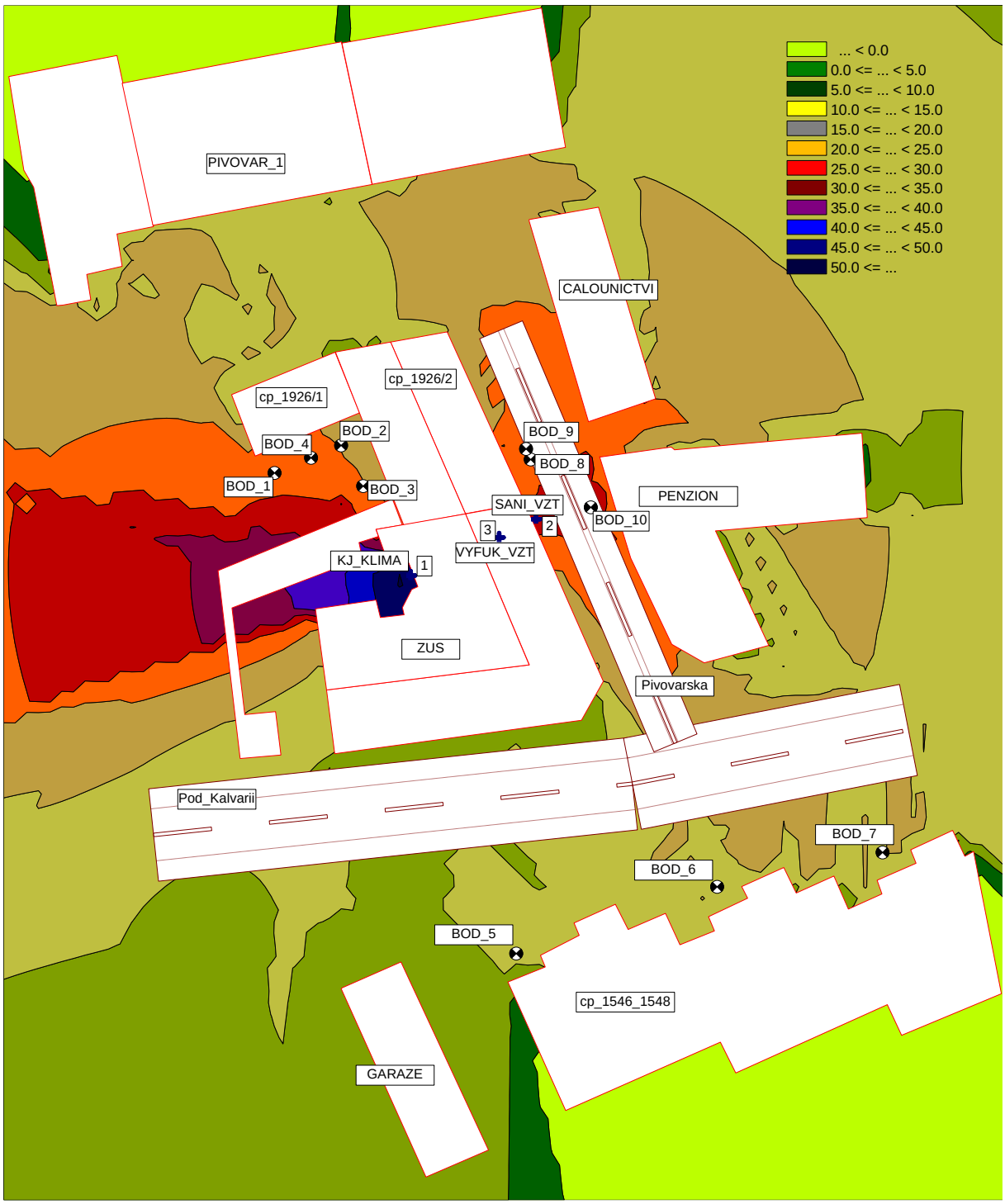
TABULKA IMISNÍCH BODŮ ZE SIMULACE – STACIONÁRNÍ ZDROJE:

Jméno	ID	Hladina LAeq,T		Doporučená hodnota LAeq,T		Využití území			Výška	
		Den	Noc	Den	Noc	Typ	Auto	Typ hluku		
		(dB)	(dB)	(dB)	(dB)				(m)	
BOD_1		23.6	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.50	r
BOD_2		19.6	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.50	r
BOD_3		20.4	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.50	r
BOD_4		20.3	..	45.0	35.0		x	Celkem	2.50	r
BOD_5		12.9	..	45.0	35.0		x	Celkem	8.00	r
BOD_6		16.9	..	45.0	35.0		x	Celkem	8.00	r
BOD_7		15.4	..	45.0	35.0		x	Celkem	8.00	r
BOD_8		26.9	..	45.0	35.0		x	Celkem	7.00	r

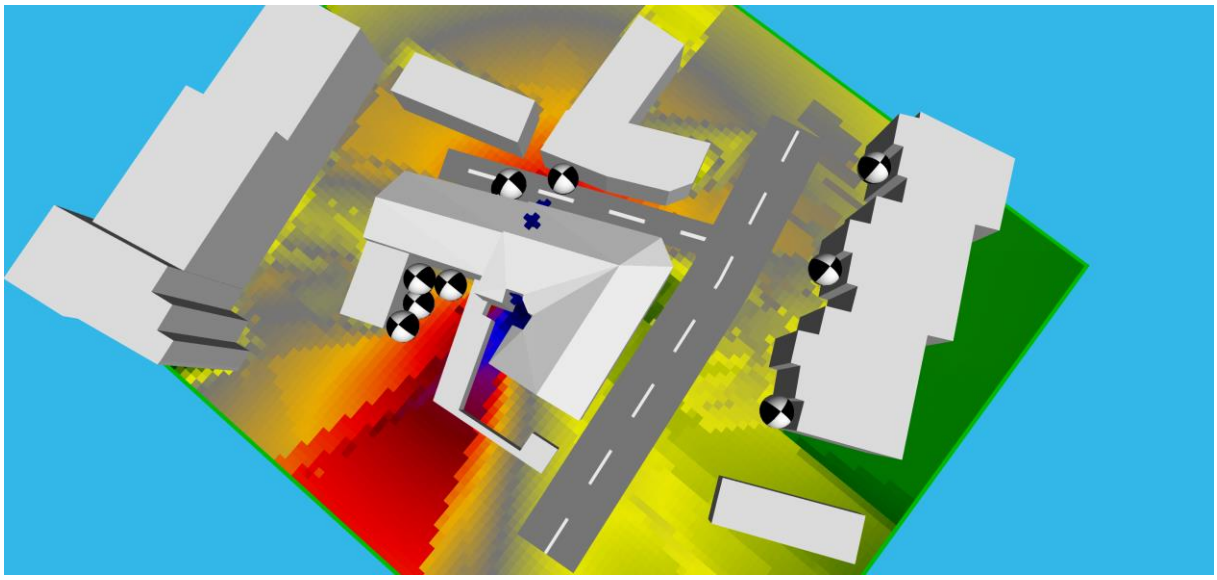
BOD_9		22.9	..	45.0	35.0		x	Celkem	4.00	r
BOD_10		26.9	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.00	r

Z uvedeného výpočtu je patrné, že příspěvek hluku ze stacionárních zdrojů (VZT, klima) je v uvažovaných bodech minimální, hluboko pod hlukem pozadí (zejména automobilová doprava). Umístění venkovní jednotky klimatizace je voleno do míst, kde se v ZUŠ nachází schodiště a WC, šatna, kabinety apod., tj. není zasažen hlukem venkovní chráněný prostor tříd ZUŠ.

2D SITUACE, v = 5,5 m:



3D SITUACE, v = 5,5 m:



4.2. Celkový hluk z z provozu koncertního sálu a školy – hudební produkce, VZT, denní doba

Výpočet dokumentuje celkovou hladinu hluku z provozu ZUŠ (stacionární zdroje, výuka, produkce v koncertním sále) ve vztahu k objektům pro bydlení. Do výpočtu je započítán hluk z koncertního sálu, hluk z VZT, chlazení a dále hluk z učeben ZUŠ, při předpokladu občasného přirozeného větrání učeben okny v poloze ventilace – JAKO NEJHORŠÍ PŘÍPAD, TJ. SOUČASNÝ PROVOZ VŠECH UČEBEN, SÁLU, VZT A KLIMA.

Hladina hluku v sále je uvažována LAeq,T = 92 dB (max. 240 min.), průměrná hladina hluku v učebnách ZUŠ (ověřeno měřením v jiných ZUŠ) LAeq,T = 78 dB. Útlum střechy sálu R´w = 35 dB (SDK konstrukce), útlum stěn sálu R´w = 62 dB (pro k = 3), průměrný útlum stěn ZUŠ při ventilaci uvažován R´w = 22 dB (což odpovídá otevření všech oken na fasádě na ventilaci). Časová souslednost provozu učeben ZUŠ je 360 min. za 8 hod., koncertního sálu 240 min./8 hod.

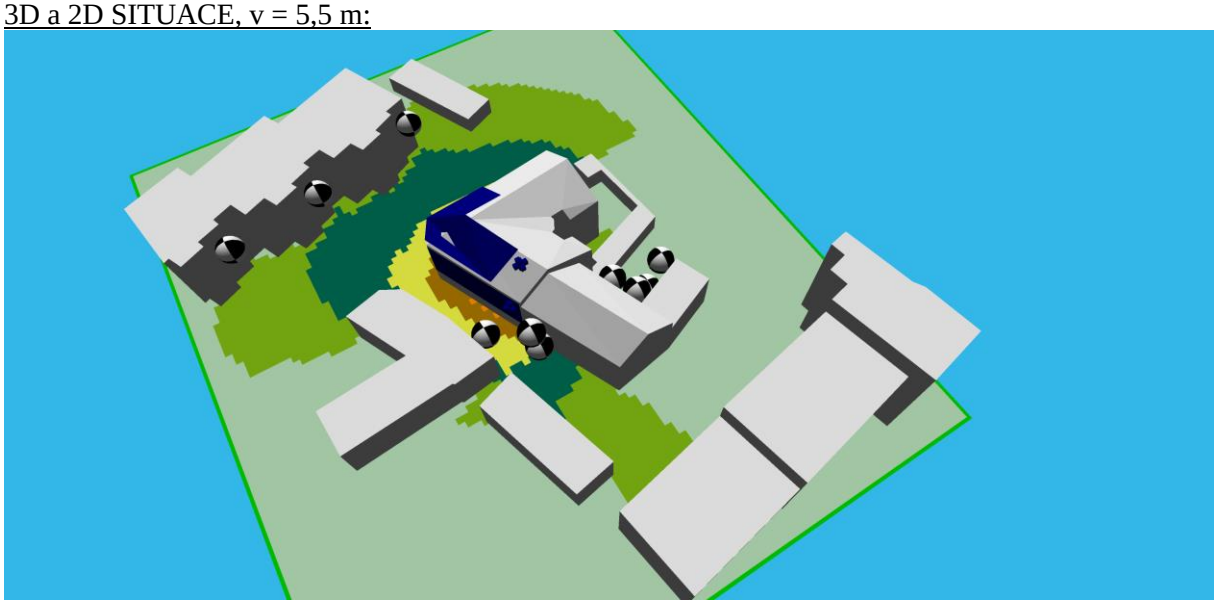
TABULKA IMISNÍCH BODŮ ZE SIMULACE – CELKOVÝ HLUK:

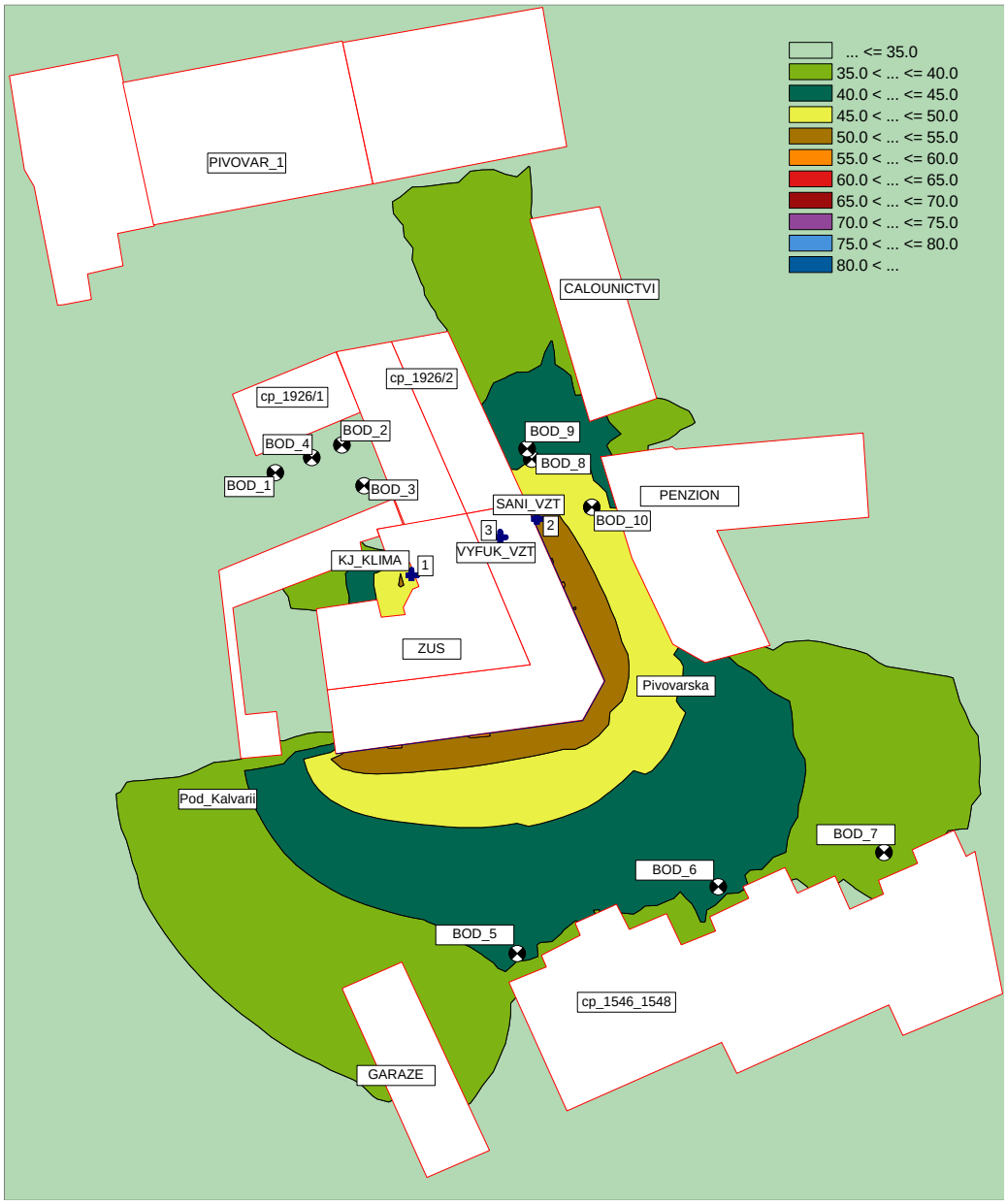
Jméno	ID	Hladina LAeq,T		Doporučená hodnota LAeq,T		Využití území			Výška	
		Den	Noc	Den	Noc	Typ	Auto	Typ hluku		
		(dB)	(dB)	(dB)	(dB)				(m)	
BOD_1		26.5	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.50	r
BOD_2		23.5	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.50	r
BOD_3		23.1	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.50	r
BOD_4		23.1	..	45.0	35.0		x	Celkem	2.50	r
BOD_5		40.9	..	45.0	35.0		x	Celkem	8.00	r
BOD_6		41.6	..	45.0	35.0		x	Celkem	8.00	r
BOD_7		38.0	..	45.0	35.0		x	Celkem	8.00	r
BOD_8		44.6	..	45.0	35.0		x	Celkem	7.00	r
BOD_9		44.1	..	45.0	35.0		x	Celkem	4.00	r
BOD_10		47.5	..	45.0	35.0		x	Celkem	5.00	r

Pozn: BOD 10 orientační výpočet u penzionu (neuvažujeme venkovní chráněný prostor).

!!! Uvažováno občasné přirozené větrání okny (ventilace), v sále provoz VZT a klima.

3D a 2D SITUACE, v = 5,5 m:





5. Hlukové posouzení – VNITŘNÍ HLUK

Doporučená hladina hluku pozadí v sále ze zdrojů hluk uvnitř budovy i hluku pronikajícího zvenčí je dle ČSN 73 0527 pro akusticky náročné prostory (koncertní sály apod.) posuzována dle NC křivek, zde doporučena hodnota v rozmezí NC15 – NC20, pro divadelní sály LAeq,T (den) výsledná ≤ 25 dB**,** hudební zkušebny LAeq,T (den) výsledná ≤ 30 dB, pro učebny LAeq,T (den) výsledná ≤ 35 dB. Vzhledem k užití prostoru předpokládejme hodnotu v rozmezí LAeq,T (den) výsledná ≤ 30 - 35 dB **V noční dobu není škola v provozu.**

Koncertní sál se nachází v podkroví budovy, střecha se nebude stavebně měnit, tj. nelze v tomto případě zlepšit zvukovou izolaci konstrukcí oproti stávajícímu stavu (zejména se jedná o hluk z dopravy na přilehlých komunikacích). Předpokládá se větrání pomocí VZT při současně uzavřených střešních oknech.

Následující výpočet dokumentuje hluk z nově navržené VZT a klimatizace a stanovuje protihluková opatření tak, aby hluk z těchto zařízení splňoval požadavek ČSN.

Provozní opatření budou následující – před vlastní produkcí dojde k vychlazení sálu na požadovanou teplotu při plném výkonu klimatizace (nejhlučnější provoz). Při produkci poté již bude probíhat pouze dochlazování prostoru na nižší výkon – tichý provoz. Toto řešení je navrženo z hlediska optimalizace výkonu a ekonomické náročnosti projektu.

5.1. Hluk z VZT a klimatizace

Stacionární zdroje hluku v sále:

i) stropní klimatizační split jednotky LG/Toshiba, 7 kW, LwA = 43 dB (tichý provoz při produkci, časová souslednost – 3 dB korekce na aktivní dobu provozu),
ii) VZT jednotka SYSTEMAIR CL NRVU _BVU – odtah vzduchu stropními vyústky, přívod vzduchu vyústky pod podiem, vedení vzduchu opatřeno tlumiči hluku D(tp) = 18 dB.

Akustický výpočet

	Akustický výkon [dB]								
Frq. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet [dB(A)]
Nasávání	**66,0**	**60,0**	**59,0**	**55,0**	**50,0**	**44,5**	**39,5**	**27,5**	**56,5**
Výstup	**69,0**	**66,0**	**72,0**	**67,0**	**67,0**	**66,0**	**60,0**	**58,0**	**72,2**
Skříň	**56,0**	**51,0**	**60,0**	**51,0**	**54,0**	**39,0**	**28,0**	**17,0**	**56,7**

Hluk z odvodu vzduchu z místnosti LwA (odvod) = 56,5 – 18 = 38,5 dB, z přívodu vzduchu do místnosti LwA (přívod) = 72,2 – 36 (2x tlumič + snížení rychlosti proudění pod podiem) = 36 dB

Dobu dozvuku v sále po akustické úpravě T = 0,7 s. Celkový objem místnosti V = 388 m3. Celková plocha obvodových konstrukcí S = 383 m2.

Průměrná hladina akustického tlaku z VZT v difúzním poli místnosti je poté rovna:

$$LAeq = LwA + 10 \log [Q_0/4\pi r^2 + 4(1-Alfaw)/A], (dB)$$

kde

- LwA je suma ak. výkonu zdrojů hluku (3x klima, odvod/přívod vzduchu) **,** LwA = 46,1 dB,
- Alfaw je střední činitel pohltivosti,
- r – vzdálenost od zdroje, zde r = 2 m,

- A je celková pohltivost.

Pro střední činitel zvukové pohltivosti Alfa = 0,21 je A = 383 x 0,21 = 80,4 m2. Z uvedeného plyne, že při provozu VZT a klima bude hladina hluku uvnitř sálu rovna:

LAeq,sál = 33,8 dB.

Z uvedeného výpočtu plyne, že navržená jednotka splňuje požadované hodnoty hluku LAeq,T (den) výsledná ≤ 30 - 35 dB.

V rámci PPD bude realizováno následující protihlukové opatření:

1) budou instalovány tlumiče hluku na potrubí od jednotky dle předchozího předpokladu,
2) budou dodržena provozní opatření při koncertech dle odst. 5.

5.2. Vnitřní konstrukce

Vlivem instalace nového systému chlazení a větrání nedochází ke změnám na obvodových konstrukcích sálu.

6. Rekapitulace výsledků, protihluková opatření

A) Z uvedených výpočtů lze konstatovat, že při změně systému chlazení a instalaci nové VZT v sále ZUŠ Pelhřimov **budou splněny hygienické limity hluku dle NV 272/2011 Sb. ve znění NV 217/2016 Sb. a NV 433/2022 Sb.v denní dobu**. V noční dobu není škola v provozu.

B) při realizaci budou splněny podmínky této studie, zejména co se týče hlukových parametrů VZT a chlazení. Co se týče sálu bude realizována nová akustická úprava dle ČSN 73 0527 – detailní řešení bude rozpracováno v PPD,

C) v areálu školy se nepředpokládá se zřízením dalších parkovacích míst,

D) stavební činnost bude probíhat uvnitř budovy (kromě průrazů pro instalaci VZT potrubí a kondenzačních jednotek (krátce bez významného hlukového dopadu). Uvnitř budovy budou probíhat hlučné práce (zejména sekání, řezání apod.) v dopoledních hodinách (7.00 – 13.00 hod.), odpoledne je třeba, v součinnosti s výukou, plánovat drobnější montážní práce s využitím ručního nářadí. Doprava materiálu pro stavbu bude probíhat přilehlých místních komunikacích.

6. Závěr

Z uvedených závěrů je patrné, že hladina hluku z provozu VZT a klimatizace při dodržení podmínek této studie v uvažovaných bodech 1 – 9 v denní dobu splní hygienický limit hluku, tj. z tohoto hlediska lze úpravu a výměnu VZT v dané lokalitě povolit.

Konečné rozhodnutí vydá orgán OVZ.