



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Ondřej Baroch

Vliv rychlosti na akustickou situaci na komunikaci

Strakonická v Lahovičkách

Diplomová práce

**2015**



**K612..... Ústav dopravních systémů**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Ondřej Baroch**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Vliv rychlosti na akustickou situaci na komunikaci  
Strakonická v Lahovičkách**

Název tématu (anglicky): The Effect of Speed on the Acoustic Situation on  
Strakonicka Street in Lahovicky

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvod, cíle práce
- Vliv rychlosti na akustickou situaci, řešerše dané problematiky, příklady
- Charakteristika posuzované lokality včetně širších dopravně - územních vztahů
- Podrobný popis vybrané lokality z akustického hlediska, srovnání reálné situace s územně plánovací dokumentací
- Současná dopravní situace, intenzity dopravy
- Výběr místa pro měření v zástavbě
- Vlastní měření hluku v zástavbě a vyhodnocení naměřených dat
- Vypracování hlukových map pomocí software CADNA A
- Zhodnocení. závěr. doporučení

Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí diplomové práce  
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)  
Seznam odborné literatury: Nařízení vlády 272/2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací  
Ládyš, L., Liberko, M.: Výpočet hluku z automobilové dopravy, manuál ŘSD ČR, 2011

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Libor Ládyš**  
**doc. Ing. Bc. Kristýna Neubergová, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **25. června 2014**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **31. května 2015**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.  
vedoucí  
Ústavu dopravních systémů



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Ondřej Baroch  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 25. června 2014

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat především vedoucí diplomové práce doc. Ing. Kristýně Neubergové, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady a za cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a bratrovi za podporu během studia.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám žádný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 3.6.2015

.....

Bc. Ondřej Baroch

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá zjištěním a popisem akustické situace na čtyřpruhové komunikaci Strakonická v obci Lahovičky v Praze. V úvodní části práce je seznámení se základními pojmy z akustiky a také je zde uvedena legislativa v oblasti dopravního hluku. Dále pak následuje rozbor vlivu rychlosti na akustickou situaci a popis posuzované lokality. Následně je uvedeno vlastní měření, model v programu Cadna A a jeho vyhodnocení.

## **Klíčová slova**

Lahovičky

hluk z dopravy

akustika

Cadna A

## **Abstract**

This work is concerned with verifying and describing the acoustic situation on the 4-lane Strakonická highway in Prague's Lahovičky district. The first part is an introduction to the basic concepts of acoustics and presents legislation on traffic noise. Then follows an analysis of the effect of speed on the acoustic situation and a description of the locations under study. Subsequently, the CADN A program is used to show the measurement model and its results.

## **Key words**

Lahovičky village

Traffic noise

Acoustic

Cadna A

## Obsah

Přehled zkratk.....	9
1 Úvod .....	10
2 Legislativa a základní pojmy v oblasti akustiky .....	11
2.1 Základní pojmy.....	11
2.2 Legislativa .....	14
3 Vliv rychlosti na akustickou situaci .....	18
3.1 Hluk ze silniční dopravy .....	18
3.2 Zdroje hluku z automobilů .....	20
3.3 Hluk pneumatik .....	21
3.3.1 Náraz dezénového bloku .....	23
3.3.2 Air pumping - sání vzduchu .....	23
3.3.3 Tření mezi pneumatikou a vozovkou.....	25
3.3.4 Vliv povrchu vozovky.....	25
3.4 Hluk motoru .....	27
3.5 Aerodynamický hluk.....	29
3.6 Vliv intenzity vozidel.....	32
4 Charakteristika posuzované lokality .....	35
4.1 Širší vztahy .....	36
4.2 Dopravní situace .....	38
4.2.1 Intenzita .....	38
4.2.2 Rychlost.....	39
4.3 Útlum hluku s rostoucí vzdáleností od zdroje.....	42
4.4 Útlum vlivem stínění nízkou zástavbou.....	42
4.5 Stínění vzrostlou zelení.....	43
4.6 Vliv oboustranné zástavby .....	43
4.7 Využití objektů v obci.....	45



5 Měření hluku .....	48
6 Cadna A .....	53
6.1 Tvorba modelu .....	54
6.2 Srovnání modelu pro rychlosti 50 a 80 km/h .....	56
6.3 Hluková mapa fasád .....	59
7 Závěr .....	61
Seznam příloh .....	63
Použité zdroje.....	64

## Přehled zkratk

$L_{Aeq}$	Ekvivalentní hladina akustického tlaku
dB	Decibel
Hz	Hertz
TSK	Technická správa komunikací
$C_x$	Tvarový koeficient
$D_{NZ}$	Korekce způsobená vlivem stínění nízkou zástavbou
OA	Osobní automobily
NA	Nákladní automobily

# 1 Úvod

Hluk vzniklý z automobilové dopravy je v současnosti problémem ve většině velkých měst a zaujímá v době rostoucí dopravy stále důležitější místo. Ve městech, kde je doprava situována v těsné blízkosti obytných domů, nastává problém s dodržением hlukových limitů. Ve vyspělých státech se hluk z automobilové dopravy řadí za znečišťování ovzduší výfukovými plyny a znečišťování povrchových vod. Tyto země na základě škodlivého působení hluku na lidský organismus zavedly řadu legislativních opatření, zákonů a norem, které vedou k ochraně lidí před hlukem z dopravy. Hluk vzniklý dopravou je často podceňován, jelikož nezpůsobuje bezprostřední bolest nebo poruchu sluchového orgánu a také působí na každého člověka individuálně. Projevem dlouhodobého působení nadměrného hluku, jsou poruchy vyšší nervové soustavy.

Cílem této práce je zjištění vlivu rychlosti automobilů na komunikaci Strakonická na akustickou situaci v obci Lahovičky v Praze. Tato čtyř pruhová, značně zatížená komunikace, je vedena skrz obci v těsné blízkosti obytných domů. V obci došlo k omezení rychlosti z 80 km/h na 50 km/h z důvodu snížení hluku. V této práci se navazuje na BP, kde bylo provedeno měření hluku v blízkosti komunikace a výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro rychlosti 50 km/h a 80 km/h. Zde v DP se pak soustředilo na podrobnější popis vlivu rychlosti na akustickou situaci a šíření hluku obcí. Také důležitou součástí byla práce se softwarem Cadna A. V úvodu jsou popsány v krátkosti základní pojmy a legislativa týkající se hluku vzniklého dopravou. Dále se zde popisují zdroje hluku automobilu, jako jsou například hluk motoru, aerodynamický hluk a hluk pneumatik. Jednotlivé zdroje hluku z automobilů se projevují při různých rychlostech. Hluk vzniklý motorem převládá již při nižších rychlostech, ale naopak aerodynamický až při rychlostech nad 120 km/h. V praktické části bylo provedeno měření hluku v obci, které bylo naměřeno na dvou různých místech a to přímo v zástavbě ve vzdálenosti 36 metrů od komunikace a druhé mimo zástavbu ve vzdálenosti 8 metrů od komunikace. Následně byla tato změřená data vyhodnocena. Také byl vytvořen model dané akustické situace v obci. To bylo provedeno pomocí programu Cadna A. Výstupem tohoto programu jsou hlukové mapy, ukazující šíření hluku od komunikace dále zástavbou ve dvou rychlostech (50 km/h a 80 km/h). Pro tyto rychlosti bylo provedeno srovnání akustických situací.

## 2 Legislativa a základní pojmy v oblasti akustiky

### 2.1 Základní pojmy

Zvuk je nedílnou součástí každodenního života člověka. Slouží lidem ke komunikaci a získávání informací z okolního prostředí. Zvuky mohou člověku přinášet příjemné i nepříjemné vjemy. V případě, že jsou zvuky příliš silné nebo působí-li zvuky v nevhodné situaci, mohou mít na člověka nepříznivé účinky. Obecně se zvuky, které jsou příliš hlasité, obtěžují a nebo působí škodlivě, nazývají hlukem bez ohledu na fyzikální parametry.

Zvuk je definován jako mechanické vlnění, které se šíří od zdroje ve vlnoplochách daným prostředím fázovou rychlostí podle fyzikálních vlastností prostředí. Vzniká kmitáním částic pružného prostředí.

Hlukem se obecně nazývá akustický signál, který působí subjektu nepříjemný vjem. Projevem nadměrného působení hluku může být například poškození sluchového aparátu, zhoršení řečové komunikace, nepříznivé ovlivnění spánku, ovlivnění kardiovaskulárního systému a psychofyzilogické účinky hluku. Nejčastější reakcí člověka na hlukovou zátěž je samotný pocit obtěžování hlukem. Tento hluk vyvolá řadu emočních stavů, mezi které patří pocity nespokojenosti, rozmrzelosti, špatné nálady a deprese.

Kritériem pro hodnocení hluku v životním prostředí je v České Republice legislativně zavedená veličina - ekvivalentní hladina akustického tlaku  $L_{Aeq}$ .  $L_{Aeq}$  je vždy vztažena k určitému časovému úseku a je hladinou střední hodnoty akustického tlaku. Tuto hladinu lze tedy určit jako hladinu časového integrálu intenzity zvuku, který je dán délkou časového intervalu. V případě znalosti statického rozložení hladin zvuku se ekvivalentní hladina akustického tlaku  $L_{Aeq}$  vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{\sum_{i=1}^n f_i} * \sum_{i=1}^n f_i * 10^{0,1L_i} \quad [1]$$

kde:

$f_i$  je míra časového výskytu hladin z měřeného časového úseku v procentech, sekundách nebo četnosti čtení

$L_i$  je střední hladina v  $i$ -tém hladinovém intervalu v dB.

V praxi se lze setkat se třemi možnostmi hlukové expozice:

- časově ustálený - v případě časově ustáleného zvukového signálu a hladina akustického tlaku  $A$  se nemění o více než 5 dB
- hluk proměnný - hladina akustického tlaku  $A$  se v daném intervalu mění o více než 5 dB
- proměnný přerušovaný - hladina akustického tlaku  $A$  se v určitém místě náhle mění a v průběhu celého intervalu je zvuk ustálený
- impulsní - je vytvářen jednotlivými zvukovými impulzy s krátkou dobou trvání

V případě, že hluk v prostředí je výsledkem diskretní hlukové události (jednotlivé průjezdy automobilů daným úsekem nebo přelety letadel), využívá se expozice zvuku  $L_{AE}$  nebo také SEL. Takto naměřený akustický tlak je hodnocený v libovolně dlouhém intervalu vztažen na normovanou dobu 1s. Jestliže známe  $L_{AE}$  jednotlivých událostí a četnost, můžeme vypočítat ekvivalentní hodnotu akustického tlaku.

$$L_{AE} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{dB} [2]$$

$$L_{Aeq,T} = \left[ \frac{t_0}{T} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{AEi}} \right] \text{dB} [2]$$

kde:

$L_{AEi}$  - hladina expozice hluku  $i$ -té události v sérii  $n$  událostí za časovou periodu  $T$

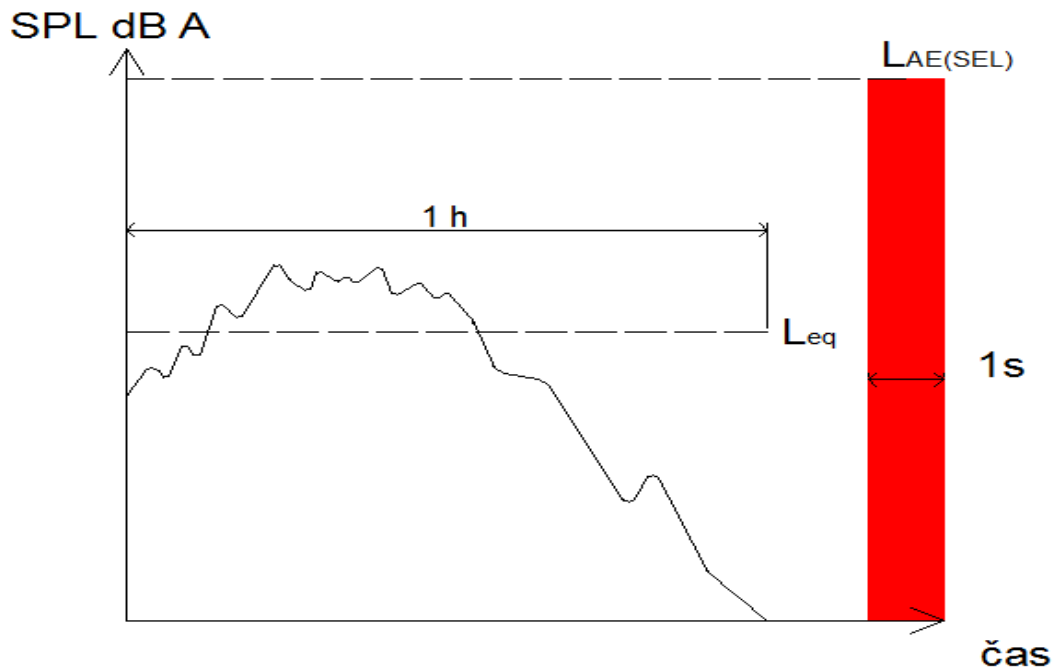
$p_0$  - referenční hodnota akustického tlaku (20  $\mu\text{Pa}$ )

$p_{A(t)}$  - okamžitý akustický tlak  $A$  zvukového signálu v dB

$t_0$  - referenční časový interval (1s)

$T, t_2-t_1$  - časový interval [s]

$N$  - počet událostí za časový interval



Graf 1: Grafické znázornění akustických parametrů[2]

### Intenzita zvuku-decibel

Mírou účinku mechanického vlnění vzduchu a jím přenášeného zvuku je plošná hustota akustického výkonu tzv. akustická intenzita  $I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] (watt/metr čtvereční). Akustická intenzita  $I$  vyjádřená v decibelech je hladina akustické intenzity  $L$  [dB].

$$L = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} [3]$$

kde:

$I_{ref} = 10^{-12} \text{W}/\text{m}^2$  (prahová hodnota akustické intenzity).[4]

### Zdroje hluku

Zdroje hluku se rozlišují z akustického hlediska na:

- bodový zdroj
  - stacionární
  - mobilní (např. automobil)
- plošný zdroj (např. velká plocha vyzařující hluk - průmyslová plocha)
- liniový zdroj (např. pozemní komunikace)

## 2.2 Legislativa

Základním právním předpisem pro hluk vzniklý dopravou je zákon číslo 258/2000 Sb, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Zákon nabyl platnosti 11.8.2000 a účinnosti 1.1.2001. Tento zákon stanovuje a popisuje kdo je zodpovědný za vzniklý hluk a co je samotný hluk. Také jsou zde definovány chráněné venkovní prostory, chráněné venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb. Do chráněného venkovního prostoru patří nezastavěné pozemky sloužící k rekreaci, sportovnímu vyžití, léčení a výuce. Chráněným venkovním prostorem staveb je oblast do 2 metrů kolem domů, bytů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální střediska. V současné době je připravována novela tohoto zákona. Důležitými paragrafy, které se týkají hluku z dopravy je § 30 a § 31. V těchto paragrafech by mělo dojít k několika změnám:

- §30 odstavec 2 - v této části je nově popsáno, kdy se vyzařovaný zvuk nepovažuje za hluk
  - *Za hluk podle věty první se nepovažuje zvuk působený hlasovým projevem fyzické osoby, nejde-li o součást veřejné produkce hudby, hlasovým projevem zvířete, zvuk z akustického výstražného nebo varovného signálu souvisejícího s bezpečnostním opatřením, zvuk působený přelivem povrchové vody přes vodní dílo sloužící k nakládání s vodami, zvuk působený v přímé souvislosti s činností související se záchranou lidského života, zdraví nebo majetku, řešením mimořádné události, přípravou jejího řešení nebo prováděním bezpečnostní akce nebo mimořádné vojenské akce. Za vibrace podle věty druhé se nepovažují vibrace působené přelivem povrchové vody přes vodní dílo sloužící k nakládání s vodami a vibrace působené v přímé souvislosti s činností související se záchranou lidského života, zdraví nebo majetku, řešením mimořádné události, přípravou jejího řešení nebo prováděním bezpečnostní akce nebo mimořádné vojenské akce.[17]*
- §30 odstavec 3 - zde se podrobněji popisuje chráněný venkovní prostor a chráněný vnitřní prostor
  - *Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do vzdálenosti 2 m před částí jejich obvodového pláště, významný z hlediska pronikání hluku zvenčí do chráněného vnitřního prostoru bytových*

*domů, rodinných domů, staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, staveb pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí pobytové místnosti ve stavbách zařízení pro výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných stavbách a obytné místnosti ve všech stavbách.[17]*

- v §31 je nově přidán odstavec 2 - tento odstavec popisuje, co musí obsahovat žádost o povolení překročení hlukových limitů, kdy nelze z vážných důvodů limity dodržet
  - *Žádost podle odstavce 1 musí kromě náležitostí stanovených správním řádem obsahovat popis zdroje hluku nebo vibrací, změřené hodnoty hluku v referenčních kontrolních bodech, popřípadě v těchto bodech vypočtené hodnoty hluku v chráněných prostorech uvedených v § 30 odst. 3 nebo změřené hodnoty vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb, odhad počtu fyzických osob vystavených nadlimitnímu hluku nebo vibracím, důvod překročení hygienického limitu, hodnocení zdravotních rizik z hlediska vlivu překročení hygienického limitu hluku na zdraví exponovaných fyzických osob, návrh nadlimitní hodnoty hluku nebo vibrací a doby trvání povolení, přehled provedených a navrhovaných protihlukových a antivibračních opatření, rámcový harmonogram jejich provedení, odhad jejich účinnosti a skutečnosti svědčící o omezení hluku nebo vibrací na rozumně dosažitelnou míru. Referenčním kontrolním bodem se rozumí místo, které bylo měřením nebo výpočtem vyhodnoceno jako nejvíce zasažené zdrojem hluku.[17]*

Dalším právním předpisem, který stanovuje limitní hodnoty hluku v určitých oblastech (např. chráněný venkovní prostor) je nařízení vlády číslo 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Hodnota hluku je popsána pomocí ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$ . Pro hluk způsobený dopravou na pozemních komunikacích se určuje pro celou denní dobu (6:00-22:00h,  $L_{Aeq,16}$ ) a pro celou noční dobu (22:00-6:00h,  $L_{Aeq,8}$ ). Základním limitem pro denní dobu je 50 dB a pro noční dobu je 40 dB.



Využití území	Denní doba [h]	$L_{Aeq}$ [dB]
Venkovní chráněný prostor stavby	6:00-22:00	50
Venkovní chráněný prostor stavby	22:00-6:00	40
Venkovní chráněný prostor	denní i noční doba	50

Tab. 1: Příklad limitních hodnot hluku v území [15]

K limitům hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru se ještě upravují korekce podle způsobu vzniku hluku. Například pro hluk vzniklý ze stacionárních zdrojů nebo hluk z veřejné produkce se přidává korekce +5 dB a v případě staré hlukové zátěže vzniklé z dopravy na pozemních komunikacích +20 dB.

25. 6. 2002 přijaly členské státy Evropské unie směrnici 2002/49/ES Evropského parlamentu a Rady. Strategickým cílem této směrnice je snížit v Evropské unii v roce 2020 počet obyvatel zasažených hlukem  $L_{Aeq}$  nad 65 dB o 20% oproti stavu v roce 2000. Vztahuje se na hluk v chráněném venkovním prostředí, chráněném venkovním prostředí staveb, ve veřejných parcích, tichých oblastech v krajině, blízkosti škol, nemocnic a jiných budov nebo obydlených oblastí. Směrnice by měla poskytnout opatření k omezení emisí hluku nejen ze silniční dopravy, ale i železniční, letecké a z průmyslových zařízení. Na základě této směrnice by mělo dojít k prevenci a omezení škodlivých účinků hluku ve venkovním prostředí.

Opatření směrnice:

- určení míry vlivu hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím metod hodnocení společných pro všechny členské státy
- zveřejnění informací o hluku a jeho účincích
- na základě výsledků hlukového mapování přijetí stanovených plánů členskými státy s cílem snižování hluku ve venkovním prostředí

Směrnice 2002/49/ES uložila členským státům zajištění zpracování strategických hlukových map, které zdokumentují situaci pro všechny aglomerace s více než 250 000 obyvateli a pro všechny hlavní silnice s intenzitou větší než 6 000 000 vozidel za rok. Do právního řádu České Republiky byla přidána novelou zákona č. 258/2000 Sb.

Základní požadavky na obsah strategických hlukových map, akčních plánů a mezních hodnot byly transponovány do vyhlášky č. 523/2006 Sb. ze dne 21.11.2006.

Dalšími předpisy v České republice:

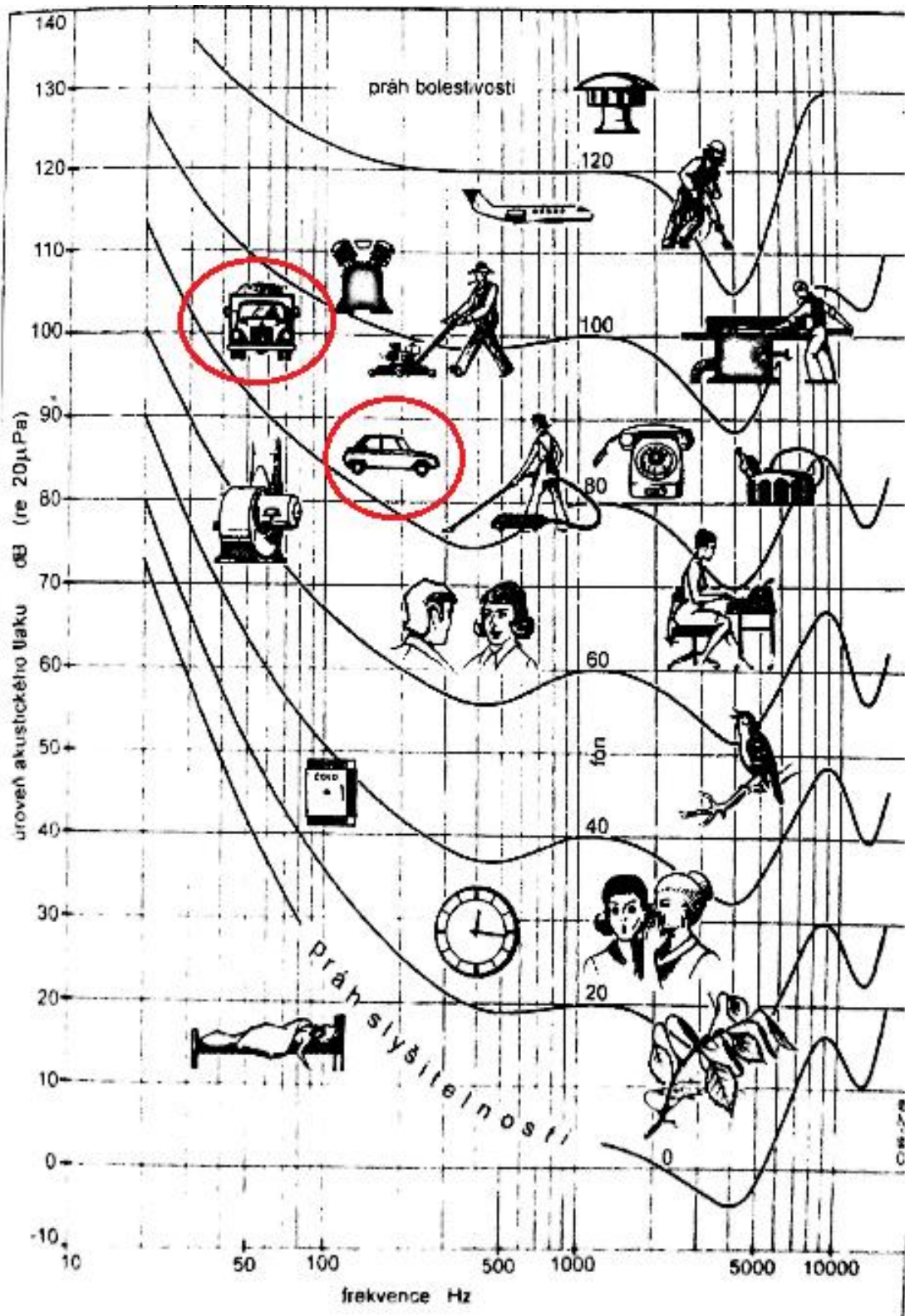
- ČSN 01 1600 - „Akustika - Terminologie“ z roku 2003
- ČSN ISO 1996-1 - „Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení“ z roku 2004
- ČSN ISO 1996-2 - „Akustika - Popis, měření a posuzování hluku prostředí - Část 2: Určování hladin hluku prostředí“ z roku 2009

## 3 Vliv rychlosti na akustickou situaci

### 3.1 Hluk ze silniční dopravy

V dnešní době představuje silniční doprava velmi důležitou roli v přepravě osob a zboží na krátké a střední vzdálenosti hlavně díky hustotě dopravní sítě a její dostupnosti. Provoz každého motorového vozidla je doprovázen vnějším hlukem, který působí na své okolí a ovlivňuje ekologickou situaci. Nejvíce diskutovaným problémem v oblasti hluku z automobilů je problém hluku v zastavěných oblastech u komunikací s velkou intenzitou provozu.

V případě akustické energie vyzářené zdrojem hluku jenom ve vztahu ke zdroji tohoto hluku se jedná o hlukové emise. Jestliže jde o akustickou energii v místě příjmu, potom se nazývá hluková imise. Vlastnosti akustického vlnění jsou dány velikostí a mobilitou zdroje. Na základě toho dělíme zdroj hluku na bodový, plošný a liniový. Samostatně jedoucí automobil je brán jako bodový zdroj hluku, zatímco liniový zdroj hluku je např. dopravní cesta (silnice). U liniových zdrojů hluku platí, že se zdvojnásobením vzdálenosti od daného zdroje se sníží ekvivalentní hladina akustického tlaku o 3 dB (u bodového o 6 dB). Vnímání hluku závisí nejen na hladině akustického tlaku, ale i na jeho frekvenci (obr 1).

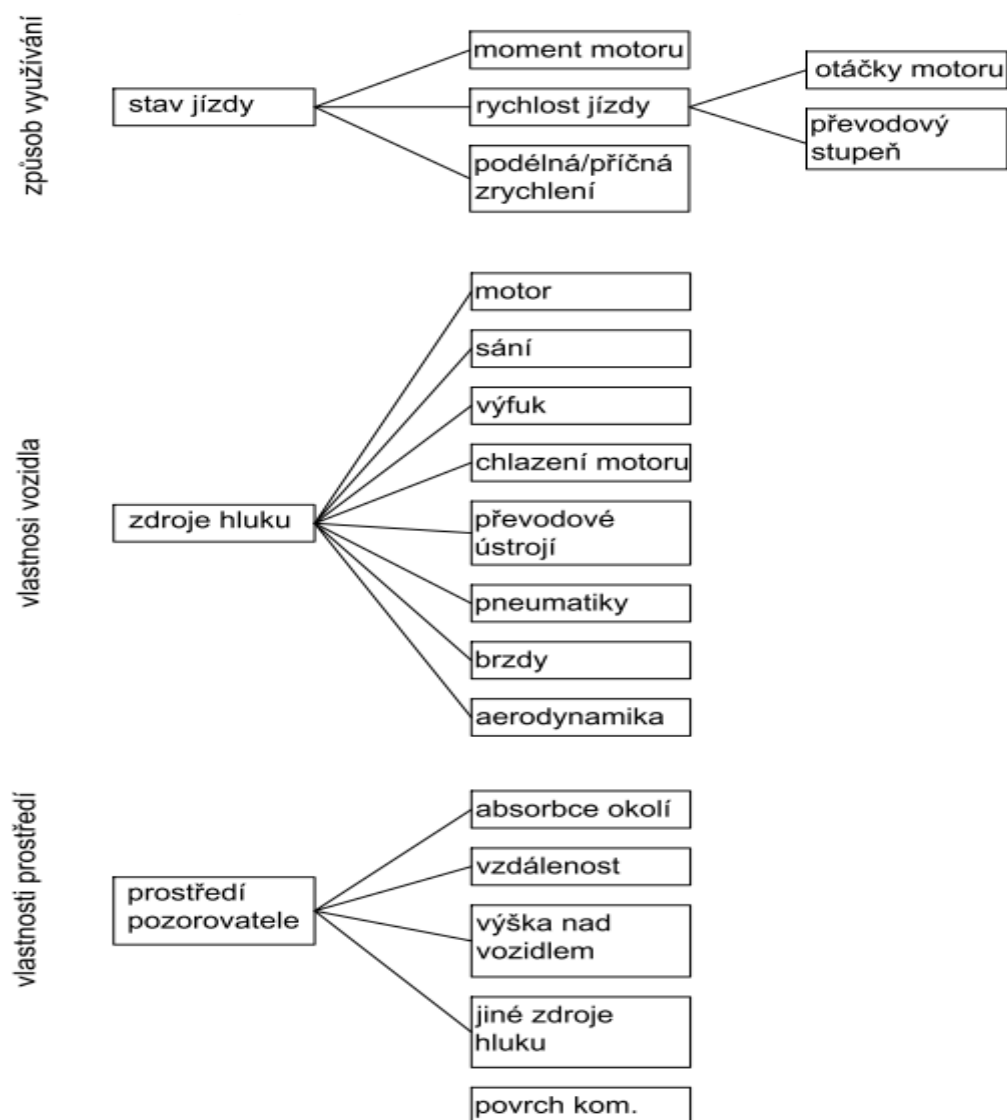


Obr. 1: Křivky hladin stejné hlasitosti [5]

## 3.2 Zdroje hluku z automobilů

Rychlost vozidel je jedním z nejdůležitějších faktorů, které mají vliv na akustickou situaci podél komunikací. Rychlost vozidel se může do určité míry korigovat v závislosti na místě a důležitosti dané komunikace a tím snižovat dopravní hluk.

Měřený hluk v okolí vozidla je ovlivňováno celou řadou faktorů od konstrukce vozidel, přes styl jízdy řidiče, konstrukci vozovky, až po akustické vlastnosti prostředí v okolí vozidel. Výrazný vliv na akustickou situaci může mít zmíněný styl jízdy řidiče. V případě agresivnější jízdy řidičů (časté brzdění na poslední chvíli, řazení na další rychlostní stupeň ve vysokých otáčkách) výrazně dochází k ovlivnění akustické situace.



Obr. 2: Znárodnění vlivů určujících vnější hluk vozidla [6]

Vnější hluk vozidla nebo-li hladina akustického tlaku  $A$  se skládá z hlavních dílčích zdrojů, kterými jsou:

- hluk motoru
- přívod a odvádění vzduchu
- výfuk
- převodového ústrojí
- styk pneumatiky s vozovkou
- aerodynamický hluk (závisí na tvaru karoserie)

Nejvýznamnější zdroj hluku je hluk motoru a hluk vzniklý stykem pneumatiky s vozovkou. Mezi nejpoužívanější dopravní prostředky patří osobní a nákladní automobily díky možnosti volného pohybu (přímo zdroj-cíl) a nezávislosti např. na jízdním řádu. Při nižších rychlostech u osobních automobilů bývá hlavním zdrojem hluku motor a jeho sací a výfukový systém. Při dosažení vyšších rychlostí dominuje hluk při styku pneumatiky s vozovkou (osobní automobily od 50 - 60 km/h, nákladní od 70 km/h) a aerodynamický hluk (od 100 - 120 km/h). U motocyklů hluk vzniklý motorem, sacím i výfukovým systémem je svou velikostí přibližně stejný. Často je také velmi důležité převodové ústrojí. Hluk vzniklý u motocyklů z pneumatik není tak významný jako u osobních nebo nákladních vozidel. Snížení hluku zákrytem motoru není v těchto případech konstrukčně jednoduché.

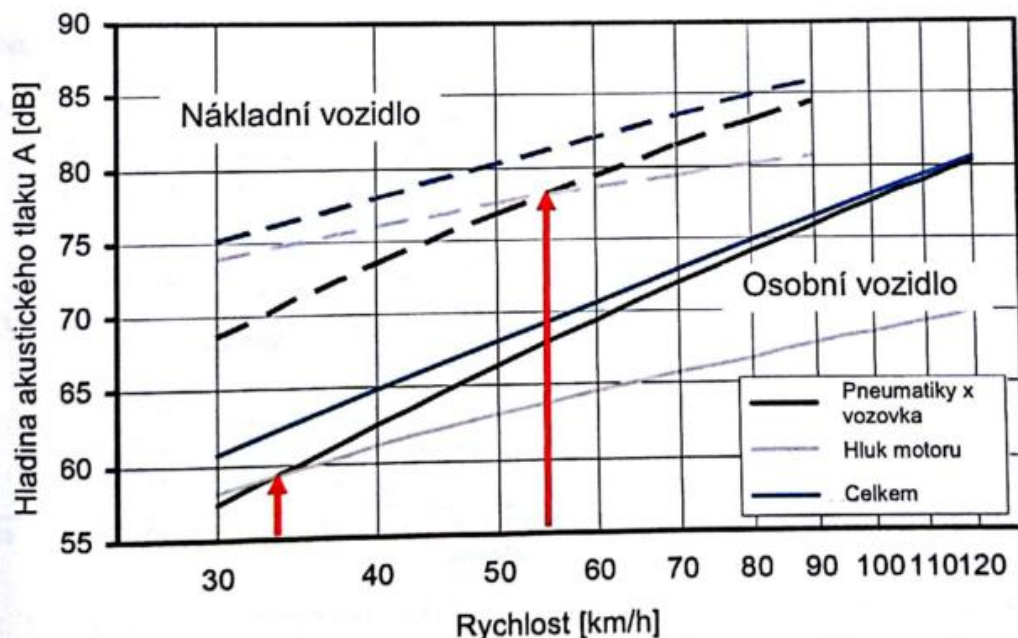
### **3.3 Hluk pneumatik**

Vzniká odvalováním pneumatiky po povrchu vozovky a projevuje se už při rychlostech 35 km/h u osobních automobilů (OA) a u nákladních automobilů (NA) při 65 km/h. Rostoucí rychlostí se zvyšuje takto vzniklý hluk a stává se dominantním hlukem. Jak už bylo uvedeno v předcházející kapitole u osobních automobilů se stává dominantním při rychlostech nad 50 - 60 km/h a u nákladních už při 70 km/h. Jednostopá vozidla z hlediska vlivu pneumatik nepůsobí výrazně na vydaný hluk. V případě autobusů se hluk pneumatik projevuje už při výrazně nižších rychlostech, jelikož ostatní zdroje (sací a výfukové zařízení, hnací a agregát) jsou zakryté karoserií.

Na hodnotu hladiny akustické energie mají vliv 2 činitelé:

- pneumatika
  - dezén pláště
  - tlak v pneumatice
  - rychlost vozidla
  - zatížení pneumatiky
- povrch vozovky
  - pórovité (náročné na provedení, ale jsou velmi účinné)
  - kamenivo-mastixový asfaltový beton (složen z vysokého obsahu živice, která je zpevněna kamenivem)

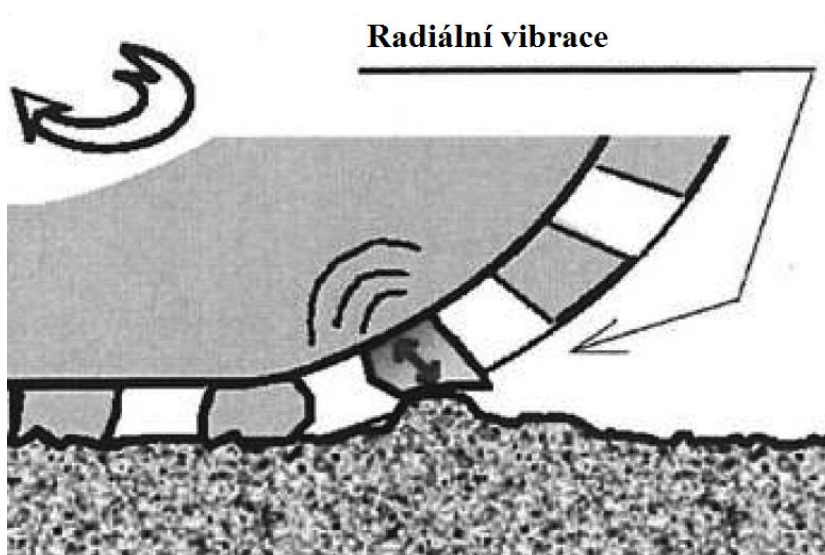
Na následujícím grafu je vidět průběh růstu hluku vzniklý stykem pneumatiky s vozovkou a hodnotu hluku způsobovanou motorem. Protihlukový povrch vozovky společně s použitím tichých pneumatik může snížit takto vzniklý hluk až na polovinu. Použitím tichých pneumatik a protihlukového povrchu se projeví až u vyšších rychlostí nad 50 km/h.



Graf 2: Hluk motoru oproti hluku pneumatik osobního a nákladního automobilu[2]

### 3.3.1 Náraz dezénového bloku

Běžná pneumatika se vyznačuje vzorkem kolem celého kola ve formě lamel a drážek. Tento vzor na vnější straně pneumatiky se nazývá dezén. Pouze speciální pneumatiky u závodních vozidel nemají žádný dezén. Při jízdě automobilu dochází k nárazu těchto dezénových bloků na povrch komunikace v tzv. kontaktní zóně ( obr. 3).



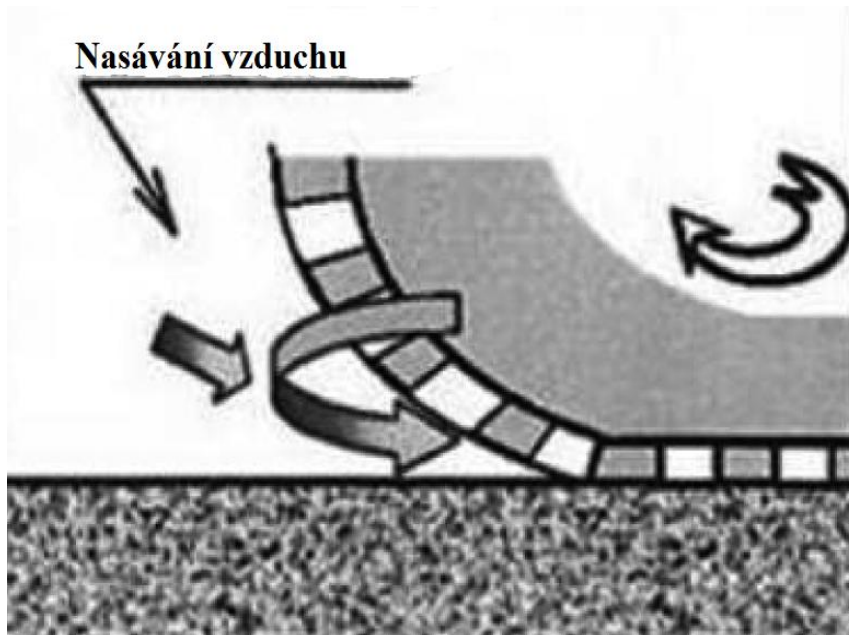
Obr. 3: Radiální vibrace [7]

Nárazem těchto bloků je zapříčiněna radiální vibrace pneumatiky. Hluk vzniklý kontaktem pneumatiky a vozovky může být ovlivněn také náhodným uspořádáním zrn kameniva ve struktuře povrchu. Při pohybu vozidla pneumatika najíždí na nerovnosti povrchu vozovky, tím se bočnice rozvibrují a vzniká zdroj hluku v rozsahu 500 až 1 000 Hz. Takto vzniklý hluk lze snížit pomocí pružného povrchu s malou velikostí kameniva.

### 3.3.2 Air pumping - sání vzduchu

V místě dotyku pneumatiky a vozovky jsou postupným otáčením pneumatiky drážky mezi dezénovými bloky postupně stlačovány a deformovány. Z těchto drážek je vlivem tlaku působícím na sousední dezénové bloky vytlačován vzduch. Při dalším pootočení pneumatiky dojde k navrácení drážek do původního stavu a do drážek je opět nasáván vzduch. Vytlačování a následné nasávání vzduchu způsobuje radiální a tangenciální vibrace pneumatiky. Takto vznikl hluk 1 000 až 2 000 Hz.





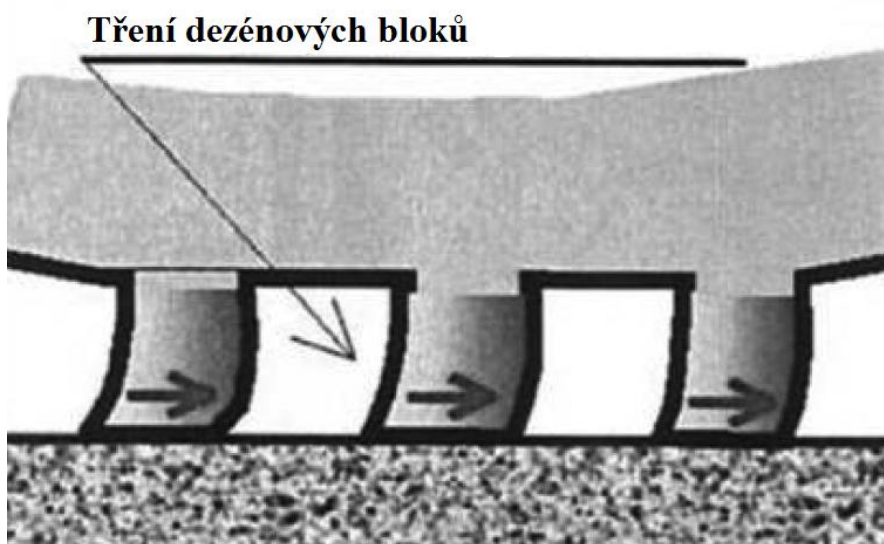
Obr. 4: Air pumping [7]



Obr. 5: Air pumping [8]

### 3.3.3 Tření mezi pneumatikou a vozovkou

Ke tření dochází na styku vozovky a pneumatiky. Pneumatika se snaží přizpůsobit povrchu vozovky. Vlivem zrychlování nebo brzdění vozidla dochází ke zvyšování tření díky přenosu tahové síly z pneumatiky na vozovku. Hluk vzniklý třením se dá snižovat kvalitnějšími pneumatikami.



Obr. 6: Tření dezénových bloků pneumatiky na povrchu vozovky [9]

### 3.3.4 Vliv povrchu vozovky

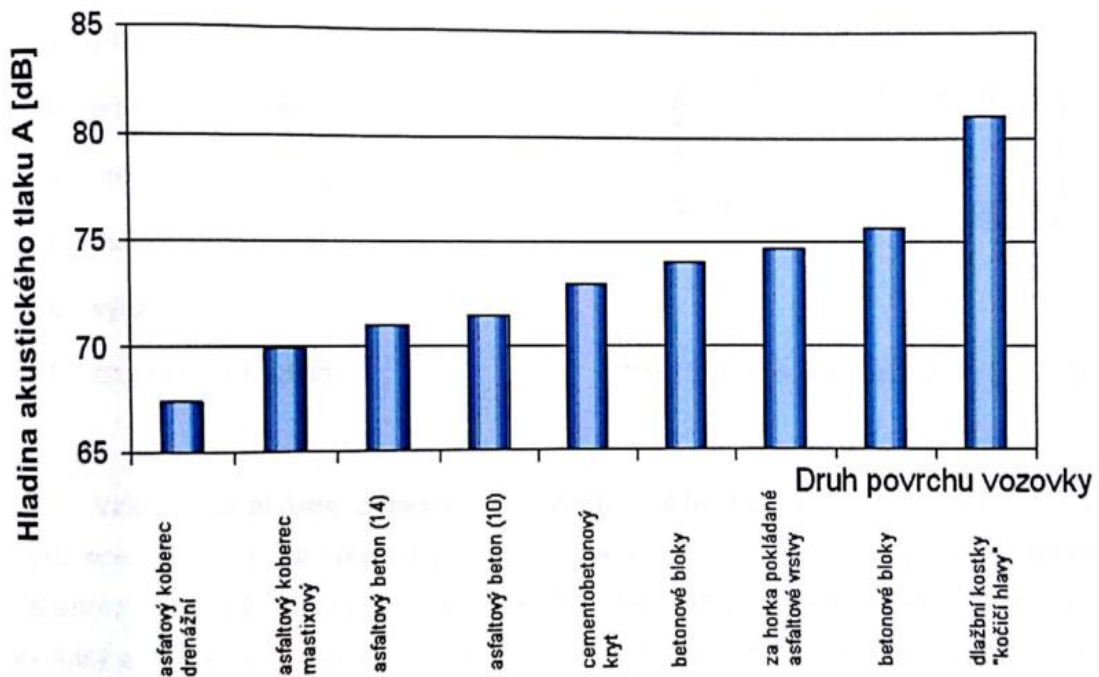
Vliv povrchu běžné vozovky pro rychlosti do 50 km/h není příliš velký a hodnota hladiny akustického tlaku roste s drsností povrchu. Při použití speciální směsi (např. Viaphone) dojde i v nízkých rychlostech ke snížení hluku oproti běžným povrchům.

Typy povrchů vozovek:

- **Drenážní koberec** - Jedná se o asfaltovou směs, která je určena do obrusných vrstev. Dobře odvádí srážkovou vodu na okraj vozovky, což zlepšuje protismykové vlastnosti. Také snižuje hlučnost vozidel, která vzniká stykem pneumatiky s vozovkou.
- **Mastixový koberec** - Je vhodný pro obrusné vrstvy vysoce zatížených komunikací. Vyznačují se vysokou odolností proti tvorbě trvalých deformací, stárnutí, tvorbě mrazových trhlin a vedou ke snížení hluku díky příznivé makrotextuře.

- **Asfaltový beton** - Tento povrch se používá pro stavbu silnic, dálnic a letištních ploch. Po rozprostření a dokonalém zhutnění je vodotěsný.
- **Cementobetonový kryt** - Používá se pro vysoce zatížené komunikace. Dobře přenáší zatížení způsobené dopravou díky dobré tuhosti desek. Vyznačují se dlouhou životností a odolností proti účinkům povětrnostních vlivů.
- **Dlažební kostky** - Využívají se hlavně pro místní a účelové komunikace a pro plochy v historických částech měst. Hlavní nevýhodou je vysoká hlučnost, která je vyšší o 8 - 10 dB než u povrchů z asfaltového betonu.

Na následujícím grafu je možné vidět hodnoty vyzařované hladiny akustického tlaku A při rychlosti 50 km/h osobních vozidel na různých druzích povrchu.



Graf 3: Průjezd vozidel při rychlosti 50 km/h a zařazeném rychlostním stupni 3[2]

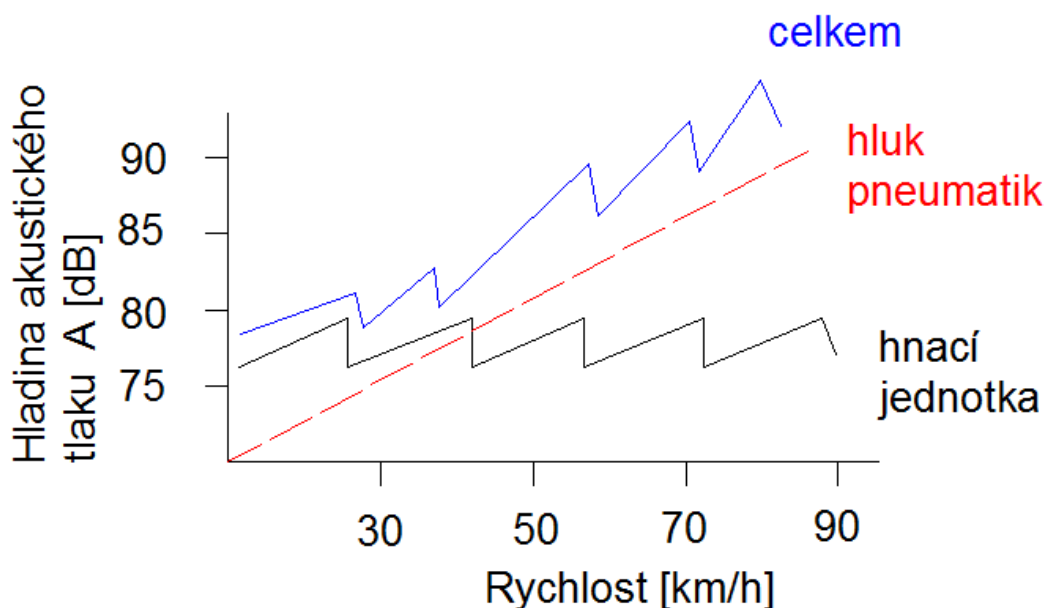
Podle tabulky č. 2 jsou nevhodnějšími povrchy vozovky s faktorem F3 rovnému 1. Naopak nejhlučnější jsou povrchy z dlažby. Faktor F3 udává vliv povrchu vozovky na ekvivalentní hladinu akustického tlaku. Tento faktor vychází z výpočtové metodiky - VÝPOČET HLUKU Z AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY, MANUÁL 2011.

Kategorie	Druh krytu	$F_3$	
A	Kryt z asfaltového betonu ACO 8 (dříve ABJ)	1,0	
	Kryt z asfaltového betonu ACO 11 (dříve ABS)		
	Kryt z asfaltového betonu pro velmi tenké vrstvy BBTM 5 (dříve AKTVJ), 8 (dříve AKTJ), 11 (dříve AKTS)		
	Kryt z asfaltového koberce mastixového SMA 4, 5 (dříve AKMVJ), 8 (dříve AKMJ), 11 (dříve AKMS)		
	Litý asfalt MA 8 (dříve LAJ)		
	Kryt z asfaltového koberce drenážního PA 8, PA 11, PA16		
	b	Kryt z asfaltového koberce mastixového SMA 16 (dříve AKMH) nebo jiné koberce se zrnitostí do 1mm	1,1
		Litý asfalt MA 11 (dříve LAS)	
		Kryt z asfaltového betonu ACO 16 (dříve ABH)	
	c	Mikrokoberec prováděný za studena se zrnitostí do 8mm	1,2
d	Litý asfalt MA16 (dříve LAD nebo LAH)	1,3	
B	a	Cementobetonový kryt s úpravou povrchu pomocí tažené tkaniny CB	1,0
	b	Cementobetonový kryt s příčným zdrsněním jemným koštětem	1,1
	c	Cementobetonový kryt s příčným zdrsněním hrubým koštětem (ocelovým)	1,5
C	a	Kryt z dlažby z přírodního kamene z drobných kostek DL 80 až 120	2,0
	b	Kryt z dlažby z přírodního kamene z velkých kostek DL 140 až 160	4,0

Tab. 2: Koeficienty  $F_3$  pro různé druhy krytů povrchu vozovek [1]

### 3.4 Hluk motoru

Tento hluk se hlavně projevuje při nižších rychlostech a je ovlivněn především způsobem jízdy řidiče. Příkladem nevhodného způsobu jízdy je např. vytáčení motoru do vysokých otáček nebo časté náhlé brzdění. Důležitým faktorem, který ovlivňuje hluk motoru šířící se do okolí, je samotné odhlučnění vozu. V grafu č. 4 je zobrazena závislost hladiny akustického tlaku A motoru na jednotlivě zařazených stupních.



Graf 4: Hluk hnací jednotky vs. hluk pneumatik pro osobní automobily [2]

V následujících tabulkách je uvedeno jak ovlivňuje zrychlení a zpomalení vozidel akustickou situaci na komunikaci.

Zrychlení [ $m/s^2$ ]	Typ vozidla	Vliv na hlučnost	Průběh zrychlení
1	Osobní vozidlo	+1,7 dB	Mírné zrychlení
2	Osobní vozidlo	+4,5 dB	Intenzivní zrychlení
0,5	Nákladní vozidlo	+2,1 dB	Mírné zrychlení
1	Nákladní vozidlo	+4,5 dB	Intenzivní zrychlení

Tab. 3: Ovlivnění hlukových emisí z vozidla (motorová jednotka a pneumatika/vozovka) při zrychlení. Výsledky jsou prezentovány ve vztahu ke konstantní rychlosti 50 km/h.[2]

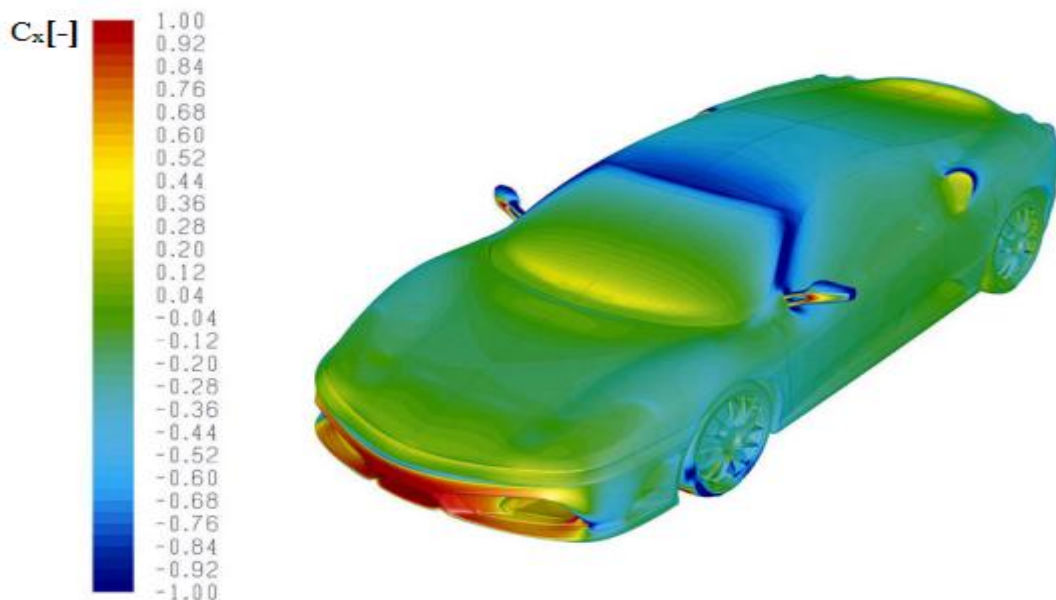
Zrychlení [ $m/s^2$ ]	Typ vozidla	Vliv na hlučnost	Průběh zrychlení
1	Osobní vozidlo	-0,8 dB	Pozvolné zpomalení
2	Osobní vozidlo	-1,17 dB	Intenzivní zpomalení
1,5	Nákladní vozidlo (2 nápravy)	-4,5 dB	Pozvolné zpomalení
1,5	Nákladní vozidlo (3 nápravy)	+4,5 dB	Pozvolné zpomalení

Tab. 4: Ovlivnění hlukových emisí z vozidla (motorová jednotka a pneumatika/vozovka) při zpomalení. Výsledky jsou prezentovány ve vztahu ke konstantní rychlosti 50 km/h.[2].

### 3.5 Aerodynamický hluk

Tento hluk vzniká vnějším obtékáním vzduchu kolem vozidla při rychlostech vyšších než 100 - 120 km/h. Příčinou hluku je pohyb vzduchu proudícího kolem automobilu, ve kterém dochází k prudké změně tlaku vzduchu při proudění. Tento rozruch je příčinou akustických vln s určitým frekvenčním spektrem. Silové pole působící na automobil se projeví zvýšeným tlakem na karoserii. Na obrázku 7 je vidět aerodynamika jednotlivých částí vozu Ferrari F430 Scuderia. Působící tlak na karoserii dělíme na:

- statický
- dynamický
- celkový (statický + dynamický).



Obr. 7: Tlakové pole automobilu Ferrari F430 Scuderia [10]

Veličina určující kvalitu aerodynamického řešení vozidla je bezrozměrná veličina nazývaná tvarový koeficient  $C_x$ . Při znalosti tvarového koeficientu a čelní plochy vozidla lze spočítat celkový aerodynamický odpor při dané rychlosti. Hodnota  $C_x$  se určuje v aerodynamických tunelech a jeho hodnota je stejná jak pro skutečný vůz tak i pro jeho zmenšený model. Z toho vyplývá, že záleží pouze na tvarových vlastnostech vozu a ne jeho velikosti. Snížení hluku lze dosáhnout vytvořením vhodné karosérie s malou čelní plochou a úpravou tvarů otvorů v karoserii (např. chlazení). V současnosti se u vozidel pohybuje hodnota  $C_x$  v rozmezí 0,26 - 0,35.

Vliv na aerodynamiku vozidla mají také kola automobilu, která zvyšují aerodynamický odpor v důsledku vzniku vírů. Otáčivý pohyb způsobuje ovlivňování proudění vzduchu kolem vozidla a pod automobilem.

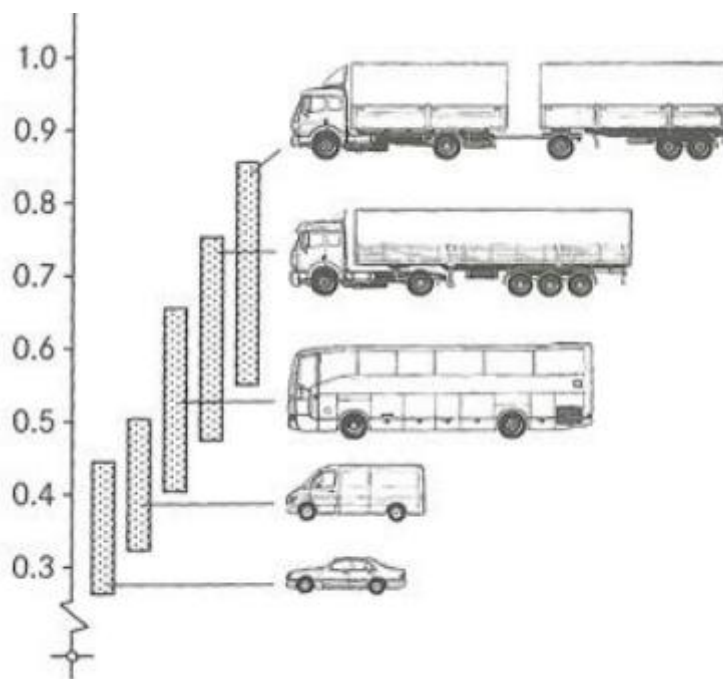
#### Složky aerodynamického odporu

- tvarový odpor 50 - 80 %  
Vzniká prouděním vzduchu nad a pod vozidlem, kdy větší část proudí nad vozidlem a menší část se protlačí mezi vozidlem a vozovkou. Za vozidlem vzniká víření.
- indukovaný aerodynamický odpor 3 - 10 %  
Vzniká na základě rozdílného tlaku pod a nad vozidlem. Vzduch má tendenci se přemisťovat z míst s vyšším tlakem do míst s nižším, a proto vzduch pod vozidlem má tendenci přejít k vzduchu proudícímu kolem boku automobilu.
- odpor vzniklý rušivými detaily 10 - 20 %  
Takový vzniklý odpor je způsoben například zpětnými zrcátky nebo klikami dveří.
- odpor rotujících kol 3 - 5 %
- odpor vzniklý průchodem vzduchu do automobilu 10 - 20 %  
Průchod vzduchu do chlazení automobilu nebo topení atd.

Se zvyšující rychlostí roste aerodynamický odpor s její druhou mocninou. To znamená, že při rostoucí rychlosti automobilu se bude také zvyšovat aerodynamický hluk. Snaha o snižování aerodynamického hluku a emisí vede výrobce automobilů ke zlepšování aerodynamiky a snižování koeficientu  $C_x$ . Optimální proudění vzduchu začíná na přední části vozu, které pak významným způsobem ovlivňuje celkovou aerodynamiku. S jedním z nejaerodynamičtějších prvkem na přední části vozu přišla automobilka Chevrolet u modelu Volt, kde je mřížka chladiče uzavřená a aerodynamicky optimalizovaný spodní nasávací otvor. To lze vidět na obrázku 8. Na obrázku č. 9 je vidět vývoj tvaru a designů karoserií od roku 1900. Srovnání koeficientu pro jednotlivé automobily je vidět na obr. 9.



Obr. 8: Přední mřížka Chevroletu Volt[11]

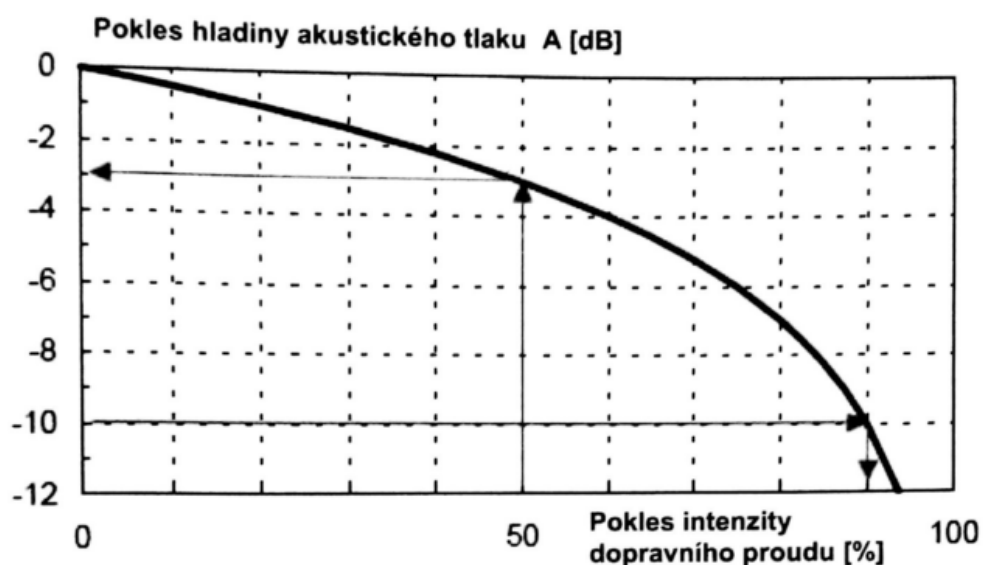


Obr. 9: Koeficient odporu  $C_x$  pro různé typy vozidel[12]



### 3.6 Vliv intenzity vozidel

Intenzita vozidel projíždějících na komunikaci je nejdůležitějším faktorem mající vliv na akustickou situaci v dané oblasti. Snížením intenzity dochází ke snížení akustického tlaku A. Snížením intenzity dopravy na polovinu se sníží hluk o 3 dB při zachování podílu nákladních vozidel a za stejných okolních podmínek.

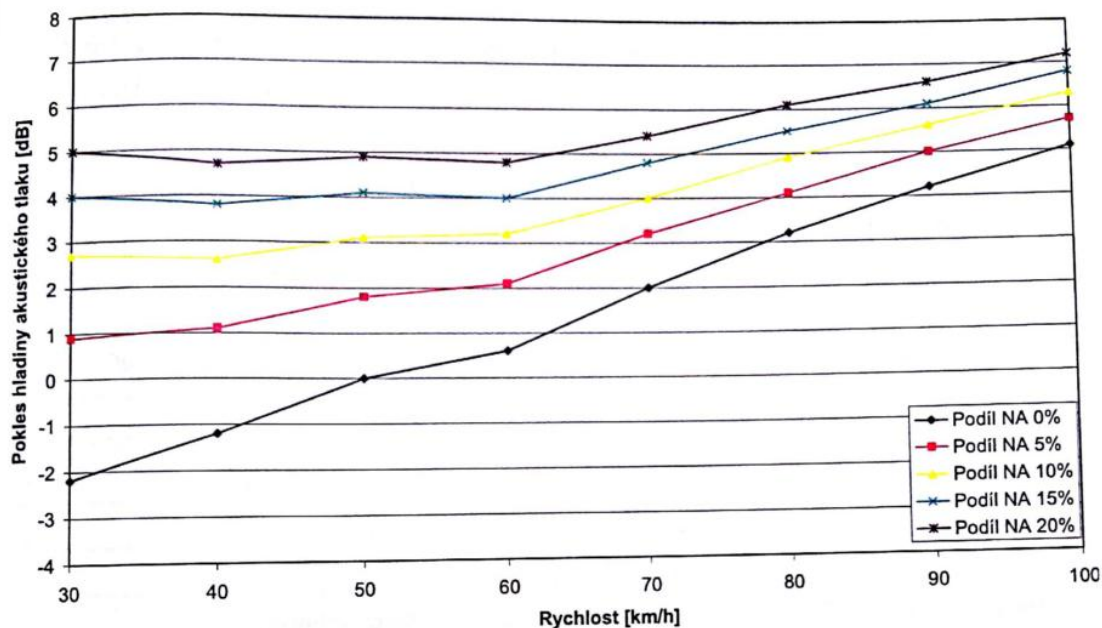


Graf 5: Efekt snížení hladiny akustického tlaku A při poklesu intenzity dopravy [2]

Snížení intenzity dopravního proudu	Pokles hladiny akustického tlaku (A)
10%	0,5 dB
20%	1,0 dB
30%	1,6 dB
40%	2,2 dB
50%	3,0 dB
75%	6,0 dB

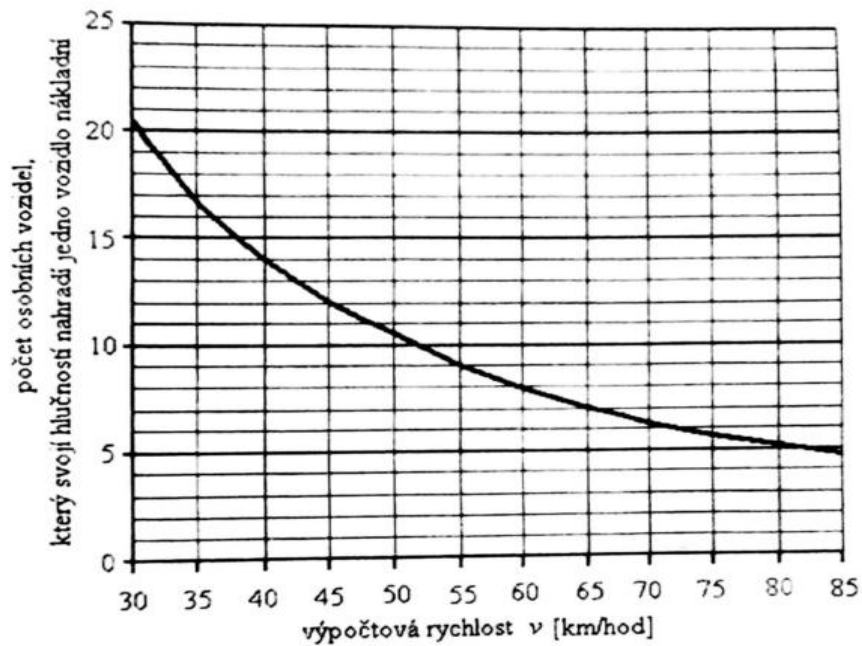
Tab. 5: Pokles hladiny akustického tlaku A snížením intenzity dopravního proudu [2]

Na akustickou situaci podél komunikací má samozřejmě také vliv podíl nákladních vozidel v dopravním proudu. Čím větší podíl NA, tím bude větší hladina akustického tlaku A. Vztah mezi rychlostí a hlukem podle české výpočtové metodiky ukazuje graf č. 6. Graf ukazuje pokles hladiny akustického tlaku při různých rychlostech vozidel a různých podílech NA. Tyto hodnoty platí pro jízdu konstantní rychlostí bez zrychlování, nebo zpomalování vozidel.



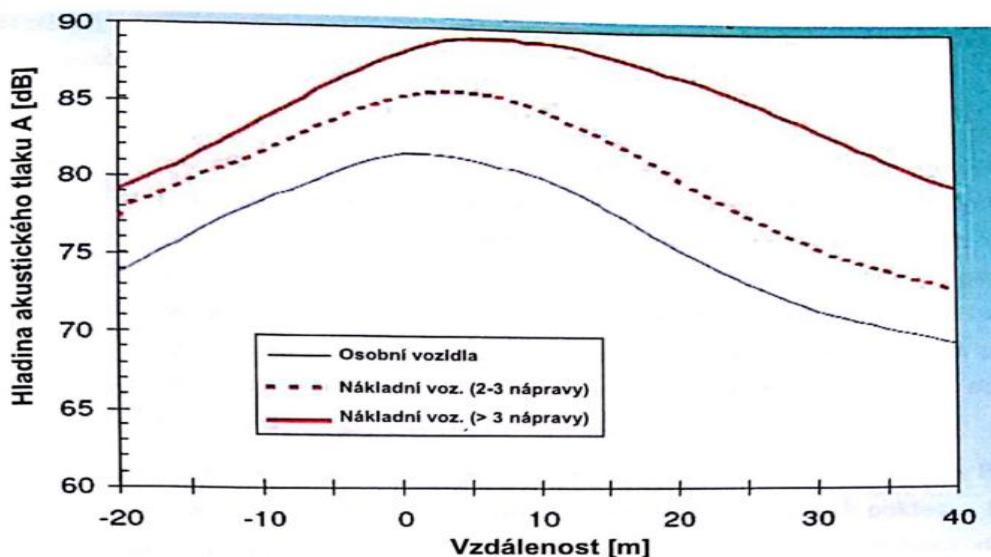
Graf. 6: Vztah mezi rychlostí a hladinou akustického tlaku  $A$  v závislosti na podílu nákladních automobilů (NA) při konstantní rychlosti dle české výpočtové metodiky novelizované v roce 2004 [2]

Hlučnost nákladních vozidel lze nahradit určitým počtem osobních automobilů v závislosti na rychlosti podle české výpočtové metodiky. S rostoucí rychlostí se snižuje počet osobních vozidel nahrazující nákladní. Při nižší rychlosti cca 50 km/h, odpovídající pro obec Lahovičky, způsobí nákladní automobil stejnou hlučnost jako přibližně 10 - 11 osobních vozidel. U rychlosti 80 km/h už je to pouze 5 osobních vozidel. To lze vidět na následujícím grafu. Lze tedy říci, že při rychlosti do 50 km/h nákladní automobily výrazně ovlivní hlučnost na dané komunikaci.



Graf 7: Ekvivalence osobních vozidel za nákladní vozidlo [13]

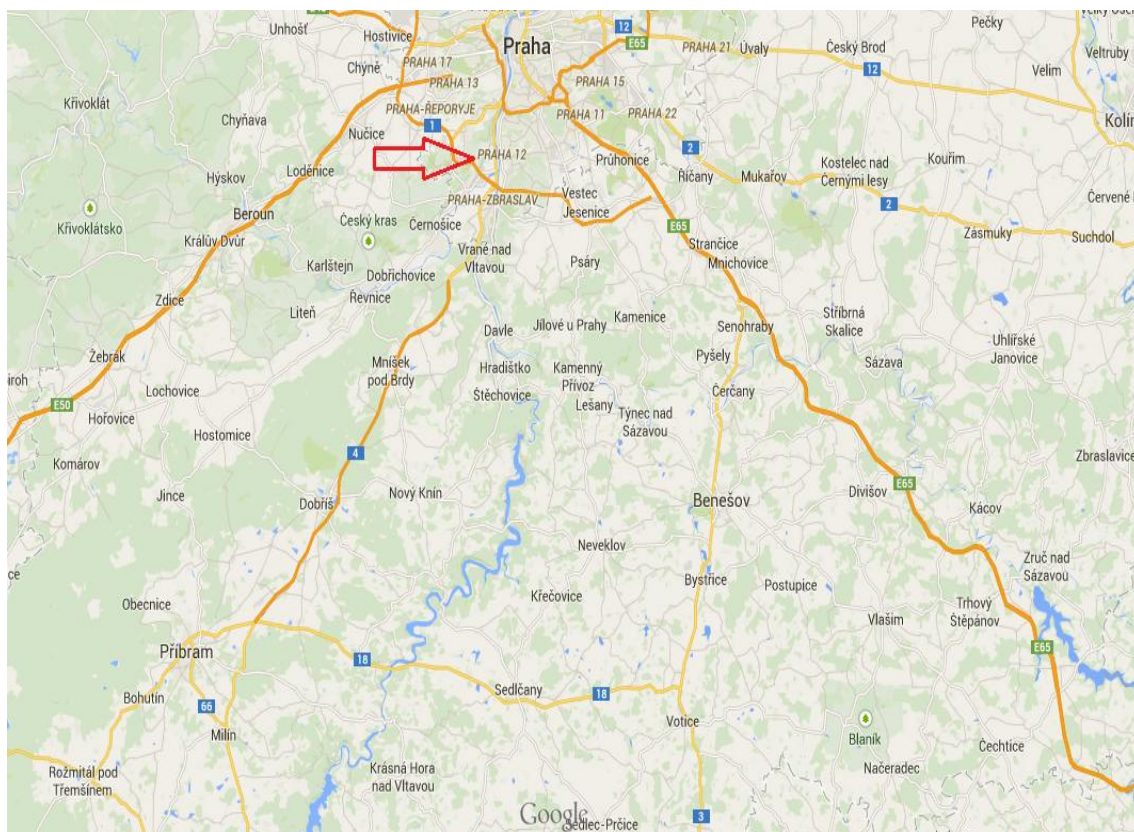
Mezi hlučností nákladních a osobních vozidel je velký rozdíl hlavně v nižších rychlostech. Při stejné rychlosti může rozdíl dosahovat až několik decibelů podle zařazeného rychlostního stupně a typu nákladního vozidla (podle počtu náprav). Při rychlosti 85 km/h je rozdíl mezi osobním vozidlem a nákladním s 2 - 3 nápravami přibližně 5 dB a mezi osobním a nákladním s více jak 3 nápravami přibližně 10 dB (graf 8).



Graf 8: Hladina akustického tlaku A jako funkce vzdálenosti vozidla od měřícího místa při plynulé jízdě rychlosti 85 km/h [2]

## 4 Charakteristika posuzované lokality

Lahovičky jsou severní částí Zbraslavi, leží podél řeky Vltavy, severně od jejího soutoku s řekou Berouňkou. Lahovičkami prochází Strakonická ulice, která je součástí komunikace - I/4. Tato komunikace je čtyřpruhová, směrově dělená a napojuje se na rychlostní komunikaci R4 vedenou jihozápadním směrem. Jedná se hlavně o regionální spojnicí s malým mezinárodním významem. Rychlostní komunikace R4 a silnice I/4 zajišťují rychlé silniční spojení s Prahou pro oblast Příbramska, Písecka a Strakonicka. O jejím významu svědčí intenzita dopravy, která denně přesahuje 40 000 vozidel v obou směrech. Tato komunikace s hustým provozem je charakterizována jako liniový zdroj hluku.



Obr. 9: Poloha obce Lahovičky - Mapový podklad [www.google.cz/maps](http://www.google.cz/maps)

## 4.1 Širší vztahy

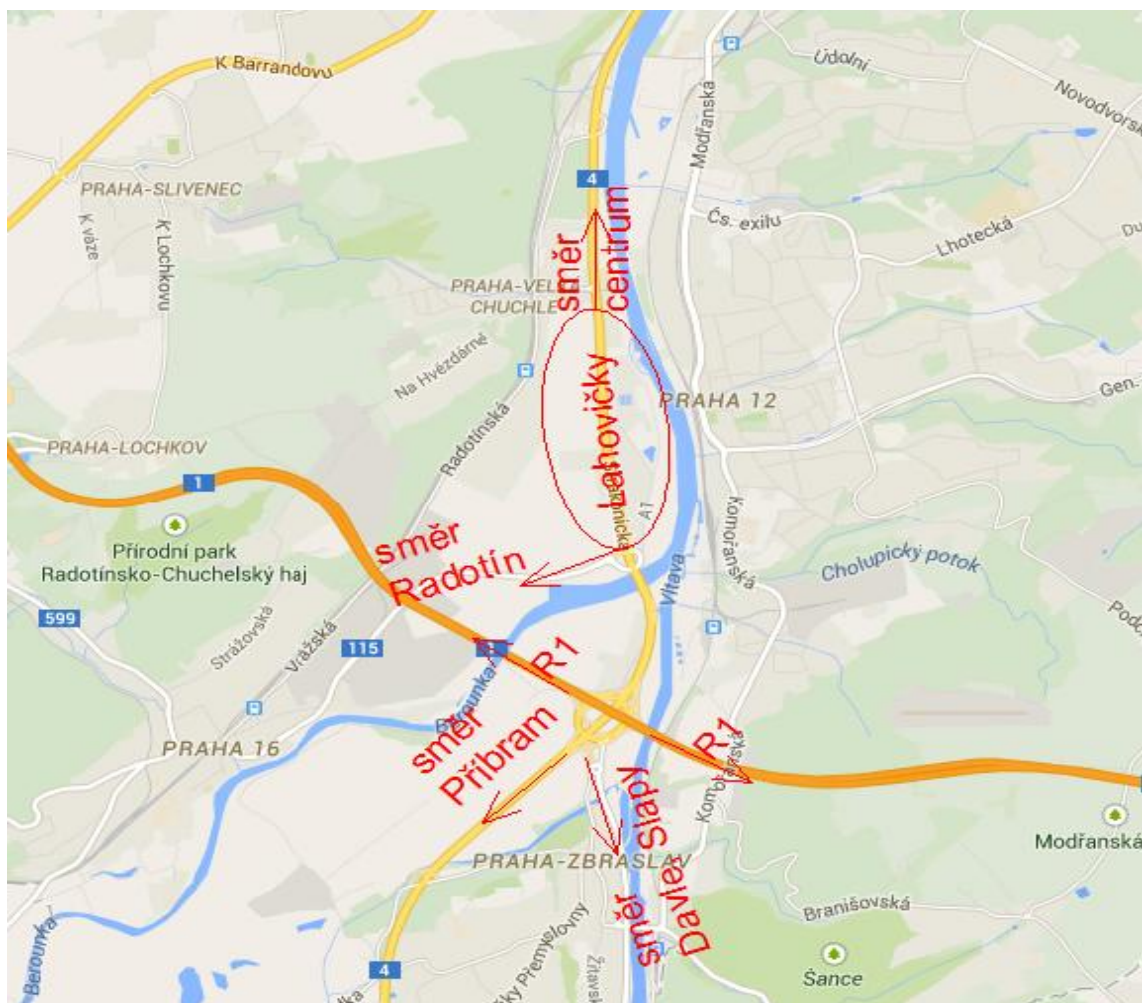
Lahovičky mají díky komunikaci I/4 dobré spojení s centrem Prahy. Opačným směrem je dobré napojení s Příbramí a Jihočeským krajem (hlavně oblastí Písecka a Strakonicka). Toto spojení zajišťuje rychlostní silnice R4. Dalším dopravním tahem napojujícím se na danou komunikaci v blízkosti obce Lahovičky je silnice II/115 zajišťující dopravní spojení městské části Praha - Radotín a obcí Černošice, Řevnice a Jince. Silnice druhé třídy II/102 spojuje obce Milevsko, Kamýk nad Vltavou, Davle až k městské části Praha - Zbraslav s komunikací I/4. Také se nesmí zapomenout na silnici R1, která je součástí Pražského okruhu a křížuje Strakonickou ulici v blízkosti obce. Všechny zmíněné komunikace ovlivňují dopravní situaci na Strakonické ulici v obci Lahovičky.

Přehled komunikací v širším zájmovém území:

- I/4
- R4: Jíloviště - Klínek - Řitka - Mníšek - Voznice - Dobříš - Dlouhá Lhota - Nová Hospoda - Mirotice
- R1
- II/102: Praha - Zbraslav - Davle - Štěchovice - Chotilsko - Drevníky - Kamýk nad Vltavou - Krásná Hora nad Vltavou - Kovářov - Milevsko
- II/115: Jince - Hostomice - Řevnice - Dobřichovice - Černošice - Radotín - rychlostní silnice R4

Hromadná přeprava osob je zajištěna linkovými autobusy č. 129, 241, 314, 317, 318, 321, 334 a 507. Všechny linky vedou ze Smíchovského nádraží přes Lahovičky a dále různými směry.





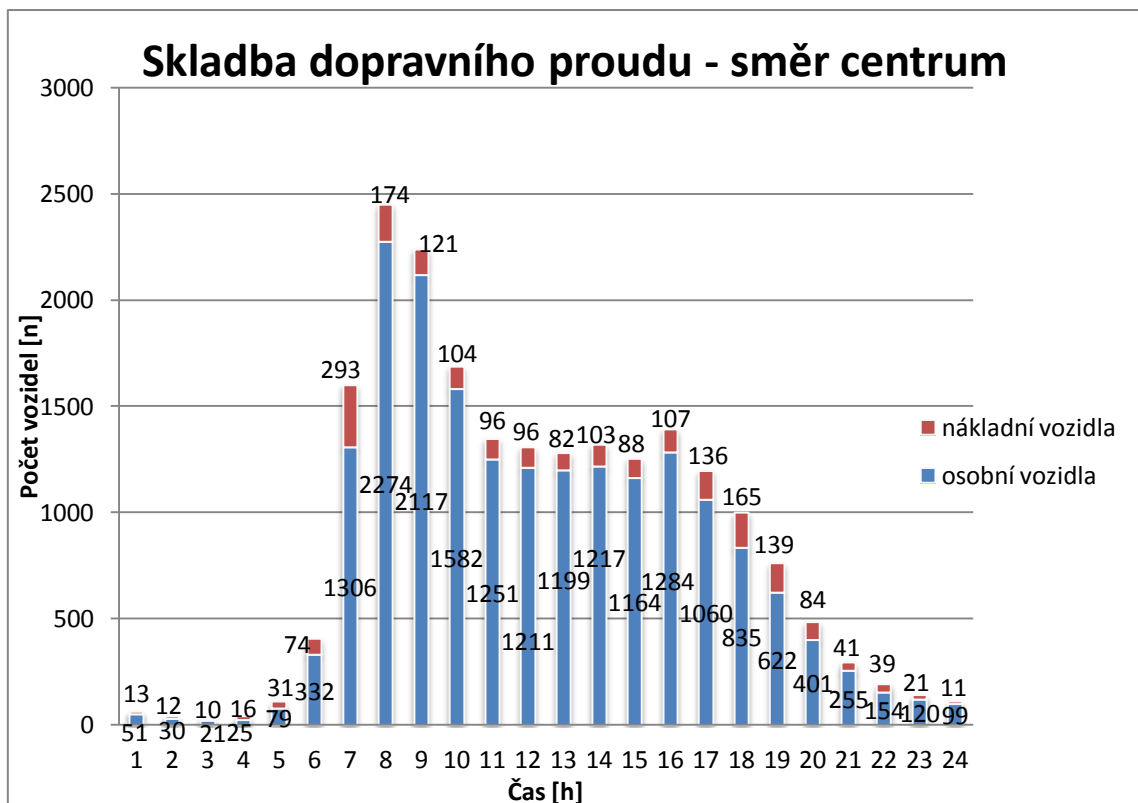
Obr. 10: Dopravně územní vztahy - Mapový podklad [www.google.cz/maps](http://www.google.cz/maps)

## 4.2 Dopravní situace

### 4.2.1 Intenzita

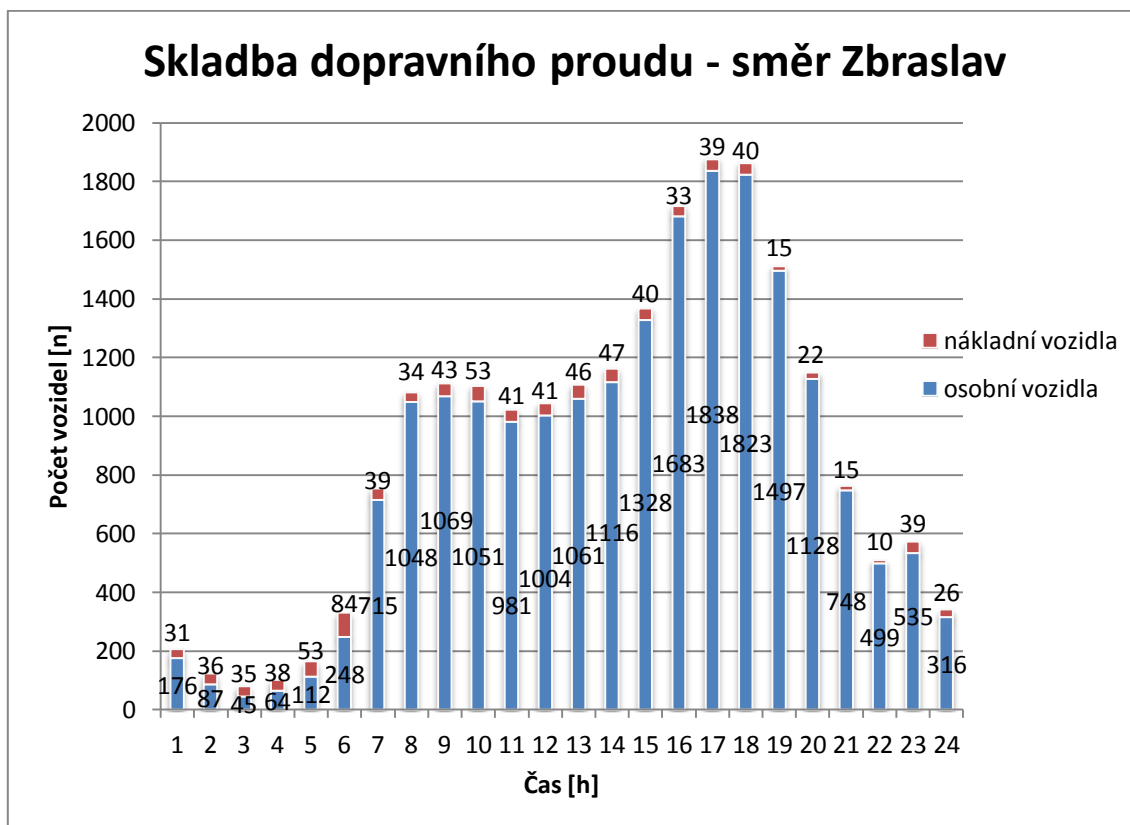
Obcí Lahovičky prochází významný dopravní tah směřující z Prahy na jihozápad Čech. Denní intenzity se pohybují kolem 40 000 voz/den (podle dat poskytnutých od TSK) v obou směrech. V dopravní špičce hlavně v ranních hodinách směrem na centrum se zde tvoří kolony, kdy se intenzita navyšuje až k 2 400 voz/hod. Mimo špičkové hodiny je zde provoz plynulý. V následujících grafech je vidět průběh intenzity během celého dne ve směru jak na centrum, tak na Zbraslav.

Nejvyšší intenzity ve směru na centrum Prahy se vyskytují v ranních hodinách mezi 7 - 10 hodinou, která přesahuje hodnotu 2 400 voz/h. V odpolední špičce se už intenzita snižuje k 1 500 voz/h. V nočních hodinách je provoz zanedbatelný oproti denním hodinám. Podíl nákladních vozidel se v ranních a odpoledních hodinách pohybuje přibližně okolo 6 - 9 %. Zatímco v noci dosahuje až k 50 %. Příkladem toho je provoz v mezi 2 a 3 hodinou ranní.



Graf 8: Skladba dopravního proudu

Ve směru na Zbraslav se nejvyšší intenzity pohybují oproti směru na centrum v odpoledních hodinách mezi 16 - 19 hodinou. Intenzita v těchto hodinách se blíží k 2 000 voz/hod. Podíl nákladních vozidel je nižší a pohybuje se v rozmezí 2 - 5 % pro denní dobu. Pro noční dobu je podíl nákladních vozidel také mnohem významnější, jako je tomu ve směru na centrum.



Graf 9: Skladba dopravního proudu

## 4.2.2 Rychlost

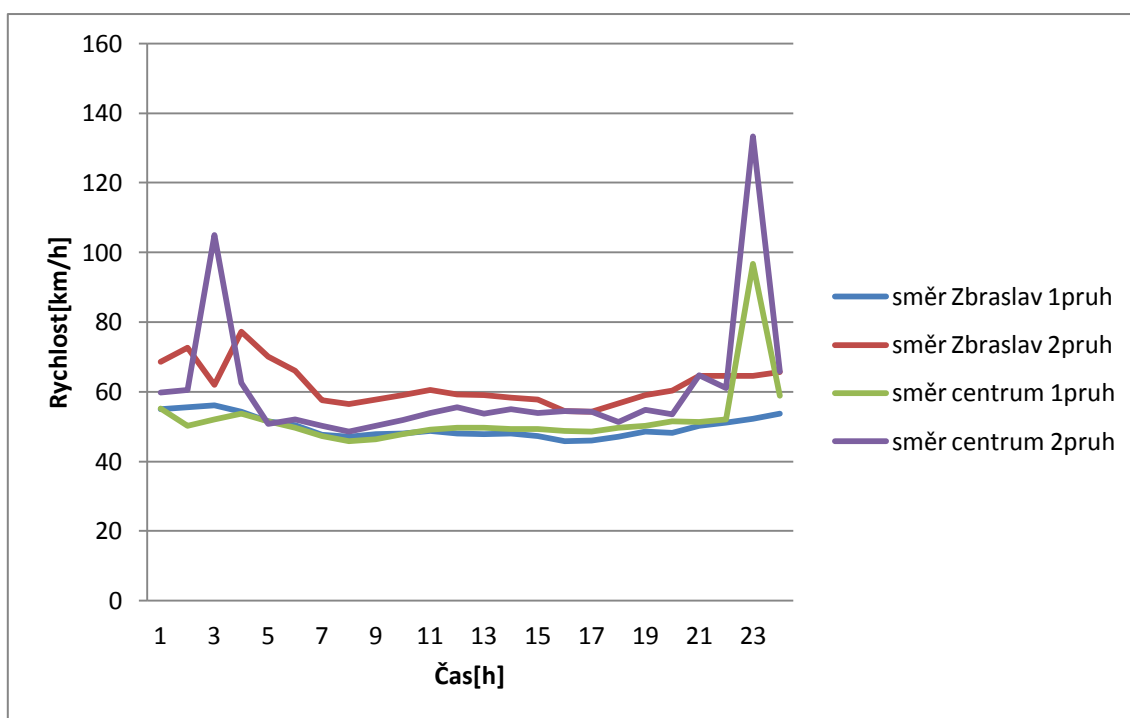
V obci Lahovičky došlo ke snížení rychlosti z původních 80 km/h na 50 km/h z důvodu omezení hluku. Důvodem pro toto snížení rychlosti byly opakované stížnosti obyvatel na překračování limitů hluku. Ke snížení rychlosti došlo přímo v obci Lahovičky v úseku dlouhém 640 metrů (obr. 11). Omezená rychlost je také podél městské části Velká Chuchle v úseku dlouhém 1700 metrů. Po výjezdu z Prahy zde dochází k častému střídání rychlostí, které vedou k velké nespokojenosti řidičů projíždějících tímto úsekem.





Obr. 11: Úseky se sníženou rychlostí - Mapový podklad [www.google.cz/maps](http://www.google.cz/maps)

Podle dat poskytnutých od TSK je vidět, že řidiči většinou maximální povolenou rychlost 50 km/h překračují. Přes den ve směru na centrum v pravém pruhu je průměrná rychlost vozidel 49 km/h. V levém pruhu už průměrná rychlost dosahuje 54 km/h. V nočních hodinách je překračována povolená rychlost v obou pruzích a to pro pravý 58 km/h a pro levý dokonce 74 km/h. Pro směr na Zbraslav je dodržována rychlost také pouze pro pravý jízdní pruh v denních hodinách. Pro levý je už hodnota 59 km/h. Přes noc dosahují hodnoty pro pravý jízdní pruh 54 km/h a pro levý 68 km/h. Průběh rychlostí po celý den je vidět na grafu č. 10. Ve směru na centrum v pravém pruhu mezi 22 a 23 hodinou projelo 55 automobilů s průměrnou rychlostí 133 km/h. Takto vysoká rychlost není s největší pravděpodobností přesná. Nepředpokládá se, že by většina řidičů překročila takovou mírou povolenou rychlost. Pravděpodobně došlo k chybě radaru snímajícího rychlost vozidel.



Graf 10: Průměrné rychlosti vozidel

	Směr centrum		Směr Zbraslav	
	Pravý pruh	Levý pruh	Pravý pruh	Levý pruh
Den (6-22h)	49 km/h	54 km/h	48 km/h	59 km/h
Noc (22-6h)	58 km/h	74 km/h	54 km/h	68 km/h

Tab. 6: Průměrné rychlosti pro jednotlivé pruhy

### 4.3 Útlum hluku s rostoucí vzdáleností od zdroje

Rozlišují se dva povrchy, nad kterými se šíří hluk z dopravy. Je to šíření nad odrazivým terénem (vodní hladina, beton, živice) nebo nad zvuk pohlcujícím terénem (trávník, ornice, polní kultury). Podle české výpočtové metodiky, kdy dojde k šíření nad odrazivým terénem závisí výpočet pouze na kolmé vzdálenosti  $d$  [m] posuzovaného místa od zdroje, kde  $d$  je z intervalu od 8 m do 1 000 m.

$$U = 50,4 - \sqrt{3357,23 - 911,8 * \log d} \text{ dB [13]}$$

Při šíření hluku na zvuk pohlcujícím terénem závisí útlum na výšce  $H$  [m] posuzovaného místa, kde  $H$  je od 1,5 m až do 30 m.

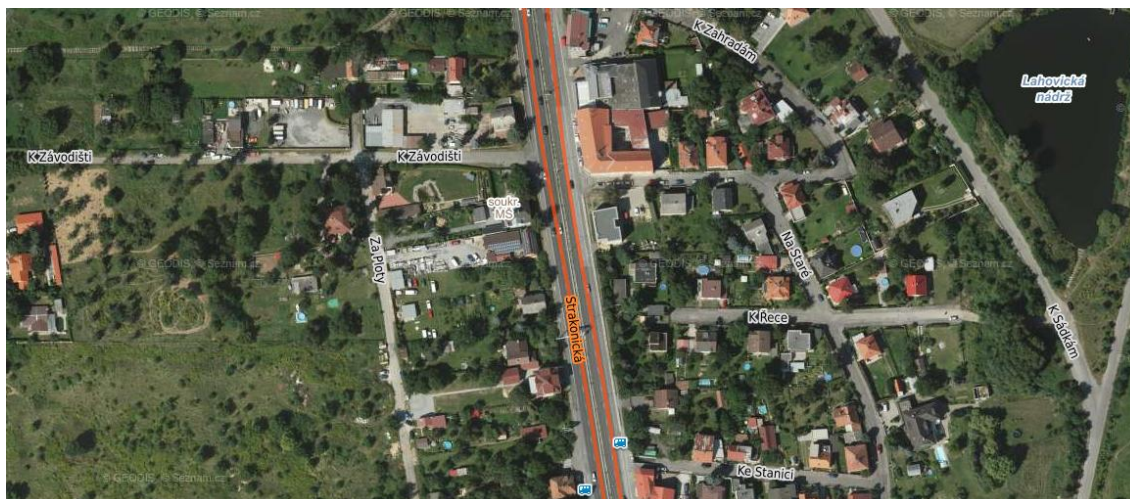
$$U = 8,78 * \log \left[ \frac{d^2 + (H+3)^2}{17 * (H+3)} \right] \text{ dB [13]}$$

U hluku šířícím se nad pohlcujícím terénem ve větších výškách, dochází k nižšímu útlumu než v nižších výškách. To je důležité při výškovém zónování v blízkosti komunikace. Vícepodlažní domy by se měly situovat do větší vzdálenosti od komunikace s vyšším provozem.

### 4.4 Útlum vlivem stínění nízkou zástavbou

Obec Lahovičky je typickým příkladem nízké rozptýlené zástavby rodinných domů (obr. 12). V tomto případě bude docházet při šíření hluku o jeho snižování o určité korekce způsobené touto zástavbou. Hodnota korekce  $D_{NZ}$  [dB] závisí na délce dráhy zvuku  $d_{NZ}$  [m] ( $d_{NZ} > 10$  m) působící v oblasti s nízkou zástavbou. Hodnota této korekce se odčítá od výsledné hodnoty.

$$D_{NZ} = 7,7 * \log \left( \frac{d_{NZ}}{10} \right) \text{ dB [13]}$$



Obr. 12: Nízká rozptýlená zástavba - Mapový podklad [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## 4.5 Stínění vzrostlou zelení

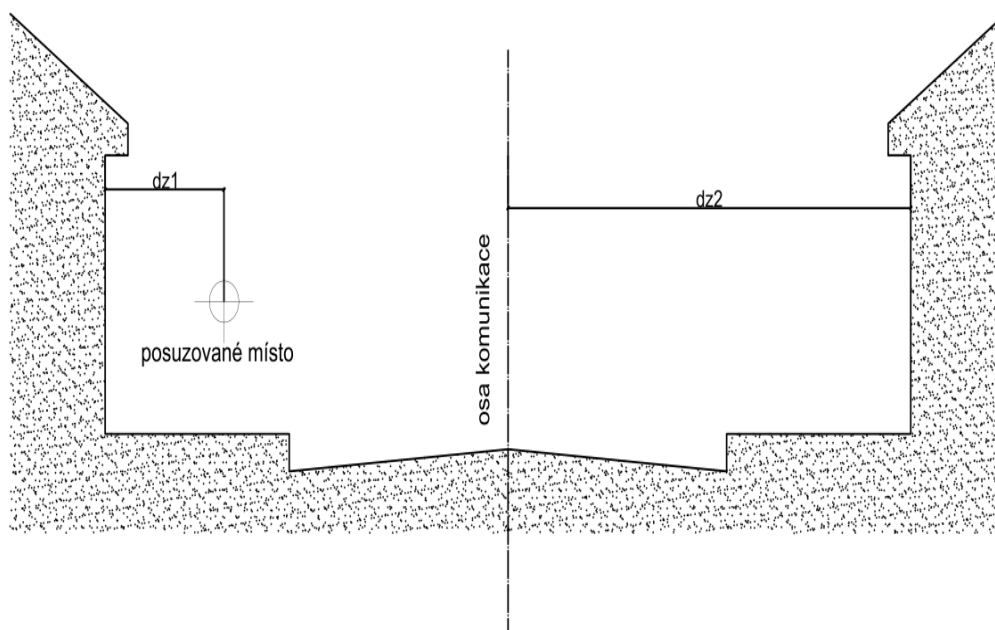
V dané oblasti se podél komunikace vyskytuje velké množství zeleně před jednotlivými domy. Tento prostředek ke snižování hluku není příliš účinný. Působí hlavně jako příznivé optické oddělení od zdroje hluku. Účinnost zeleně ke snižování hluku nastává totiž je-li souvislý pás zeleně širší jak 20 m. Aby tento pás zeleně měl vliv na snížení hluku, tak musí mít hustý spon korun doplněný hustým patrem keřů. Nevýhodou je, že se daný prostor nedá využít pro pobyt lidí a nemá charakter parku. A také začne mít účinnost až po určité době od vysazení. Hodnota korekce se vypočítá:

$$D_L = 19,8 * \log\left(\frac{b}{10}\right) \text{dB}. [13]$$

Platí pro  $b > 20$  m. Pro  $\leq 20$  je  $D_L = 0$  dB.

## 4.6 Vliv oboustranné zástavby

Podél komunikace se ve značné blízkosti v cca 6 m od krajního vodičího proužku vyskytují domy na obou stranách. Takto umístěné domy mají značný vliv na akustickou situaci. Komunikace procházející obcí označujeme jako liniový zdroj hluku. Velikost hluku tohoto zdroje určuje ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  ve vzdálenosti minimálně 7,5 metrů od osy krajního jízdního pruhu a minimálně 1,5 metrů nad terénem vozovky. V důsledku zástavby dochází k odrazu zvuku od objektů a roste ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  o určité korekce  $D_{Z1}$  [dB] a  $D_{Z2}$  [dB], které jsou závislé na vzdálenostech  $d_{Z1}$  [m] a  $d_{Z2}$  [m] podle obrázku 13. Tyto korekce se přičítají vždy, když je zástavba přilehlá nebo souvislá v délce nejméně 30ti metrů.



Obr. 13: Stanovení vzdálenosti pro vliv přilehlé a protilehlé souvislé zástavby[13]

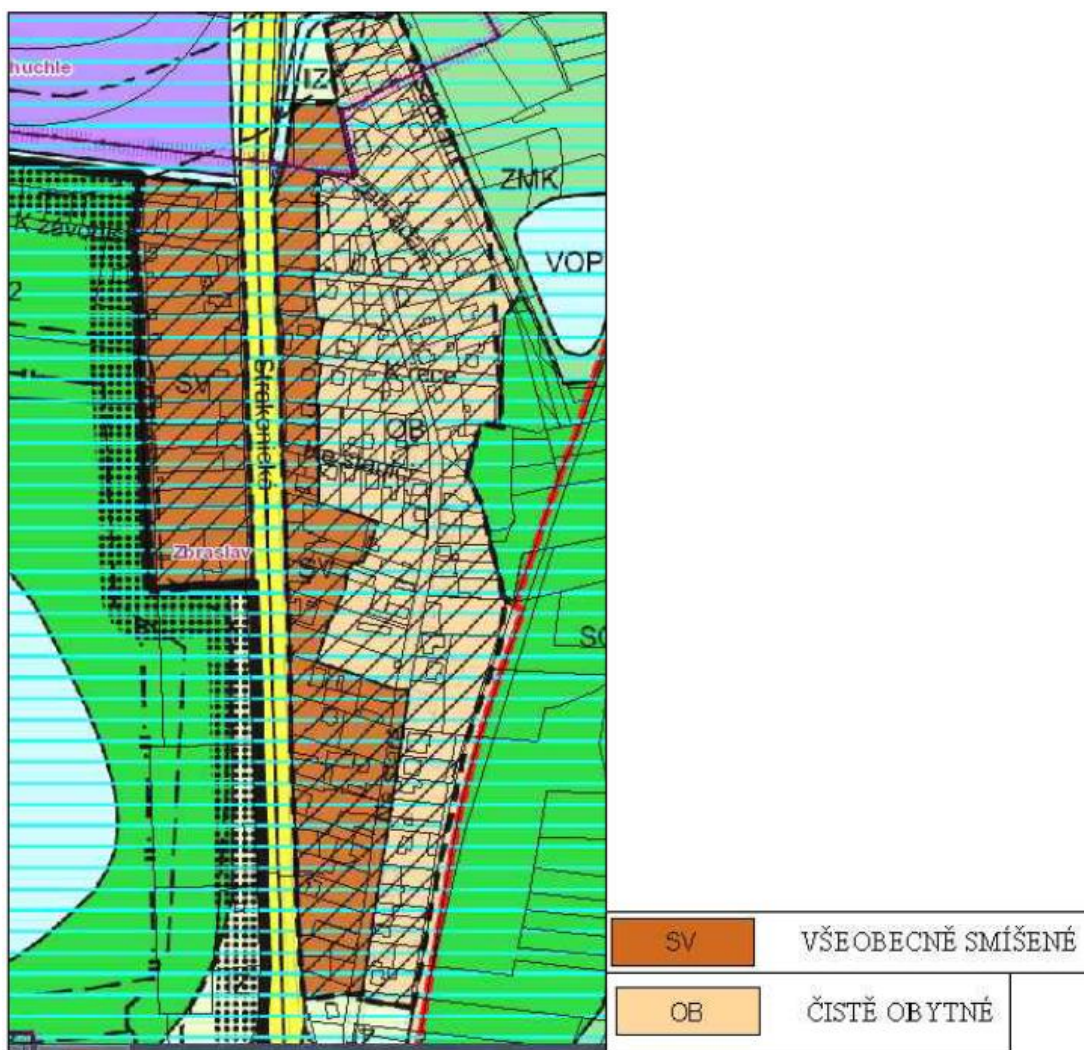
Přilehlá zástavba		Protilehlá zástavba	
$d_{z1}$ [m]	$D_{z1}$ [dB]	$d_{z2}$ [m]	$D_{z2}$ [dB]
Méně než 15	3,0	Méně než 20	2,7
15-20	2,3	20-30	1,2
20-40	1,0	30-40	0,7
40-75	0,3	40-75	0,3

Tab. 7 Hodnoty korekce na vliv souvislé zástavby [13]



## 4.7 Využití objektů v obci

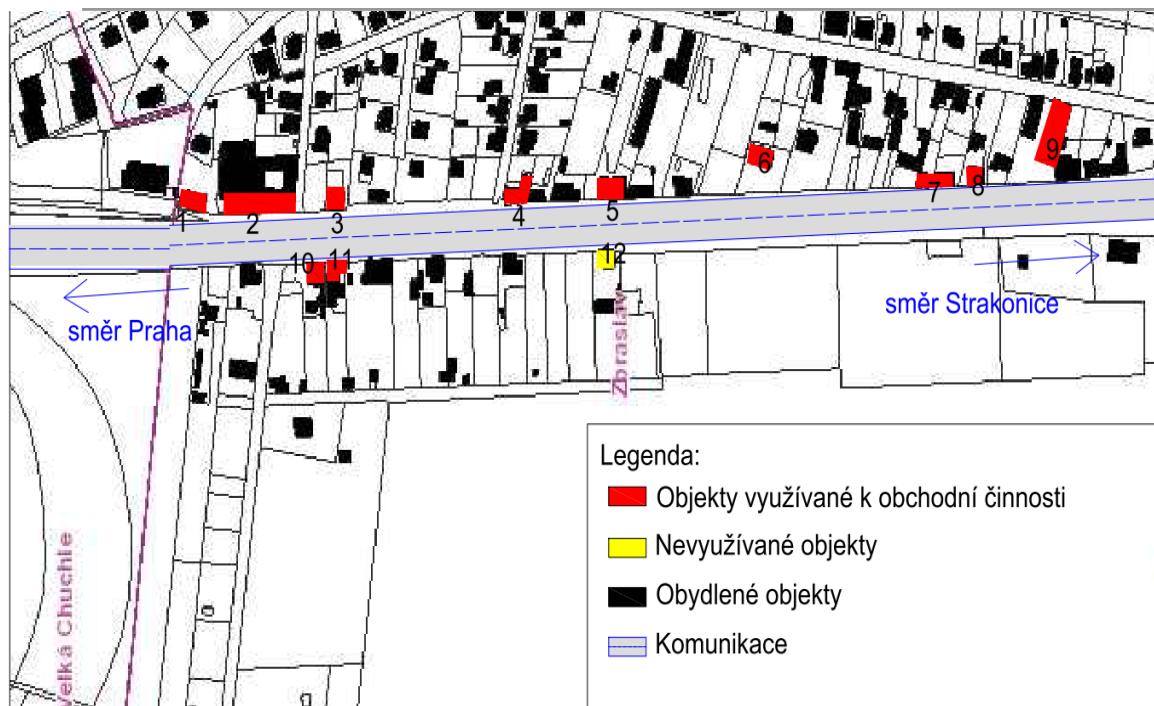
Z důvodu nadměrného hluku v blízkosti komunikace v dané obci se některé objekty přestaly používat jako obytné a začaly sloužit k obchodní činnosti. Na obr. 14 je vidět využití ploch v obci v územním plánu. Všeobecně smíšené plochy jsou definované jako *území sloužící pro umístění polyfunkčních staveb nebo kombinaci monofunkčních staveb pro bydlení, obchod, administrativu, kulturu, veřejné vybavení, sport a služby všeho druhu, kde žádná z funkcí nepřesáhne 60 % celkové kapacity území vymezeného danou funkcí*. Čistě obytné plochy slouží pouze k bydlení.



Obr. 14: Územní plán obce Lahovičky - Mapový podklad  
<http://mpp.praha.eu/app/map/VykresyUP/>

K podrobnějšímu zjištění využití objektů byl proveden průzkum. Na obr. 15 je znázorněno, které objekty se používají k obchodní činnosti, pobytu a které jsou nevyužívané. Z toho je patrné, že část z domů, které jsou situované v těsné blízkosti

komunikace, začala sloužit jako obchody. Z 29 domů je využíváno k obchodu 11 a jeden je nevyužívaný. Je tedy vidět značné ovlivnění hlukem způsobené dopravou.



Obr. 15: Využití objektů v obci Lahovičky - Mapový podklad  
<http://mpp.praha.eu/app/map/VykresyUP/>

Příklady objektů z obr. č 15:

#### Objekt 2:

- EuroWells s.r.o.
- PROFI COLOR s.r.o.



Obr. 16: EuroWells s.r.o. a PROFI COLOR s.r.o.

Objekt 3:

- LEVEL Technik a.s.



*Obr. 17: LEVEL Technik a.s.*

Objekt 5:

- Autobenex - značkové autodíly

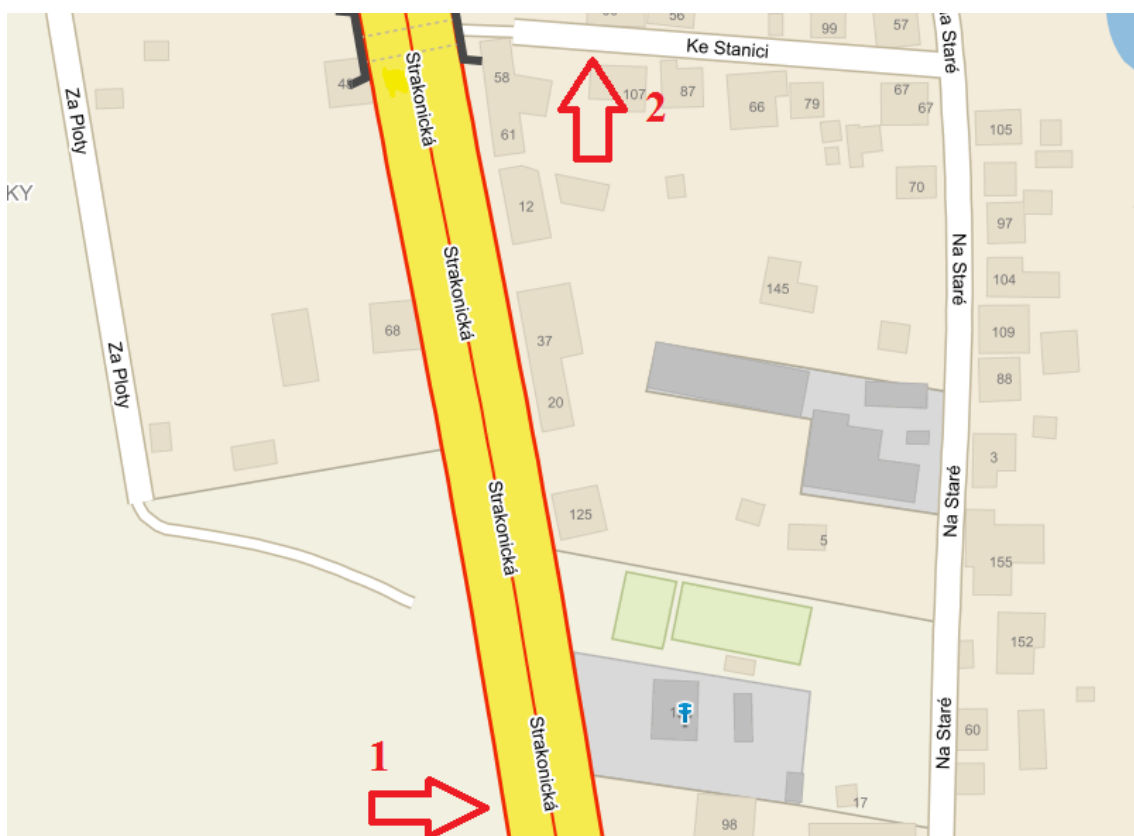


*Obr. 18: Autobenex*



## 5 Měření hluku

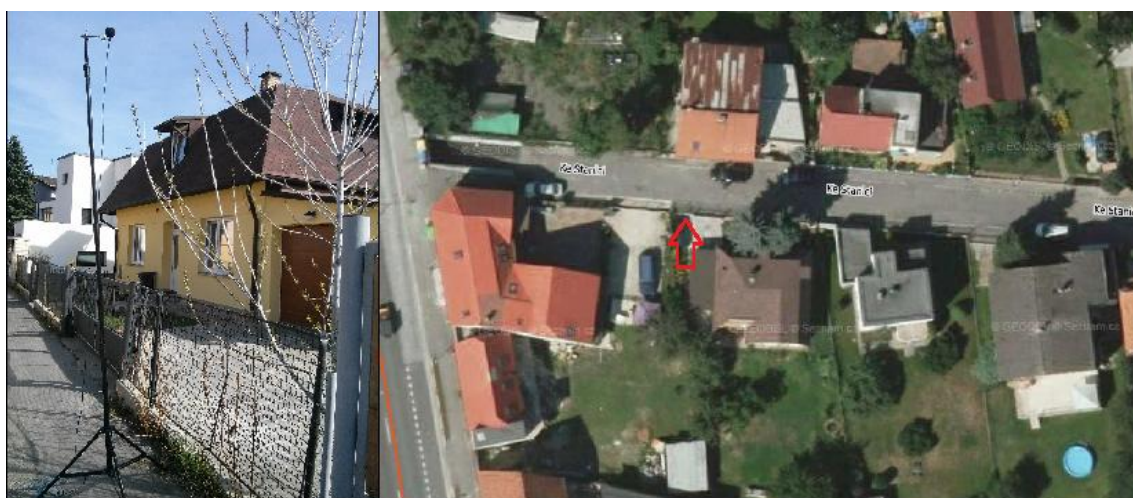
Měření probíhalo na dvou místech se sníženou rychlostí. V prvním případě (obr. 19 - místo měření 1) byl hlukoměr umístěn 8 metrů od krajního vodičího proužku pro měření ve dne a pro měření v noci byl hlukoměr umístěn do vzdálenosti 16 metrů ve směru na Strakonice a do výšky 3 metrů (toto měření bylo provedeno v rámci BP). Toto místo bylo v zástavbě v dostatečné vzdálenosti od obytného domu, také od začátku příp. konce rychlostního omezení, tak aby nedocházelo k ovlivnění měření brzdícími vozidly. V daném místě se projevoval pouze hluk z dopravy a nebylo měření nijak rušeno. Druhé místo měření (obr. 19 - místo měření 2) bylo provedeno v ulici Ke stanici, která je dále od komunikace v zástavbě ve vzdálenosti 36 metrů od krajního vodičího proužku a ve výšce 3 metrů. Opět byl hlukoměr umístěn v dostatečné vzdálenosti od začátku a konce rychlostního omezení. V obou případech nesmí docházet k rušení měření jiným zdrojem hluku. V těchto místech je maximální povolená rychlost 50 km/h a převažuje zde hluk motoru a hluk vzniklý valením pneumatik.



Obr. 19: Místa měření - Mapový podklad [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



Obr. 20 Měřicí místo 1 - Mapový podklad [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



Obr.21: Měřicí místo 2 - Mapový podklad [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Měření bylo prováděno hlukoměrem *Norsonic NI40*, který je vhodný pro měření hluku v životním prostředí. Rozsah přístroje se pohybuje od 15 do 140 dB. Rozšířit lze až na 150 dB. Měřený parametr, který hodnotí akustickou situaci ve venkovním prostředí je ekvivalentní hladina akustického tlaku  $L_{Aeq}$ . Tato hodnota byla zaznamenávána po 1 vteřině, tak aby bylo možné odstranit rušivé vlivy během měření.

Samotné měření probíhalo v prvním případě ve čtvrtek 8.11.2012 ve třech časových intervalech. Nejprve proběhlo měření v ranních hodinách a to v intervalu mezi 8:00 - 10:00 hodinou. Druhý interval byl v 14:00 - 16:00. Následně pak proběhlo 3 měření v nočních hodinách v 23:00 - 01:00. Druhé měření proběhlo ve čtvrtek 9.4.2015 a bylo opět měřeno ve stejných časových intervalech, ale na druhém měřicím místě. Počasí během měření bylo vyhovující (tab. 8).

	čtvrtek 8.11.2012			čtvrtek 9.4.2015		
	ráno	odpoledne	noc	ráno	odpoledne	noc
teplota	5°C	10°C	6°C	7°C	19°C	7°C
vítr	bezvětří	bezvětří	bezvětří	bezvětří	bezvětří	bezvětří
obloha	zataženo	zataženo	zataženo	zataženo	jasno	jasno

Tab. 8: Počasí během měření

V prvním případě, kdy byl hlukoměr umístěn 8 metrů od krajního vodičoho proužku, vycházely hodnoty v rozmezí 71,5 - 72,3 dB ve dne a v noci 64,8 a 62,1 dB. Měření probíhalo ve špičkových hodinách, kdy je doprava nejvýraznější a intenzita provozu se pohybuje až u hodnot 2 400 voz/h v jednom směru. Z toho vyplývá, že hodnota ekvivalentní hladina akustického tlaku za celý den bude vycházet nižší.

Následné měření umístěné ve vzdálenosti 36 metrů od komunikace bylo důležité z hlediska toho, jak se šíří hluk dále do zástavby. Podle naměřených hodnot byl zjištěn pokles  $L_{Aeq}$  ve dne přibližně o 17 dB a v noci o 12 dB od prvního místa měření. Podmínky v obou případech byly srovnatelné jak z hlediska intenzity dopravy, tak podílu nákladní dopravy. Toto snížení je způsobeno jednak vzdáleností měřícího bodu od komunikace, tak hlavně vlivem zástavby, kdy domy v těsné blízkosti komunikace zabraňují šíření hluku. V průběhu měření docházelo k rušení vlivem průjezdu sanitek, troubení vozidel nebo v případě měření dále v zástavbě práce na zahradě. Jak již bylo zmíněno  $L_{Aeq}$  se zaznamenávala po 1 vteřině, což umožňovalo odstranění těchto rušících vlivů. Následně se pak přepočítala  $L_{Aeq}$  podle vztahu

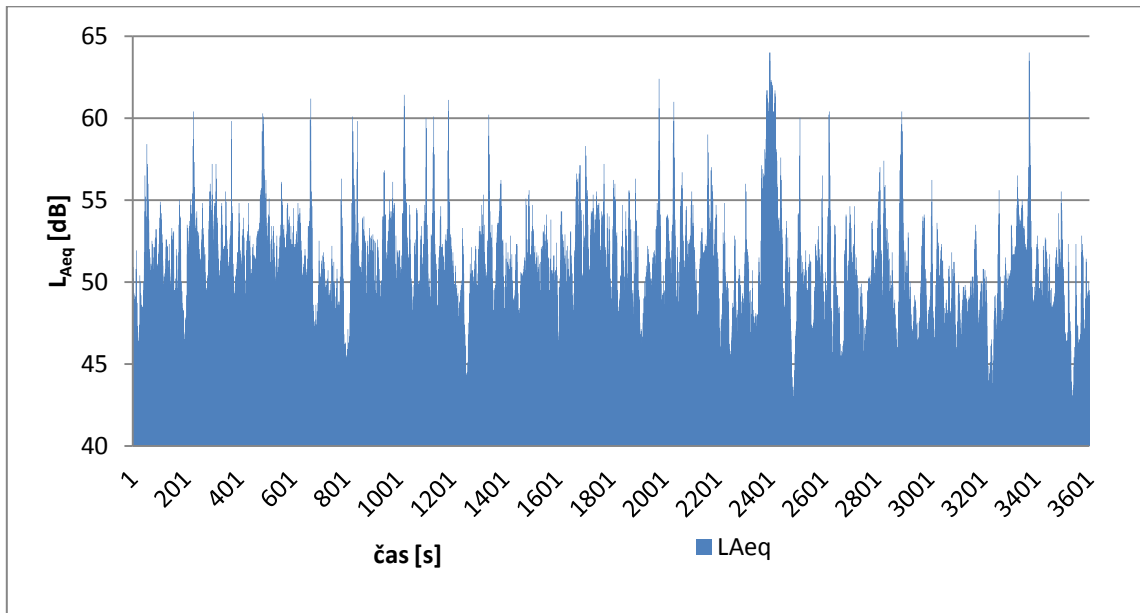
$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{\sum_{i=1}^n f_i} * \sum_{i=1}^n f_i * 10^{0,1L_i} [1].$$

Porovnání naměřených hodnot po odstranění rušících vlivů je uvedeno v tabulce č. 9.

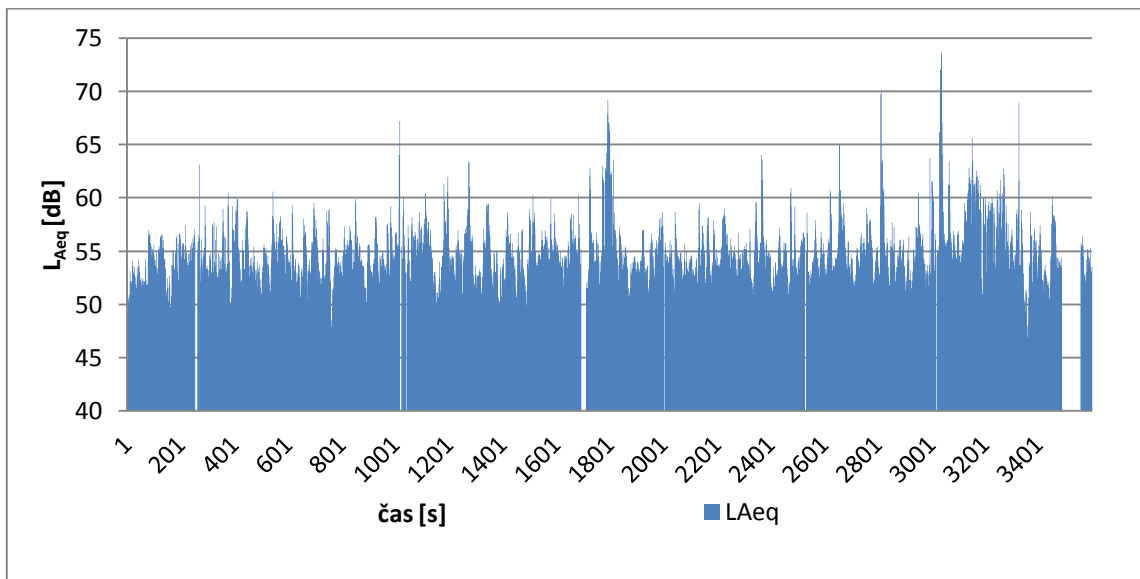
Čas [h]	Vzdálenost měřícího bodu od komunikace	
	$L_{Aeq}$ (36 m) [dB]	$L_{Aeq}$ (8 m) [dB]
8 - 9	54,8	71,6
9 - 10	56,8	71,5
14 - 15	55,2	71,8
15 - 16	56,2	72,3
23 - 24	52,1	64,8
24 - 01	50,9	62,1

Tab. 9: Srovnání hodnot  $L_{aeq}$  ve vzdálenosti 36 a 8 metrů

Průběh ekvivalentní hladiny akustického tlaku se liší pro denní a noční dobu. Během dne se vozidla pohybují v menších rozestupech a nevznikají velké mezery mezi nimi. To způsobuje, že zaznamenané hodnoty se pohybují kolem určité střední hodnoty v závislosti na hlučnosti jednotlivých vozidel a časem průjezdu mezi vozidly. Nedochází tak k značným výkyvům hodnot během měření. Naopak v nočních hodinách není tak hustý provoz a v případě ojedinělého průjezdu vozidla se výrazně zvýší hluk. To lze vidět na grafech 11 a 12.



Graf 11: Průběh  $L_{Aeq}$  v hodinách 23:00 - 24:00



Graf 12: Průběh  $L_{Aeq}$  v hodinách 15:00 - 16:00

Z naměřených hodnot je vidět, že v obci Lahovičky jsou v měřených hodinách (8-10h, 14-16h, 23-01h) postiženy pouze domy v těsné blízkosti komunikace a to přibližně o 2 dB ve dne a v noci o 3 dB. U domů nacházející se dále od komunikace, které jsou chráněny před hlukem první řadou domů, nedochází k překročení hlukových limitů ve dne ani v noci. V další kapitole je vytvořen model v programu Cadna A, ze kterého je patrné šíření hluku v celé obci.

## 6 Cadna A

Cadna A je jedním ze softwarů používaných pro výpočet a hodnocení hluku ze silniční, kolejové, letecké dopravy a z průmyslových zdrojů hluku ve venkovním prostředí. Dalšími programy pro výpočet šíření hluku jsou např. Hluk+, SoundPLAN, LimA a Mithra. Výpočet lze provádět nejen pro zjištění akustické situace podél komunikace, ale i pro oblast celého města.

Pro vyhodnocení hluku v požadované lokalitě je nutné se seznámit s danou lokalitou a zjistit urbanistickou a dopravní situaci. Urbanistická situace zahrnuje zjištění charakteristiky terénu (podélný sklon nivelety komunikace) a zástavby (výskyt zeleně, lokalizace a druh zástavby - nízka, oboustranná zástavba). Důležité jsou také dopravní informace, které slouží jako vstupní parametry modelu. Tyto parametry jsou:

- intenzita dopravy
- podíl osobní a nákladní dopravy
- výpočtová rychlost.

Výpočet se provádí podle rovnic (CZ metodika) :

$$\underline{\text{emise}} \quad L_x = L_{Aeq,7.5m} - D_{refl} + 10lg(délka) \text{ dB [14]}$$

$$\underline{\text{imise}} \quad L_r = L_x + D_s + D_{bm} + D_z - R_l \text{ dB [14]}$$

kde:

$L_{Aeq,7.5m}$  – emise v 7.5 m kolmo k ose komunikace,

$D_{refl}$  – zvýšení hladiny dané odrazy,

$D_s$  – útlum daný divergencí,

$D_{bm}$  – útlum daný meteorologickými podmínkami,

$D_z$  – útlum daný stíněním objektů.

## 6.1 Tvorba modelu

Mapové podklady k tvorbě modelu byly získány prostřednictvím internetových stránek ČÚZK ([www.geoportal.cuzk.cz](http://www.geoportal.cuzk.cz)) ve vektorové podobě. Tato mapa obsahovala vrstevnice, díky kterým bylo možno sledovat výškové uspořádání obce a také zjištění sklonů následně vytvořené komunikace. Dále pak obsahovala obrysy budov. Těmto budovám byla nastavena výška, která byla zjištěna z průzkumu obce. Poté byla vytvořena komunikace procházející obcí. Tato čtyřpruhová komunikace byla vytvořena ze dvou samostatných dvoupruhových komunikací. Dvě komunikace se vytvořily z důvodu rozdílné intenzity a rozdílného podílu nákladních automobilů v obou směrech v denních a nočních hodinách. Díky známým vrstevnicím bylo možné vypočítat podélný sklon komunikace. Hlavními vstupy nastavení komunikace jsou intenzita vozidel, rychlost vozidel, podíl nákladní dopravy a povrch vozovky.

Použité vstupy pro nastavení komunikace:

- Směr Strakonice

Šířka komunikace od kraje 7m

směr Strakonice	Den	Noc
Průměrná hodinová intenzita [voz/h]	1207,6	263
Podíl nákladních vozidel [%]	2,6	16,6

Tab. 11: Intenzita a podíl nákladních vozidel

Rychlost osobní automobily	50/80 km/h
nákladní automobily	50/80 km/h
Povrch vozovky	Ad asfaltový beton hrubozrný AC

- Směr centrum

Šířka komunikace od kraje 7m

směr Praha	Den	Noc
Průměrná hodinová intenzita [voz/h]	1244,2	129,2
Podíl nákladních vozidel [%]	9,9	23,5

Tab. 10: Intenzita a podíl nákladních vozidel

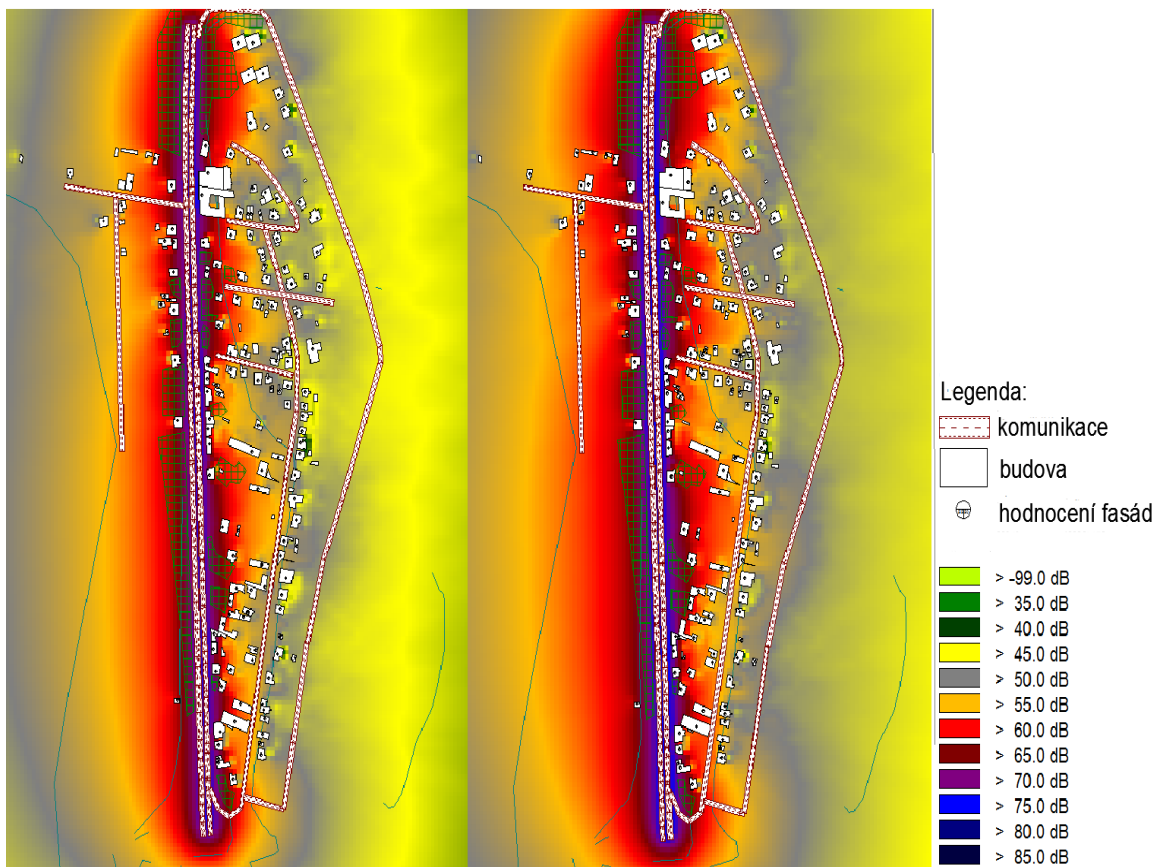
Rychlost	osobní automobily	50/80 km/h
	nákladní automobily	50/80 km/h
Povrch vozovky		Ad asfaltový beton hrubozrný AC

Pro následné výpočty zjišťující akustickou situaci v obci byla zvolena česká výpočtová metodika. Hodnotícími ukazateli pro den a noc jsou zvoleny  $L_d$  a  $L_n$ , kde  $L_d$  hodnotí denní dobu (06-22h) a  $L_n$  hodnotí noční dobu (22-06h). Maximální chyba ve výpočtech byla stanovena 0,1 dB. Na základě těchto dat byly vytvořeny hlukové mapy a rozdílové hlukové mapy pro jednotlivé rychlosti.

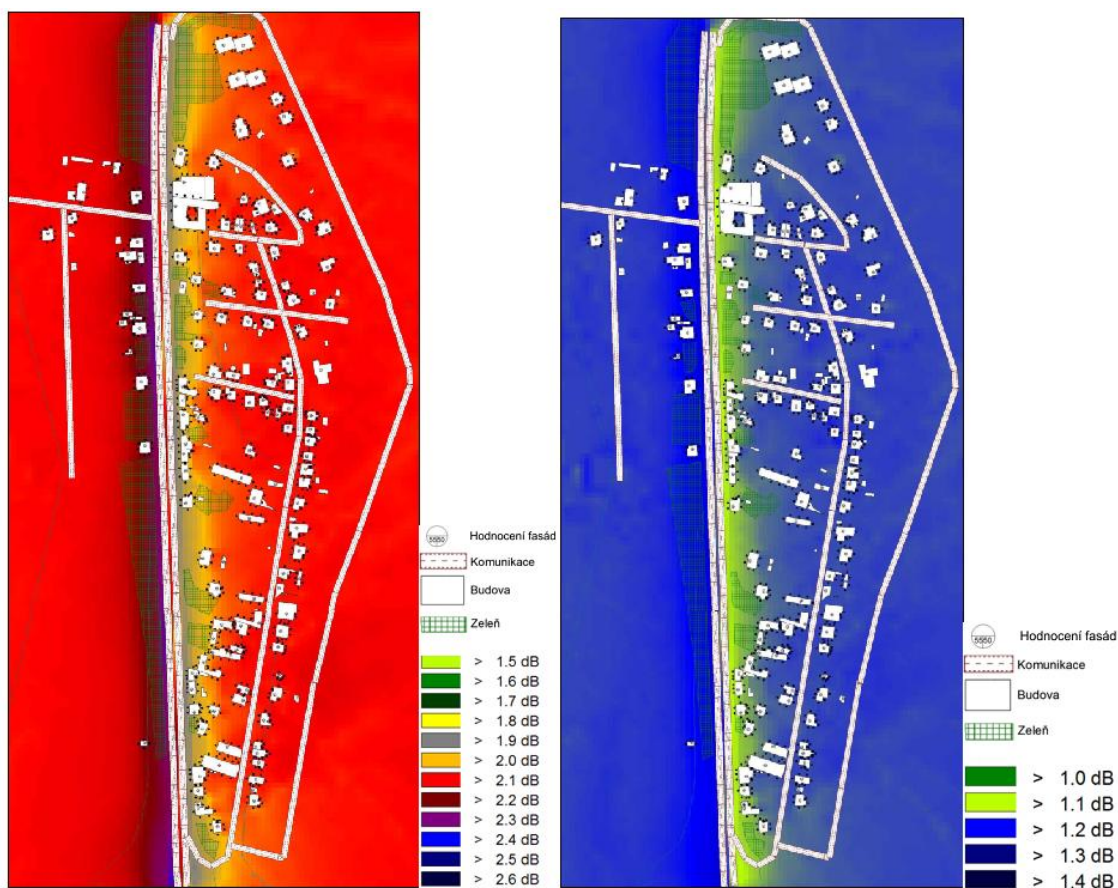


## 6.2 Srovnání modelu pro rychlosti 50 a 80 km/h

Výstupem tohoto modelu je hluková mapa popisující šíření hluku vzniklého dopravou na komunikaci procházející obcí Lahovičky. Díky modelu je vidět jak se hluk šíří od komunikace přes nízkou zástavbu a jak tato zástavba ovlivňuje další šíření. Hlavním vstupem modelu je rychlost a intenzita vozidel na dané komunikaci. Výpočet byl proveden pro rychlosti 50 a 80 km/h v denních a nočních hodinách, aby mohlo dojít ke srovnání emisí hluku pro obě rychlosti. Na obrázku 22 je vidět srovnání modelů pro rychlosti 50 km/h vlevo a 80 km/h vpravo. Aby byl lépe vidět rozdíl byla vytvořena rozdílová hluková mapa (obr. 23). Rozdílová mapa ukazuje o kolik se sníží hladina akustického tlaku po omezení rychlosti.

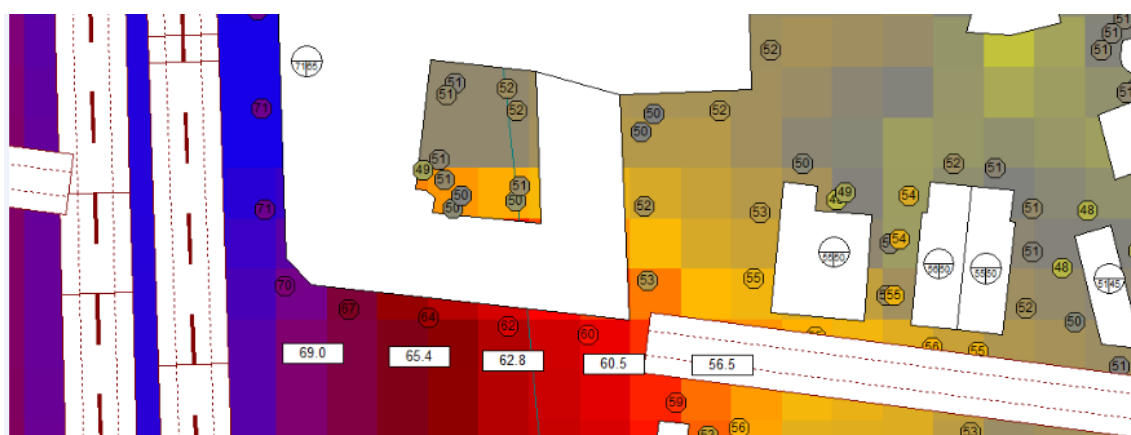


Obr. 22: Srovnání 50 a 80 km/h - den

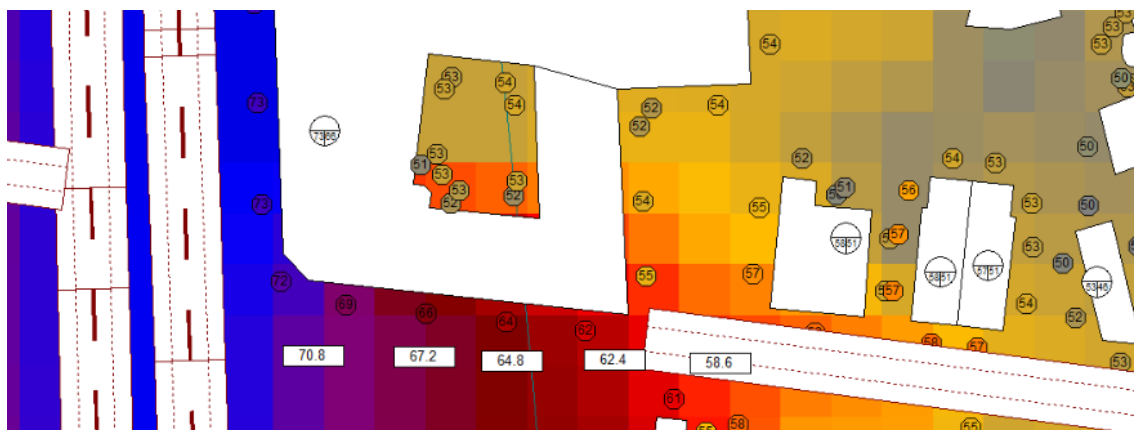


Obr. 23: Rozdílová hluková mapa - den (vlevo), noc (vpravo)

Z těchto map je zřejmé, že pro rychlost 80 km/h je vyzařovaný hluk dopravou vyšší než pro 50 km/h. Na obrázku číslo 24 a 25 je ukázáno názorněji v detailu, jak se změní hladina akustického tlaku ve dne. Hodnoty jsou ukázané po 10 metrech směrem od komunikace. Přehledněji je to znázorněno v tabulce č. 12. Pro noční hodiny jsou hodnoty ukázané v tab. 13.



Obr. 24: Pokles hladiny akustického tlaku - rychlost 50 km/h



Obr. 25: Pokles hladiny akustického tlaku - rychlost 80km/h

Vzdálenost od komunikace [m]	Hladina akustického tlaku pro rychlost 50 km/h [dB]	Hladina akustického tlaku pro rychlost 80 km/h [dB]
10	69,0	70,8
20	65,4	67,2
30	62,8	64,8
40	60,5	62,4
50	56,5	58,6

Tab. 12: Pokles akustického tlaku vlivem vzdálenosti ve dne

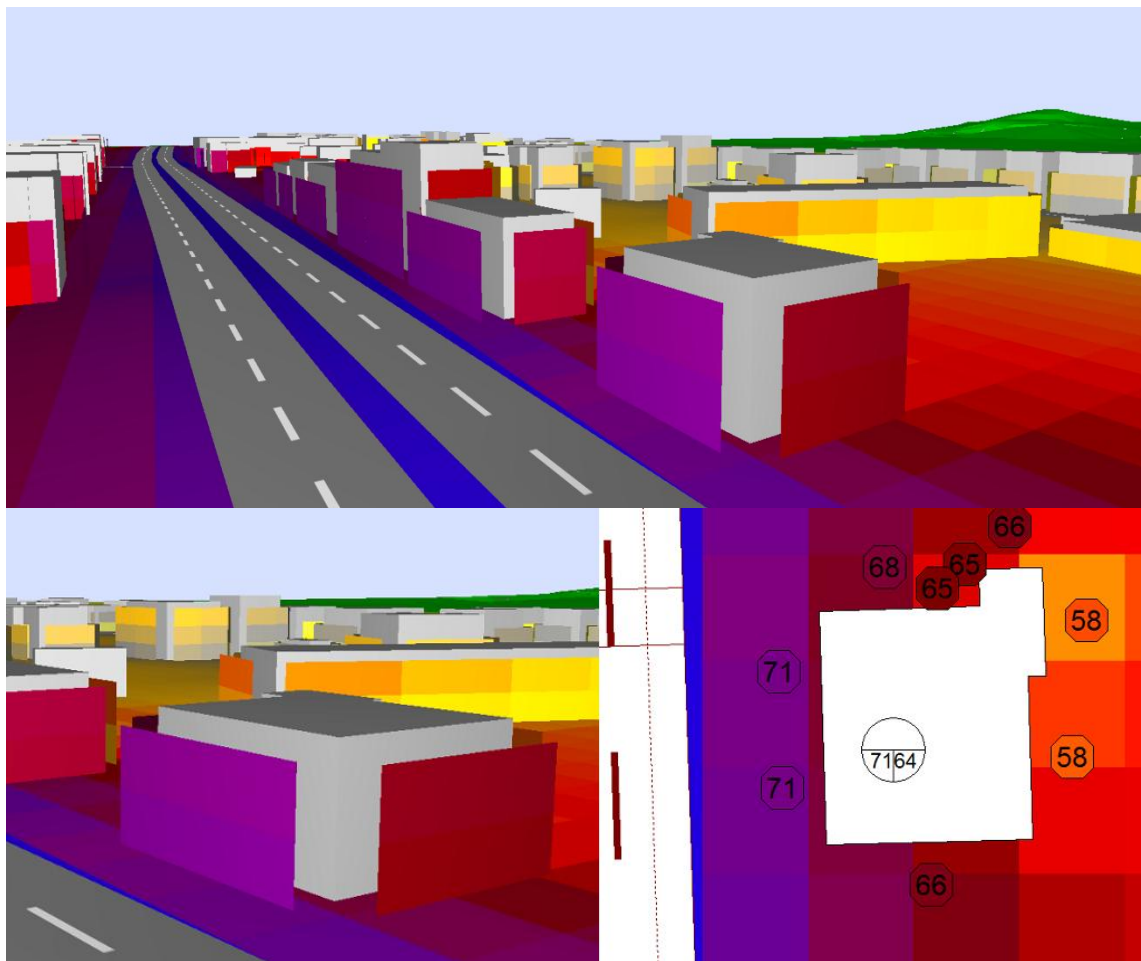
Vzdálenost od komunikace [m]	Hladina akustického tlaku pro rychlost 50 km/h [dB]	Hladina akustického tlaku pro rychlost 80 km/h [dB]
10	63,0	64,1
20	59,6	60,5
30	57,0	58,2
40	54,9	56,0
50	51,0	52,2

Tab. 13: Pokles akustického tlaku vlivem vzdálenosti v noci

Z těchto hodnot je vidět snížení hladiny akustického tlaku při snížení rychlosti z 80 km/h na 50 km/h. Rozdíl činí kolem 2 dB pro hodnoty ve dne. V noci je to přibližně o 1 dB. Předpokladem pro snížení hluku o tyto hodnoty je dodržování povolené rychlosti 50 km/h. K tomu bohužel nedochází, jak je uvedeno v kapitole 4.2.2.

### 6.3 Hluková mapa fasád

Hluková mapa fasád se hodnotí ve vzdálenosti 2 metrů od fasády. Díky tomu lze vyhodnotit počet domů zasažených nadměrným hlukem. Na obrázku č. 26 je 3D pohled na model obce Lahovičky, kde je toto hodnocení provedeno u všech domů a 2D pohled s číselným vyhodnocením pro jeden vybraný. Domy, které jsou zasaženy nadměrným hlukem, se hlavně vyskytují v těsné blízkosti komunikace ve vzdálenosti 6 metrů. Přesný počet domů, které jsou zasaženy nadměrným hlukem, je v tabulce 14.



Obr. 26: 3D pohled s hodnocením fasád v modelu Cadna A

	Počet zasažených domů nadměrným hlukem - celkem
Den - 50 km/h	14
Noc - 50 km/h	32
Den - 80 km/h	25
Noc - 80 km/h	34

Tab. 14: počet zasažených domů nadměrným hlukem

Jak je vidět z tabulky, snížením rychlosti z 80 km/h na 50 km/h dojde ke snížení počtu domů, které jsou zasaženy nadměrným hlukem. Ve dne dojde ke značnému snížení počtu, a to z 25 na 14, v noci pouze z 34 na 32. To je nejspíše způsobeno noční dopravou, kdy tvoří podíl nákladní doprava až 50%.

## 7 Závěr

V úvodu práce jsou uvedeny základní pojmy z akustiky, základní veličiny a legislativa z oblasti dopravního hluku. Dále je zde popsán hluk ze silniční dopravy a vliv rychlosti na akustickou situaci. To zahrnuje popis zdrojů hluku automobilu jako jsou motor, styk pneumatik s vozovkou, aerodynamický hluk a při jakých rychlostech se začnou projevit. Také je zde charakterizována posuzovaná lokalita, kdy byl proveden podrobný popis zástavby, širších vztahů a vyhodnocení dopravní situace. Významnou částí diplomové práce je měření hluku v dané lokalitě, jeho vyhodnocení a tvorba modelu v programu Cadna A.

Cílem práce bylo měření hluku, zhodnocení akustické situace a vytvoření modelu v programu Cadna A pro obec Lahovičky v Praze. Měření probíhalo na dvou místech. V prvním případě byl hlukoměr umístěn v blízkosti komunikace a to ve vzdálenosti 8 metrů od krajního vozovkového proužku ve směru na Strakonice. Naměřené hodnoty se přes den pohybovaly v rozmezí 71,5 - 72,3 dB. Tyto hodnoty byly měřeny ve špičkových hodinách s intenzitami až 2 400 voz/h. Proto výsledná hodnota  $L_{Aeq}$  za celý den bude nižší. Po odečtení 2 dB jako nejistoty měření se výsledná hodnota pohybuje na hranici 70 dB. Pro noční hodiny byl hlukoměr umístěn do vzdálenosti 16 metrů a hodnoty vycházely 64,8 a 62,1 dB. Pro zjištění hodnoty v 8 metrech se přičtou 3 dB. Jelikož jsou domy u komunikace umístěny už ve vzdálenosti 6 metrů, výsledná hodnota  $L_{Aeq}$  působící na první řadu domů bude vyšší než naměřená. Druhé měření probíhalo ve vzdálenosti 36 metrů od krajního vozovkového proužku ve směru na Prahu. V tomto místě byly přes den naměřené hodnoty kolem 55 dB. V noci se pohybovaly kolem 51 dB. Z těchto provedených měření je zřejmé, že nebudou dodrženy hlukové limity pouze pro domy, které jsou umístěny v těsné blízkosti komunikace a tím zabraňují šíření hluku. Také byl vytvořen model popisující šíření hluku z dopravy celou obcí. Z tohoto modelu také vychází nedodržení limitů pouze u domů v blízkosti komunikace a další domy dále v zástavbě nejsou poškozeny nadměrným hlukem. Modelována byla situace pro rychlosti 80 km/h a 50 km/h. Počet budov zasažených nadměrným hlukem podle tohoto modelu klesl po snížení rychlosti na 50 km/h ve dne z 25 na 14 a v noci z 34 na 32. Snížení rychlosti vedlo k poklesu hladiny akustického tlaku ve dne o 2 dB a v noci o 1 dB. Na pokles hladiny akustického tlaku v denní době o 2 dB v obci má hlavně vliv hluk způsobený stykem pneumatiky s vozovkou. Takto způsobený hluk se projevuje už při rychlosti 35 km/h u osobních automobilů. S rostoucí

rychlostí se zvyšuje takto vzniklý hluk a stává se dominantním při rychlostech nad 50 km/h u OA a při 70 km/h u NA. Z toho je zřejmé, že tento faktor bude mít výrazný vliv na snížení hladiny akustického tlaku. Aerodynamický hluk roste spolu s rostoucí rychlostí a plně se začne projevovat až u rychlostí nad 100 km/h, proto při daném snížení rychlosti nebude mít velký vliv na akustickou situaci. Hluk motoru vyzařovaný automobilem závisí především na jízdním stylu řidiče a převládá při rychlostech do 50 km/h. V noční době poklesla hladina akustického tlaku o 1 dB. To je způsobené vysokým podílem nákladní dopravy, kdy je u nákladních automobilů nižší pokles hladiny akustického tlaku při snížení rychlosti z 80 km/h na 50 km/h. Podle české výpočtové metodiky se s rostoucí rychlostí snižuje počet osobních vozidel nahrazující nákladní. Pro rychlost 50 km/h NA způsobí stejnou hlučnost jako 10 - 11 OA a pro 80 km/h je to 5 OA. To znamená, že NA mají výraznější vliv na akustickou situaci v obci při nižších rychlostech a pokles hladiny akustického tlaku při této skladbě dopravního proudu je nižší.

## Seznam příloh

Příloha č. 1 - Hluková mapa obce Lahovičky - den, rychlost 50 km/h

Příloha č. 2 - Hluková mapa obce Lahovičky - noc, rychlost 50 km/h

Příloha č. 3 - Hluková mapa obce Lahovičky - den, rychlost 80 km/h

Příloha č. 4 - Hluková mapa obce Lahovičky - noc, rychlost 80 km/h

Příloha č. 5 - Rozdílová hluková mapa obce Lahovičky - den - 50/80 km/h

Příloha č. 6 - Rozdílová hluková mapa obce Lahovičky - noc - 50/80 km/h

Příloha č. 7 - Záznamy  $L_{Aeq}$  z měření



## Použité zdroje

- [1] Výpočet hluku z automobilové dopravy: Manuál 2011. Praha, 2011
- [2] SMEJKALOVÁ, Iva. *Problematika hluku v intravilánu = Noise issue in urban area: disertační práce*. Praha, 2010. 89 l., 34 l. příl. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů. Vedoucí práce Kristýna Nebergová.
- [3] *Stavební fyzika I.: Urbanistická, stavební a prostorová akustika*. Brno: Vutium, 1998. ISBN 80-214-1283-6.
- [4] BAROCH, Ondřej. *Zjištění akustické situace na komunikaci Strakonická v městské části Lahovičky*. Praha, 2013. Bakalářská práce (Bc.). České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, ústav dopravních systémů. Vedoucí práce Kristýna Nebergová.
- [5] NEUBERGOVÁ, Kristýna. *Ekologické aspekty dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. 163 s. ISBN 80-01-03131-4.
- [6] APETAUR, Milan a Jan RÁFL. *Konstrukce automobilů. Hluk motorových vozidel*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1994. 149 s. Učební texty VŠ, ČVUT - fak. strojní. ISBN 80-01-01224-7.
- [7] Radiální vibrace. *KONSTRUKCE Media s.r.o.* [online]. © Copyright 2002 - 2015 KONSTRUKCE Media, s.r.o. [vid 21.2.2015]. [20.2.2015]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>
- [8] Air pumping. *KONSTRUKCE Media s.r.o.* [online]. © Copyright 2002 - 2015 KONSTRUKCE Media, s.r.o. [vid 26.8.2011]. [20.2.2015] Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>
- [9] Tření dezénových bloků pneumatiky na povrchu vozovky. *KONSTRUKCE Media s.r.o.* [online]. © Copyright 2002 - 2015 KONSTRUKCE Media, s.r.o. [vid 26.8.2011]. [20.2.2015]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>

- [10] Tlakové pole automobilu Ferrari F430 Scuderia. *INFORMAČNÍ PORTÁL AUTOMOBILOVÉ TECHNIKY* [online]. © 2015 www.autolexicon.net. [22.2.2015]. Dostupné z: [http://cs.autolexicon.net/obr\\_clanky/cs\\_aerodynamika\\_001.jpg](http://cs.autolexicon.net/obr_clanky/cs_aerodynamika_001.jpg)
- [11] KUBÍČEK, Milan. *Aerodynamika vozidel*. Pardubice, 2011. Bakalářská práce. Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Ing. Gabriele Koreisové, Ph.D.
- [12] ŠILAR, Josef. *Aerodynamické parametry nákladních vozidel*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce ING. PETR HEJTMÁNEK.
- [13] KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1: zvuk a denní světlo v architektuře*. 2. vyd. V Praze: ČVUT, 2013. 118 s. ISBN 978-80-01-05209-9.
- [14] PURTOVA, Alina. Vývoj akustické zátěže v intravilánu dopravně významné komunikace. Praha, 2013. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Vach Marek, doc. Mgr., PhD.
- [15] Česká republika. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: Sběrka zákonů. 24.8.2011
- [16] HÝZL, Petr. 2006. *Praktické aplikace v pozemních komunikacích: asfaltové směsi*. Brno.
- [17] Platné znění zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů s vyznačením navrhovaných změn: PRÁVA A POVINNOSTI OSOB A VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY V OCHRANĚ VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ. *Portál ODok* [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: <https://apps.odok.cz/kpl-detail?pid=KORN97KGMG4K>